Instytut Geodezji i Kartografii

Stan i przewidywany rozwój geodezji i kartografii jako dyscypliny naukowo-technicznej i zawodu w Polsce do roku 2030

Pod redakcją

Marka Baranowskiego

Zespół autorski

Marek Baranowski
Zbigniew Bochenek
Katarzyna Dąbrowska-Zielińska
Dariusz Dukaczewski
Jan Kryński
Zdzisław Kurczyński
Dariusz Ziółkowski

Warszawa, listopad 2014 r.

Opracowano na zlecenie Głównego Geodety Kraju w ramach umowy WZ.750.7.2014 z dnia 25 lipca 2014 r.

© Główny Geodeta Kraju

SPIS TREŚCI

1. WSTĘP (M. BARANOWSKI) ... 1

2. MIEJSCE GEODEZJI I KARTOGRAFII W SYSTEMIE NAUK (J. KRYŃSKI) ... 4

3. PODDYSCYPLINY I ICH ZWIĄZKI (M. BARANOWSKI) ... 6

4. GEODEZJA (J. KRYŃSKI) ... 9

4.1. ZAKRES PROBLEMATYKI GEODEZJI ... 9
4.2. STAN OBECNY GEODEZJI JAKO PODDYSCYPLINY NAUKOWO-TECHNICZNEJ W POLSCE ... 11
4.2.1. Obszary badań ... 11
4.2.1.1. Systemy i układy odniesienia oraz osnowy podstawowe ... 11
4.2.1.2. Modelowanie pola grawitacyjnego Ziemi i grawimetria ... 17
4.2.1.3. Techniki pozycjonowania i ich zastosowania ... 20
4.2.1.4. Ogólna teoria i metodologia ... 23
4.2.1.5. Geodezja stosowana ... 24
4.2.1.6. Metrologia geodezyjna i grawimetryczna ... 24
4.2.2. Ośrodki naukowe ... 25
4.2.3. Związki z geoinformacją ... 28
4.2.4. Kompetencje zawodowe (zawód wyuczony) ... 29
4.3. ŚWIATOWE TRENDY ROZWOJU GEODEZJI ... 29
4.3.1. Ogólna teoria i metodologia ... 29
4.3.2. Systemy i układy odniesienia oraz osnowy podstawowe ... 29
4.3.3. Modelowanie pola grawitacyjnego Ziemi i grawimetria ... 31
4.3.4. Techniki pozycjonowania i ich zastosowania ... 33
4.3.5. Geodezja stosowana ... 34
4.3.6. Metrologia geodezyjna i grawimetryczna ... 34
4.4. WNIOSKI DOTYCZĄCE WPŁYWU ROZWOJU GEODEZJI NA ZMIANY W ZAKRESIE KOMPETENCJI ZAWODOWYCH ... 35
4.5. PRZEWIDYWANY ROZWÓJ KSZTAŁCENIA W ZAKRESIE GEODEZJI ... 36
4.6. WYKAZ WYKORZYSTANYCH MATERIAŁÓW I LITERATURY ... 36

5. GEODYNAMIKA (J. KRYŃSKI) ... 39

5.1. ZAKRES PROBLEMATYKI GEODYNAMIKI ... 39
5.2. STAN OBECNY GEODYNAMIKI JAKO PODDYSCYPLINY NAUKOWO-TECHNICZNEJ W POLSCE ... 40
5.2.1. Obszary badań ... 40
5.2.1.1. Ruch obrotowy Ziemi ... 40
5.2.1.2. Pływy litosferyczne i oceaniczne ... 41
5.2.1.3. Zmiany czasowe pola siły ciężkości ... 42
5.2.1.4. Zmiany poziomu morza ... 43
5.2.1.5. Zmiany wiekowe pola magnetycznego Ziemi ... 44
5.2.1.6. Monitorowanie zjawisk geodynamicznych ... 45
5.2.2. Ośrodki naukowe ... 48
5.2.3. Związki z geoinformacją ... 50
5.2.4. Kompetencje zawodowe (zawód wyuczony) ... 50

5.3. ŚWIATOWE TRENDY ROZWOJU GEODYNAMIKI ... 50
5.3.1. Systemy i układy odniesienia ... 51
5.3.2. Ruch obrotowy Ziemi ... 51
5.3.3. Pływy litosferyczne i oceaniczne ... 51
5.3.4. Zmiany czasowe pola siły ciężkości ... 51
5.3.5. Zmiany poziomu morza ... 52
5.3.6. Zmiany wiekowe pola magnetycznego Ziemi ... 52
5.3.7. Monitorowanie zjawisk geodynamicznych ... 52
5.4. WNIOSKI DOTYCZĄCE WPŁYWU ROZWOJU GEODYNAMIKI NA ZMIANY W ZAKRESIE KOMPETENCJI ZAWODOWYCH ... 52
5.5. PRZEWIDYWANY ROZWÓJ KSZTAŁCENIA W ZAKRESIE GEODYNAMIKI ... 53
5.6. WYKAZ WYKORZYSTANYCH MATERIAŁÓW I LITERATURY ... 53

6. FOTOGRAMETRIA (Z. KURCZYŃSKI) ... 56

6.1. ZAKRES PROBLEMATYKI FOTOGRAMETRII ... 56
6.2. STAN OBECNY FOTOGRAMETRII JAKO PODDYSCYPLINY NAUKOWO-TECHNICZNEJ W POLSCE ... 58
6.2.1. Obszary badań ... 58
6.2.2. Ośrodki naukowe ... 60
6.2.3. Związki z geoinformacją ... 62
6.2.4. Kompetencje zawodowe (zawód wyuczony) ... 63
6.3. ŚWIATOWE TRENDY ROZWOJU FOTOGRAMETRII ... 65
6.3.1. Wprowadzenie ... 65
6.3.2. Źródła fotogrametrycznych danych obrazowych – stan obecny i trendy rozwoju ... 66
6.3.2.1. Zdjęcia lotnicze ... 66
6.3.2.2. Obrazowanie satelitarne ... 67
6.3.2.3. Lotnicze skanowanie laserowe – ALS ... 68
6.3.2.4. Bezzałogowe platformy lotnicze ... 68
6.3.2.5. Satelitarne obrazowanie radarowe i interferometria radarowa - InSAR ... 69
6.3.2.6. Mobilne platformy inwentaryzacyjne – MMS ... 70
6.3.3. Rozwój metod i narzędzi ... 70
6.3.4. Przyszłość i wyzwania stojące przed fotogrametrią ... 73
6.3.5. Trendy światowe a sytuacja krajowa ... 73
6.4. WNIOSKI DOTYCZĄCE WPŁYWU ROZWOJU FOTOGRAMETRII NA ZMIANY W ZAKRESIE KOMPETENCJI ZAWODOWYCH ... 75
6.5. PRZEWIDYWANY ROZWÓJ KSZTAŁCENIA W ZAKRESIE FOTOGRAMETRII ... 76
6.6. WYKAZ WYKORZYSTANYCH MATERIAŁÓW I LITERATURY ... 78

7. TELEDETEKCJA (Z. BOCHENEK, K. DĄBROWSKA-ZIELIŃSKA, D. ZIÓŁKOWSKI) ... 81

7.1. ZAKRES PROBLEMATYKI TELEDETEKCJI ... 81
7.2. STAN OBECNY TELEDETEKCJI JAKO PODDYSCYPLINY NAUKOWO-TECHNICZNEJ W POLSCE ... 83
7.2.1. Obszary badań ... 83
7.2.1.1. Analizy pokrycia terenu i zmian użytkowania ziemi ... 84
7.2.1.2. Monitorowanie stanu roślinności ... 85
7.2.1.3. Wykorzystanie teledetekcji dla potrzeb rolnictwa ... 86
7.2.1.4. Wykorzystanie teledetekcji na potrzeby leśnictwa ... 87
7.2.1.5. Analizy jakości wód powierzchniowych ... 88
7.2.1.6. Analizy stanu wód morskich i stref przybrzeżnych ... 88
7.2.1.7. Analizy obszarów miejskich ... 89
7.2.1.8. Analizy stanu i zagrożeń środowiska ... 89
7.2.1.9. Wykorzystanie teledetekcji w badaniach geologicznych i geomorfologicznych ... 90
7.2.1.10. Zastosowanie teledetekcji do badań atmosfery ... 90
7.2.1.11. Zastosowanie teledetekcji do badań zmian klimatu ... 91
7.2.1.12. Zastosowanie teledetekcji do tworzenia systemów bezpieczeństwa ... 91

7.2.1.13. Prace badawcze związane z opracowaniem optymalnych metod przetwarzania danych teledetekcyjnych ... 92
7.2.2. Ośrodki naukowe ... 93
7.2.3. Związki z geoinformacją ... 94
7.2.4. Kompetencje zawodowe (zawód wyuczony) ... 95
7.3. ŚWIATOWE TRENDY ROZWOJU TELEDETEKCJI ... 95
7.3.1. Trendy w zakresie udoskonalania dotychczasowych możliwości obrazowania z pułapu satelitarnego i lotniczego ... 96
7.3.2. Trendy w zakresie tworzenia nowych i udoskonalania istniejących dotychczas metod badawczych oraz synergii między nimi ... 99
7.3.3. Wzrost operacyjności technologii i transfer do gospodarki, budowa serwisów informacyjnych 100
7.4. WNIOSKI DOTYCZĄCE WPŁYWU ROZWOJU TELEDETEKCJI NA ZMIANY W ZAKRESIE KOMPETENCJI ZAWODOWYCH ... 102
7.5. PRZEWIDYWANY ROZWÓJ KSZTAŁCENIA W ZAKRESIE TELEDETEKCJI ... 102
7.6. WYKAZ WYKORZYSTANYCH MATERIAŁÓW I LITERATURY ... 103

8. KARTOGRAFIA (M. BARANOWSKI) ... 107

8.1. ZAKRES PROBLEMATYKI KARTOGRAFII ... 107
8.1.1. Definicje ... 107
8.1.2. Problematyka ... 108
8.2. STAN OBECNY KARTOGRAFII JAKO PODDYSCYPLINY NAUKOWO-TECHNICZNEJ W POLSCE ... 110
8.2.1. Obszary badań ... 110
8.2.2. Ośrodki naukowe ... 111
8.2.3. Związki z geoinformacją ... 113
8.2.4. Kompetencje zawodowe (zawód wyuczony) ... 114
8.3. ŚWIATOWE TRENDY ROZWOJU KARTOGRAFII ... 115
8.4. WNIOSKI DOTYCZĄCE WPŁYWU ROZWOJU KARTOGRAFII NA ZMIANY W ZAKRESIE KOMPETENCJI ZAWODOWYCH ... 116
8.5. PRZEWIDYWANY ROZWÓJ KSZTAŁCENIA W ZAKRESIE KARTOGRAFII ... 117
8.6. WYKAZ WYKORZYSTANYCH MATERIAŁÓW I LITERATURY ... 118

9. NAUKA O GEOINFORMACJI (M. BARANOWSKI) ... 120

9.1. ZAKRES PROBLEMATYKI NAUKI O GEOINFORMACJI ... 120
9.1.1. Definicje ... 122
9.2. STAN OBECNY NAUKI O GEOINFORMACJI JAKO PODDYSCYPLINY NAUKOWO-TECHNICZNEJ W POLSCE ... 122
9.2.1. Obszary badań ... 122
9.2.2. Ośrodki naukowe ... 123
9.2.3. Kompetencje zawodowe (zawód wyuczony) ... 126
9.3. ŚWIATOWE TRENDY ROZWOJU NAUKI O GEOINFORMACJI ... 127
9.4. WNIOSKI DOTYCZĄCE WPŁYWU ROZWOJU NAUKI O GEOINFORMACJI NA ZMIANY W ZAKRESIE KOMPETENCJI ZAWODOWYCH 128
9.5. PRZEWIDYWANY ROZWÓJ KSZTAŁCENIA W ZAKRESIE NAUKI O GEOINFORMACJI ... 129
9.6. WYKAZ WYKORZYSTANYCH MATERIAŁÓW I LITERATURY ... 129

10. WPŁYW PRAWA UNIJNEGO I INNYCH DZIAŁAŃ PODEJMOWANYCH W UE NA ROZWÓJ DYSCYPLINY W POLSCE (D. DUKACZEWSKI) ... 131

10.1. WPŁYW PRAWA UNIJNEGO WYRAŻONY EXPLICITE ... 131
10.2. WPŁYW PRAWA UNIJNEGO IMPLICITE ... 133
10.3. WPŁYW INNYCH DZIAŁAŃ PODEJMOWANYCH W ZWIĄZKU Z AKCESJĄ POLSKI DO UNII EUROPEJSKIEJ NA ROZWÓJ DYSCYPLINY ... 137
10.4. ZNACZENIE INNYCH STRATEGICZNYCH DOKUMENTÓW EUROPEJSKICH ... 140

11. KIERUNKI ROZWOJU DYSCYPLINY WYNIKAJĄCE ZE STRATEGII ROZWOJU KRAJU (D. DUKACZEWSKI) .. 146

12. WNIOSKI: WPŁYW ROZWOJU GEODEZJI I KARTOGRAFII NA ZMIANY ZAKRESU KOMPETENCJI ZAWODOWYCH (Z. KURCZYŃSKI) ... 164

13. KSZTAŁCENIE W ZAKRESIE GEODEZJI I KARTOGRAFII – STAN OBECNY I TRENDY ZMIAN. (Z. KURCZYŃSKI) WNIOSKI DOTYCZĄCE WPŁYWU ROZWOJU GEODEZJI I KARTOGRAFII NA PRZEWIDYWANY ROZWÓJ KSZTAŁCENIA W ZAKRESIE GEODEZJI I KARTOGRAFII ... 168

13.1. STANDARDY KSZTAŁCENIA I KRAJOWE RAMY KWALIFIKACJI ... 168
13.2. SZKOLNICTWO WYŻSZE - UWARUNKOWANIA I TRENDY ... 171
13.3. KSZTAŁCENIE GEODETÓW I KARTOGRAFÓW – DYSKUSJE ŚRODOWISKOWE ... 173
13.4. WPŁYW ROZWOJU DYSCYPLINY NA PRZEWIDYWANY ROZWÓJ KSZTAŁCENIA NA KIERUNKU GEODEZJA I KARTOGRAFII ... 174
13.5. LITERATURA: ... 176

14. PODSUMOWANIE (M. BARANOWSKI) ... 177

15. LITERATURA ... 178

16. ZAŁĄCZNIKI ... 183

16.1. AKADEMICKIE OŚRODKI GEODEZYJNE, KARTOGRAFICZNE, TELEDETEKCYJNE (D. DUKACZEWSKI) ... 183
16.1.1. UCZELNIE PUBLICZNE ... 184
16.1.1.1. Studia techniczne w zakresie geodezji i kartografii ... 184
16.1.1.2. Studia techniczne w zakresie geodezji i kartografii oraz studia humanistyczne w zakresie kartografii, teledetekcji, geoinformacji ... 192
16.1.1.3. Studia techniczne w zakresie systemów informacji geograficznej, geoinformacji, systemów nawigacyjnych, systemów wspomagania bezpieczeństwa ... 194
16.1.1.4. Studia humanistyczne w zakresie kartografii, teledetekcji, systemów informacji przestrzennej, geoinformacji, geoinformatyki ... 195
16.1.2. UCZELNIE NIEPUBLICZNE ... 203
16.1.2.1. Studia techniczne w zakresie geodezji i kartografii ... 203
16.2. ZAPOTRZEBOWANIE NA PRODUKTY POCHODZĄCE Z PRZETWORZENIA DANYCH OBRAZOWYCH (Z. KURCZYŃSKI) ... 210
16.2.1. Obszary zainteresowania branży – prognoza ... 210
16.2.2. Analiza zapotrzebowania na dane: dane wykorzystywane obecnie a dane pożądane w przyszłości 211

1. Wstęp (M. Baranowski)

Niniejsza ekspertyza została opracowana przez Instytut Geodezji i Kartografii na zlecenie Głównego Geodety Kraju. Jej celem jest dokonanie analizy stanu i perspektyw rozwoju geodezji i kartografii jako dyscypliny naukowo-technicznej i zawodu. Rozpatrując całokształt działalności w geodezji i kartografii, należałoby wyróżnić następujące obszary:

- Administracja geodezyjna i kartograficzna,
- Badania naukowe w dziedzinie geodezji i kartografii,
- Kształcenie w dziedzinie geodezji i kartografii,
- Produkcja i usługi.

Opracowanie to dotyczy **badań** w zakresie dyscypliny naukowej geodezja i kartografia, które obecnie są silnie powiązane z rozwojem technologicznym. Nie jest ono dokumentem oceniającym kondycję całej branży, a jedynie sfery naukowej. Tak więc problematyka administracji geodezyjnej i kartograficznej oraz produkcji i usług w zakresie geodezji i kartografii nie jest przedmiotem tej ekspertyzy. Podobnie zagadnienia kształcenia w dziedzinie geodezji i kartografii są jedynie obecne w niej, kiedy jest mowa o wpływie badań naukowych na kompetencje zawodowe i przyszłe programy kształcenia.

Ryc. 1. 1. Zakres przedmiotowy ekspertyzy

Dyscyplina naukowa geodezji i kartografii znajduje się w okresie głębokich przemian i trudno przyjąć jeden definiujący ją kanon, który byłby powszechnie akceptowany. Dlatego też należy zwrócić uwagę na autorski charakter potraktowania przedmiotowej problematyki. Przykładowo, funkcjonujący do niedawna podział na geodezję wyższą i geodezję niższą wyszedł już z powszechnego użycia i nie znajduje odzwierciedlenia w niniejszym opracowaniu. Ponadto powstało szereg nazw i terminów, które często są bardzo bliskie sobie, a jednak wyraźnie obserwuje się występowanie wśród badaczy zróżnicowanych preferencji w zakresie przyjmowanej nomenklatury.

Zakres dyscypliny naukowej geodezja i kartografia jest rozległy, ale jednocześnie rozmyty. Celem uściślenia, skonkretyzowania i uporządkowania prowadzonych analiz przyjęto w niniejszej ekspertyzie podejście metodyczne polegające między innymi na wyróżnieniu poddyscyplin. Autorzy zdają sobie sprawę z arbitralności takiego rozwiązania, niemniej uznali je za najlepsze. Analizowanie całej dyscypliny bez zaproponowania podziału strukturalnego nie byłoby praktycznie możliwe i mogłoby grozić zbytnią ogólnością przedstawienia złożonej problematyki badań.

Podział na poddyscypliny również stanowi duże wyzwanie dla autorów. Granice pomiędzy każdą z nich i pozostałymi są zazwyczaj nieostre i występują obszary nakładania się poddyscyplin na siebie. Często obserwowane jest także zróżnicowanie w interpretacji zakresu problematyki wynikające ze specyfiki poszczególnych ośrodków naukowych.

Wyniki przeprowadzonych analiz przedstawiono w 15 rozdziałach, z których sześć poświęcono poszczególnym poddyscyplinom. Rozdziały pozostałe przedstawiają miejsce geodezji w systemie nauk, przyjęty podział na poddyscypliny, integrującą rolę geoinformacji, a także wnioski dotyczące wpływu rozwoju geodezji i kartografii na zmiany zakresu kompetencji zawodowych oraz na przewidywany rozwój kształcenia w analizowanej dyscyplinie naukowej.

W trakcie prac studialnych dokonano przeglądu literatury w wymiarze wyznaczonym przez bardzo ograniczony czas przeznaczony na realizację zamówienia. Wykorzystane materiały wyszczególniono we wszystkich rozdziałach odniesionych do poszczególnych poddyscyplin oraz zbiorczo na końcu dokumentu dla zagadnień o charakterze ponad poddyscyplinarnym. Opracowanie wyposażono w dwa załączniki. Pierwszy zawiera zestawienie ośrodków akademickich z krótkim omówieniem ich specyfiki. Drugi zaś przedstawia wyniki analizy zapotrzebowania na produkty pochodzące z przetworzenia danych obrazowych. Ten ostatni został wyodrębniony z rozdziału 6, poświęconego fotogrametrii i stanowi omówienie amerykańskiego opracowania źródłowego.

Zagadnienia związane z zawodem poruszone w opracowaniu odnoszą się do zawodu wyuczonego, które to pojęcie nie jest jednoznaczne. Występuje trudność w nazwaniu tego zawodu, choć większość analizowanych uczelni promuje absolwentów nadając im tytuł zawodowy geodety.

Współczesna geodezja i kartografia (oraz jej poddyscypliny) jest w znaczącym stopniu kształtowana przez szybki postęp technologiczny. Okres podwajania jego zdobyczy co roku skraca się. W latach dziewięćdziesiątych XX wieku wynosił on 10 lat. Obecnie szacuje się, że w technologii komputerowej zmalał on do 1,5 roku. Przy takim tempie zmian prognozowanie rozwoju danej dziedziny staje się zadaniem niezwykle trudnym. Niemniej w

niniejszej ekspertyzie określono światowe trendy rozwoju poszczególnych poddyscyplin. Zmiany w dyscyplinie naukowej są kształtowane poprzez:

- dynamiczny rozwój badań w ramach samej dyscypliny, kształtowany:
    - „informatyzacją" badań w geodezji i kartografii,
    - automatyzacją procesów pozyskiwania i przetwarzania danych,
    - rozwojem metod obliczeniowych i opracowania obserwacji,
    - standaryzacją rozwiązań technicznych i procedur,
    - nowymi polami zastosowań,
- postęp technologiczny:
    - dynamiczny rozwój elektroniki i informatyki,
    - technologie mobilne,
    - nanotechnologie i miniaturyzacja urządzeń,
- rozwój cywilizacyjny i uwarunkowania społeczne:
    - obywatelskie społeczeństwo informacyjne,
        - wpływ trendów społecznych: nauka obywatelska, „crowdsourcing", sensor obywatelski, itp.,
    - upowszechnianie umiejętności posługiwania się geoinformacją,
- nowe regulacje prawne (porządkowanie sfery administracji i regulacja rynku),
- czynniki ekonomiczne (kondycja gospodarki, w tym środki na badania),
- potrzeby rynku (wykonawstwo oraz odbiorcy usług i produktów).

Na koniec wprowadzenia należy podkreślić, że ekspertyza nie dotyczy analizy potencjału intelektualnego środowiska naukowego w dyscyplinie, choć niewątpliwie rzutuje on na jej obecny stan i na możliwości oraz tempo rozwoju badań. Autorzy nie podjęli się zadania dokonania oceny poszczególnych zespołów badawczych, a przy analizie obszarów badań w Polsce nie różnicowano stopnia przygotowania ośrodków do podejmowania działań rozwojowych na miarę kraju czy w skali światowej.

2. Miejsce geodezji i kartografii w systemie nauk

(J. Kryński)

Teoretyczną podstawę geodezji tworzą, podobnie jak w przypadku innych dyscyplin naukowych, matematyka, fizyka i nauki komputerowe.

Najważniejszą jest matematyka, toteż geodezja bywa uważana za dział matematyki stosowanej. Szczególną rolę w geodezji odgrywają geometria, algebra, analiza i statystyka, które wchodzą w skład podstawowych narzędzi geodety.

Niemal równie ważną w geodezji jest fizyka. Znaczące miejsce zajmuje mechanika; służy ona między innymi do opisu pola grawitacyjnego Ziemi, ruchu Ziemi i jej satelitów, a także deformacji skorupy ziemskiej. Z kolei teoria propagacji fal elektromagnetycznych leży u podstaw wielu wykorzystywanych w geodezji technik pomiarowych. Również magnetyzm, akustyka i metrologia należą do działów fizyki wykorzystywanych w geodezji.

Nauki komputerowe wskazują sposoby rozwiązywania problemów obliczeniowych przed którymi staje geodezja. Istotne znaczenie odgrywa analiza numeryczna wraz z teorią aproksymacji.

Za podstawową praktyczną rolę geodezji uważa się tworzenie map, z czym związane jest zakładanie osnów geodezyjnych i wyznaczanie pozycji punktów odniesienia dla celów mapowania. Geodezja znajduje zastosowanie w wielu dziedzinach gospodarki, w szczególności w gospodarce przestrzennej, obsłudze budowy a następnie kontroli obiektów inżynierskich, wytyczaniu granic. Zastosowania geodezji dotyczą również takich dziedzin, jak ekologia, zarządzanie środowiskiem, geografia, planetologia i hydrografia (Ocena stanu dyscypliny-synteza5.pdf).

Istnieją dziedziny, którym nie tylko służą informacje dostarczane przez geodezję, ale które jednocześnie stanowią cenne źródło informacji dla geodezji. Zalicza się do nich przede wszystkim geofizyka, geologia, nauki kosmiczne, astronomia, oceanografia, fizyka atmosfery. Wspólne przenikanie się tych dziedzin znajduje odbicie w skupiającej ich aktywność naukową Międzynarodowej Unii Geodezji i Geofizyki (International Union of Geodesy and Geophysics – IUGG) (http://www.iugg.org/).

Z kolei, aplikacyjne aspekty pomiarów geodezyjnych wchodzące w zakres geodezji inżynieryjnej są nierozerwalnie związane z problematyką takich dziedzin jak budownictwo ogólne i specjalne, geotechnika, budownictwo wodne, budownictwo podziemne i górnictwo, budowa maszyn i urządzeń, budowa okrętów, budownictwo drogowe i kolejowe, inżynieria środowiska, a także inżynieria polarna. Organizacją międzynarodową, która umożliwia wymianę doświadczeń naukowo-technicznych i współpracę w zakresie geodezji inżynieryjnej jest Międzynarodowa Federacja Mierniczych (Fédération Internationale des Géomètres - FIG).

Dyscyplina naukowa geodezja i kartografia leży na pograniczu nauk ścisłych, nauk o Ziemi i nauk technicznych.

Zgodnie z obowiązującym Rozp_MNiSW_DYSCYPLINY_NAUKOWE.pdf dyscyplina naukowa geodezja i kartografia jest zaliczona do dziedziny nauk technicznych oraz do obszaru wiedzy nauk technicznych.

Po wejściu w życie ustawy o Polskiej Akademii Nauk, od stycznia 2011 r. dyscyplina naukowa geodezja i kartografia reprezentowana w strukturze Polskiej Akademii Nauk przez Komitet Geodezji została przyporządkowana do nauk technicznych (Wydział IV PAN). Z kolei, Komitet Narodowy ds. współpracy z Międzynarodową Unią Geodezji i Geofizyki IUGG, reprezentujący Polskę w Unii z ramienia Polskiej Akademii Nauk, potraktowany jako organizacja interdyscyplinarna, podporządkowany jest Prezydium PAN. Warto także zwrócić uwagę, że dyscyplina naukowa geodezja i kartografia reprezentowana w strukturze Polskiej Akademii Nauk przez Komitet Geodezji była do 2011 r. przyporządkowana do Nauk o Ziemi i Nauk Górniczych (Wydział VII PAN).

W strukturze Centralnej Komisji ds. Stopni i Tytułów dyscyplina naukowa geodezja i kartografia jest przyporządkowana do Nauk Matematycznych, Fizycznych, Chemicznych i Nauk o Ziemi (Sekcja V CK), mimo istnienia oddzielnej grupy Nauk Technicznych (Sekcja VI CK).

3. Poddyscypliny i ich związki (M. Baranowski)

W cytowanym wcześniej Rozp_MNiSW_DYSCYPLINY_NAUKOWE.pdf określono obszary, dziedziny i dyscypliny naukowe obowiązujące w Polsce. Dyscyplina: ***geodezja i kartografia*** należy do dziedziny: ***nauki techniczne*** zaliczanej do obszaru: ***nauki techniczne***.

W niniejszej ekspertyzie przyjęto podział dyscypliny geodezja i kartografia na następujące poddyscypliny:

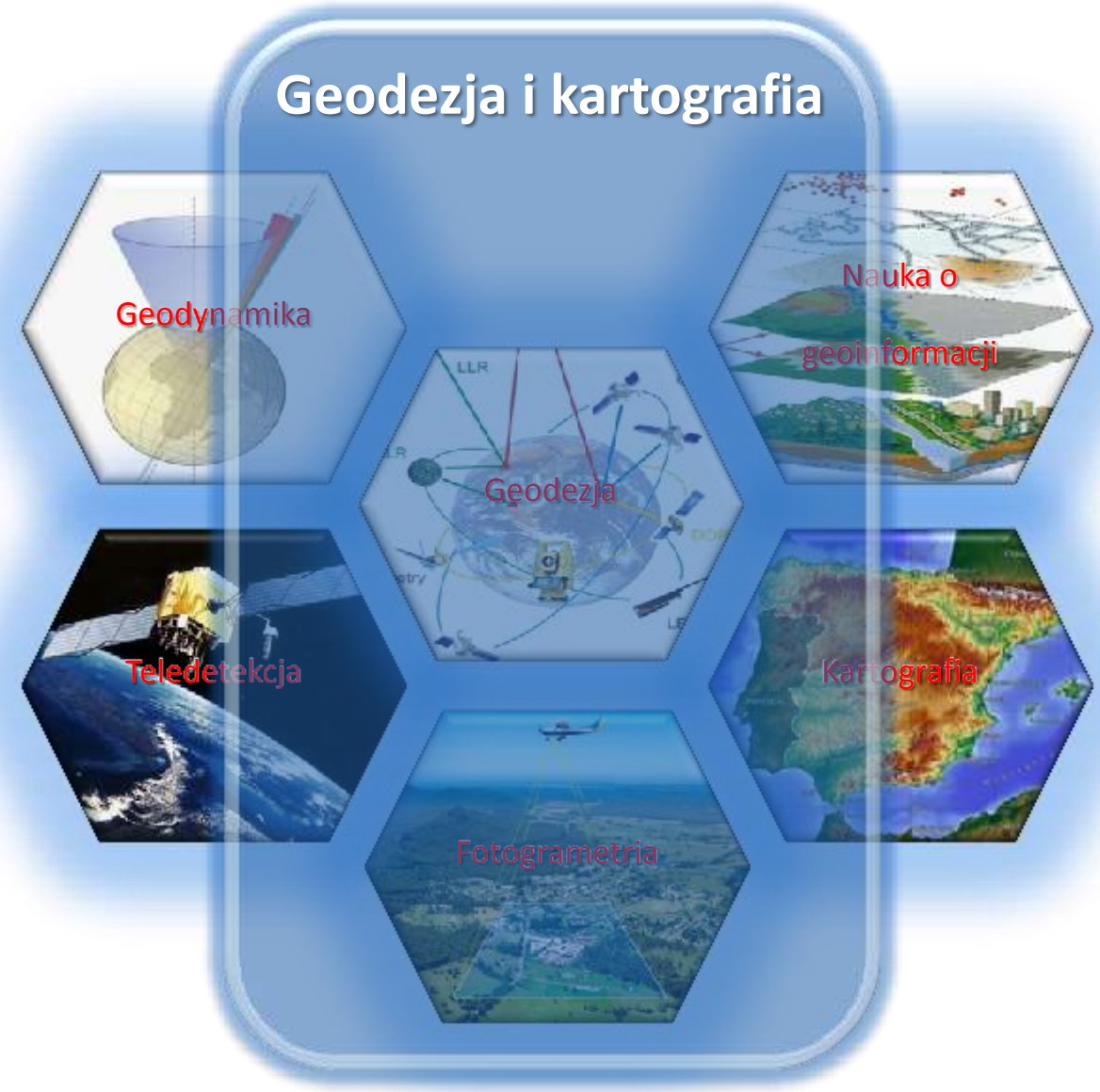
- geodezja,
- geodynamika,
- fotogrametria,
- teledetekcja,
- kartografia,
- nauka o geoinformacji.

Każda z tych poddyscyplin posiada swoją domenę i agendę badawczą. Występuje jednak duże zróżnicowanie ich „potencjału naukowego". Niektóre z powyższych poddyscyplin są silniej powiązane z technologiami i ich obszar badań naukowych jest znacznie skromniejszy. Są wśród nich także takie, które zawierają węższe nurty badawcze mocno powiązane z praktyką i jednocześnie uboższe w wyzwania naukowe.

Tak jak w każdej klasyfikacji, poszczególne wyróżnienia (tutaj poddyscypliny) nie stanowią zbiorów rozłącznych i przy nieostrych granicach występuje pewne nakładanie się problematyki badawczej. Wspólnym obszarem zainteresowań jest dla nich wszystkich geoinformacja, która nie tylko łączy je ze sobą, ale stanowi narzędzie badań, a często również ich przedmiot.

W opracowaniu celowo unika się terminu *geomatyka*, z uwagi na jego różne rozumienie w środowisku naukowym geodezji i kartografii. Jest to niewątpliwie nazwa obszaru badań i praktyki, którą stosuje się w wielu zespołach badawczych i środowiskach naukowych. Podjęcie prac nad redefinicją geomatyki, ale również samej geodezji i kartografii należy traktować jako ważne wyzwanie stojące przed całym środowiskiem.

Z uwagi na wspomniany wyżej problem nieostrych granic poddyscyplin napotykamy na dylemat przypisania wspólnej problematyki do jednej z poddyscyplin. W takich przypadkach trudno o konsensus, tym bardziej, że często mamy do czynienia z tzw. „myśleniem grupowym", ograniczającym pole porozumienia. Dlatego też uznano, że wyodrębnienie poddyscypliny „nauka o geoinformacji" pozwoli przypisać do niej wszystkie zagadnienia badawcze, stanowiące wspólny przedmiot zainteresowania innych poddyscyplin w odniesieniu do problematyki geoinformacji.



Ryc. 3. 1. Geodezja i kartografia oraz jej poddyscypliny

Na powyższej rycinie przedstawiono obszar badawczy geodezji i kartografii, który w całości zawiera geodezję i fotogrametrię oraz części problematyki pozostałych poddyscyplin. Oznacza to, że pierwsze dwie poddyscypliny nie są zasadniczo uprawiane poza geodezją i kartografią, natomiast ostatnie cztery mają związki i innymi dyscyplinami, takimi jak geofizyka, geografia, geologia i informatyka.

W opracowaniu nie poruszono problematyki powiązanej z geodezją i kartografią, a będącej domeną gospodarki przestrzennej, gospodarki nieruchomościami, nawigacji morskiej, lotniczej i lądowej. Obszary wykorzystują wprawdzie warsztat geodezyjny i kartograficzny do badań i praktyki zawodowej, ale posiadają odrębną domenę badawczą.

Sfera geodezji stosowanej i katastru nieruchomości została w opracowaniu przedstawiona adekwatnie do obszaru ich problematyki naukowej. Obie te specjalności w obrębie geodezji mają znacznie uboższą agendę badawczą w stosunku do pozostałych. Trudno nie zauważyć poważnej dysproporcji pomiędzy wagą tej problematyki dla rozwoju badań naukowych, a jej niezwykle istotnym znaczeniem dla produkcji i usług geodezyjnych i kartograficznych, a także jej niebagatelną rolą w procesie kształcenia akademickiego. Od wielu lat wiedza i umiejętności w zakresie geodezji stosowanej i katastru nieruchomości są niezwykle ważne dla praktyki w naszej branży, a jednocześnie zmieniają się w warstwie technicznej i prawnej przy nieznacznym postępie w zakresie badań naukowych. Tak też zapewne będzie w nadchodzących latach, choć zarówno nowe technologie informatyczne i stopień automatyzacji pomiarów będą odgrywały w tych specjalnościach coraz większe znaczenie.

Analiza zakresu domeny zainteresowań Komisji 7 (Kataster i zarządzanie ziemią) Międzynarodowej Federacji Geodetów (FIG) potwierdza brak istotnych wyzwań naukowych w zakresie katastru. Przeważa w niej problematyka organizacyjna i prawna ze znaczącym udziałem zastosowań systemów informacyjnych.

Na koniec jeszcze jedno wyjaśnienie. Niniejsze opracowanie określa trendy rozwojowe dyscypliny i poddyscyplin w przyjętym tutaj podziale, a nie zainteresowania zespołów badawczych i indywidualnych badaczy. Jeśli dany naukowiec będący przykładowo kartografem prowadzi badania związane z geoinformacją, nie dotyczące bezpośrednio procesów przekazu kartograficznego, to uprawia wtedy poddyscyplinę nauka o geoinformacji, a nie kartografię. Innymi słowy, fakt zajmowania się daną problematyką naukową przez danego badacza nie stanowi podstawy automatycznego włączenia tej problematyki do jego „macierzystej” poddyscypliny.

4. Geodezja (J. Kryński)

4.1. Zakres problematyki geodezji

Geodezja jest gałęzią nauki zajmującą się badaniem i opisywaniem kształtu i rozmiarów Ziemi, badaniem ukształtowania jej powierzchni i określaniem wzajemnego położenia wybranych punktów jej bryły oraz tworzeniem cyfrowej reprezentacji powierzchni terenu i obiektów naturalnych i antropogenicznych w postaci baz danych georeferencyjnych.

Naukowe zadania geodezji sprowadza się do badania figury i pola grawitacyjnego Ziemi. Pojęcie badania figury Ziemi rozciąga się na metody wyznaczania kształtu fizycznej powierzchni Planety w jednolitym układzie odniesienia. W badaniach tych wykorzystywane są dane obserwacyjne pozyskiwane przy użyciu technik pozycjonowania (naziemnych, satelitarnych, kosmicznych, inercjalnych oraz technik astronomii geodezyjnej) oraz grawimetrii (naziemnej, morskiej, lotniczej i satelitarnej), które poddawane są odpowiednim procesom obróbki matematycznej dotyczącej w szczególności modelowania matematycznego i wyrównania obserwacji z zastosowaniem twierdzeń statystyki matematycznej, łącznego opracowania różnych typów obserwacji, obliczania współrzędnych z uwzględnieniem odwzorowań kartograficznych. Istotnym elementem tych badań, obok problematyki opracowania danych geodezyjnych, są aspekty metrologiczne wynikające ze specyfiki instrumentarium do wykonywania pomiarów geodezyjnych i związane z konserwacją wzorców jednostek geodezyjnych (Ocena stanu dyscypliny-synteza5.pdf).

Celem pomiarów geodezyjnych jest określenie położenia w przestrzeni – względem zdefiniowanych układów odniesienia – wyróżnionych punktów związanych z bryłą ziemską i utrwalonych w specjalny sposób, czyli osnów geodezyjnych. Gdy obszar objęty pomiarami jest odpowiednio duży, muszą być one opracowane z uwzględnieniem kształtu naszej Planety i ziemskiego pola siły ciężkości po to, aby wyniki pomiarów miały odpowiednią wartość naukową i techniczną. Jest to, przede wszystkim, domena tzw. geodezyjnych pomiarów podstawowych.

Problematyka zagadnień znajdujących się w obszarze zainteresowań geodezji ma dwa główne, równoważne aspekty, a mianowicie: ogólnopoznawczy i związany z zagadnieniami naukowymi dostosowanymi do potrzeb gospodarki. Bezsprzecznie ogólnopoznawczy charakter mają badania geodezyjne o charakterze ogólnoplanetarnym oraz regionalnym. Dotyczą one przede wszystkim realizacji, konserwacji i utrzymywania ziemskich układów odniesienia oraz regionalnych (krajowych) osnów geodezyjnych, grawimetrycznych i magnetycznych.

Tradycyjnie w Polsce, tak jak to pozostało do dziś w większości krajów, geodezję rozumianą w skali globalnej i regionalnej, czyli geodezję podstawową oddzielano od miernictwa (geodezyjnego), ang. surveying engineering. Geodezja uważana jest za gałąź nauki wyznaczającą teoretyczne podstawy miernictwa, zaś miernictwo za praktyczne wykorzystanie geodezji. W początkach lat 50. XX wieku zlikwidowano ten podział, włączając

całokształt problematyki miernictwa do geodezji, a tym samym rozszerzając ją o zagadnienia w skali lokalnej.

Wiele aspektów, takich jak wysoka precyzja pomiarowa, podobne w wielu wypadkach narzędzia i metody pomiarowe, wymagania metrologiczne czy metody opracowania danych łączy geodezję inżynieryjną z geodezją podstawową. Działalność w zakresie geodezji inżynieryjnej wiąże się ściśle z działalnością człowieka, związaną z budownictwem i zachowaniem się przestrzennych urządzeń przemysłowych, takich jak obiekty inżynierskie, budowle, maszyny. Dotyczy ona opracowywania odpowiednich metod pomiarowych, adaptacji istniejących technik i technologii pomiarowych, łącznie z GNSS i grawimetrią, rozwoju zautomatyzowanych systemów pomiarowo-kontrolnych, w tym systemów monitorowania zagrożeń budowli i konstrukcji, doskonalenia narzędzi geodezyjnego opracowania projektów budowli i urządzeń. Międzynarodowa wymiana doświadczeń naukowo-technicznych i współpraca w zakresie geodezji inżynieryjnej odbywa się na forum Międzynarodowej Federacji Mierniczych FIG (Fédération Internationale des Géomètres). Obszar zainteresowań FIG obejmuje obok geodezji inżynieryjnej także problematykę standardów i praktyki zawodowej, nauczania zawodu, zarządzania informacją przestrzenną, hydrografii, technik pomiarowych, katastru i gospodarki gruntami, planowania i zagospodarowania przestrzennego, wyceny i gospodarki nieruchomościami, ekonomiki i zarządzania budownictwa (http://www.fig.net/). Krajowe środowisko geodezyjne wykazuje bardzo ograniczoną aktywność w działaniach FIG. Dla przykładu, w ostatnim kongresie FIG, zorganizowanym w 2014 roku ze strony Polski przedstawiono jeden referat – w zakresie geodezji inżynieryjnej.

Międzynarodową organizacją naukową, która inicjuje, stymuluje i koordynuje wiodące i nowatorskie geodezyjne projekty badawcze w problematyce układów odniesienia, pola siły ciężkości Ziemi, ruchu obrotowego Ziemi i geodynamiki oraz pozycjonowania i zastosowań technik geodezyjnych jest Międzynarodowa Asocjacja Geodezji IAG (International Association of Geodesy) (http://www.iag-aig.org/) – jedna z ośmiu asocjacji działającej od blisko 100 lat Międzynarodowej Unii Geodezji i Geofizyki IUGG (International Union of Geodesy and Geophysics). Polska jako kraj członkowski reprezentowana jest w IUGG przez Polską Akademię Nauk, przy której działa Komitet Narodowy ds. współpracy z Międzynarodową Unią Geodezji i Geofizyki. Kontakty krajowego środowiska naukowego ze środowiskiem międzynarodowym, skupionym wokół IAG utrzymywane są za pośrednictwem Komitetu Geodezji Polskiej Akademii Nauk. Sekcja geodezyjna prowadzi również ożywioną działalność naukową w ramach European Geosciences Union (http://www.egu.eu/), we współpracy z kilkoma sekcjami geofizycznymi i geologicznymi. Krajowe środowisko geodezyjne bardzo aktywnie uczestniczy w działalności IAG. 13 przedstawicieli krajowych ośrodków naukowych działa w ciałach IAG, z czego 2 przewodniczy grupom roboczym, 2 przewodniczy grupom studiów, 1 pełni funkcję wiceprzewodniczącego komisji i 1 – wiceprzewodniczącego podkomisji. Również w jednej komisji i jednej podkomisji funkcje sekretarza powierzono przedstawicielowi ośrodka naukowego z Polski. W ostatnim zgromadzeniu IAG zorganizowanym w 2013 roku uczestniczyło 21 osób z Polski. Zaprezentowali oni łącznie 6 wykładów i 11 posterów. Na uwagę zasługuje również fakt, że czterem sesjom naukowym przewodniczyli przedstawiciele polskich jednostek naukowo-badawczych.

W nomenklaturze międzynarodowej w skład geodezji wchodzi geodynamika (Geod-w XXI w Pr IGiK JK-ASU 2000.pdf), która obejmuje zagadnienia ewolucji Ziemi, co w obliczu

zainteresowań geodezji wiąże się z obserwacją i modelowaniem ruchu obrotowego Ziemi i jej położenia w przestrzeni oraz zmian w czasie figury Ziemi i jej pola siły ciężkości. W niniejszym opracowaniu geodynamikę traktuje się jako oddzielną poddyscyplinę.

4.2. Stan obecny geodezji jako poddyscypliny naukowo-technicznej w Polsce

4.2.1. Obszary badań

4.2.1.1. Systemy i układy odniesienia oraz osnowy podstawowe

Naturalną cechą układu odniesienia, który umożliwia w najprostszy sposób rozwiązywać zadania geodezyjne, a jednocześnie upraszczać opis złożonych zagadnień geodynamicznych jest sztywne związanie jego z Ziemią. Z kolei, ruch obrotowy Ziemi wokół osi w naturalny sposób narzuca, aby podstawowa oś ziemskiego układu odniesienia pokrywała się z osią obrotu Ziemi. Dokładność, z jaką powinien być określony układ odniesienia, pozostaje w ścisłej relacji z precyzją stosowanych technik obserwacyjnych. Do dokładnego określenia położenia osi obrotu Ziemi wymagane są obserwacje obiektów pozaziemskich (gwiazdy, satelity). Zapotrzebowanie na takie obserwacje leżało u podstaw rozwoju astronomii geodezyjnej, a następnie geodezji satelitarnej i kosmicznej. Pozycje obiektów pozaziemskich, jako niepodlegających ruchowi obrotowemu Ziemi, wyznacza się w niebieskim układzie odniesienia, który stanowi przybliżenie układu inercjalnego. Konieczność zatem stosowania w geodezji niebieskiego układu odniesienia wiąże się z potrzebą dokładnego określenia relacji pomiędzy układami niebieskim i ziemskim, umożliwiających nie tylko określenie położenia osi obrotu Ziemi w odpowiednio zdefiniowanym quasi-inercjalnym układzie niebieskim, ale także opisujące obrót Ziemi wokół osi, a tym samym obrót układu ziemskiego względem układu niebieskiego (monografia 10.pdf).

W ostatnich 30 latach zaszły ważne zmiany w poznaniu ruchu obrotowego Ziemi. Nastąpił ogromny postęp w zakresie osiąganych precyzji i rozdzielczości czasowych obserwacji, jak również w strategiach i technologiach ich opracowywania. Począwszy od 1980 roku, parametry ruchu obrotowego Ziemi są monitorowane w sposób ciągły, zaś wiodącą rolę w ich wyznaczeniu odgrywają pomiary interferometryczne obiektów pozagalaktycznych. Używanie dotychczasowego katalogowego układu odniesienia prowadziło do degradacji precyzji osiąganej w obserwacjach astronomicznych. Jednocześnie nastąpiła ogromna poprawa w modelowaniu teoretycznym. Znalazło to odbicie w uściśleniu i bardziej precyzyjnym zdefiniowaniu i realizacji ziemskich systemów odniesienia. Międzynarodowy Ziemski System Odniesienia *ITRS*, którego kolejnymi, coraz dokładniejszymi realizacjami są definiowane przez Międzynarodową Służbę Ruchu Obrotowego Ziemi i Systemów Odniesienia (International Earth Rotation and Reference Systems Service – IERS) Międzynarodowej Asocjacji Geodezji IAG kinematyczne układy odniesienia *ITRF*, został przyjęty jako obowiązujący przez Międzynarodową Unię Geodezji i Geofizyki IUGG w 1991 r.

Nowe definicje niebieskich systemów odniesienia, transformacje między systemami oraz relacje między systemami czasu przyjęte przez Międzynarodową Unię Astronomiczną (International Astronomical Union – IAU) i IUGG za obowiązujące od 1 stycznia 2003 r. oparte są na ogólnej teorii względności, która zastąpiła używaną dotychczas mechanikę

newtonowską. Konsekwencją tego jest posługiwanie się czasoprzestrzenią o nieeuklidesowej geometrii, zamiast stosowanej do tej pory trójwymiarowej przestrzeni z geometrią euklidesową, ale również liczne niejednoznaczności interpretacji nowych pojęć i terminów. Zdefiniowany w czterowymiarowej czasoprzestrzeni kinematyczny Międzynarodowy Niebieski System Odniesienia *ICRS*, o stałej, z dokładnością do ruchów własnych definiujących go obiektów pozagalaktycznych, orientacji, zastąpił stosowane przez ostatnie stulecia quasi-kartezjańskie systemy katalogów fundamentalnych, zorientowane za pomocą średniego równika i średniego punktu równonocy wiosennej na zadaną epokę. Używane dotychczas do transformacji niebieskiego systemu odniesienia w ziemski system odniesienia modele precesji i nutacji wraz z modelem ruchu bieguna zastąpiono nowym, precyzyjnym modelem precesyjno-nutacyjnym IAU2000 oraz spójnym z nim modelem ruchu bieguna. Miejsce układu równikowego odniesionego do punktu równonocy na epokę daty, w którym wyrażano pozycje pozorne, zajął znacznie bardziej precyzyjnie zdefiniowany Pośredni System Odniesienia *IRS*, zaś miejsce czasu gwiazdowego *GST* jako parametru transformacji – Kąt Obrotu Ziemi *ERA* związany nową definicją z czasem *UT1* (RA_kolor.pdf).

W stosunkowo niedługim czasie, w zakresie definicji i realizacji systemów odniesienia, systemów czasu i modelowania wzajemnych relacji między systemami zaszły zasadnicze zmiany zarówno jakościowe jak i ilościowe (monografia 10.pdf). W pracach związanych z utworzeniem precyzyjnego modelu precesyjno-nutacyjnego IAU2000, a dokładnie z opracowaniem modelu nutacji dla niesztywnej Ziemi uczestniczył Aleksander Brzeziński z Centrum Badań Kosmicznych PAN. Z kolei w Zakładzie Geodezji i Geodynamiki Instytutu Geodezji i Kartografii w Warszawie opracowano Rocznik Astronomiczny IGiK na 2004 rok z zastosowaniem nowych obowiązujących systemów odniesienia, systemów czasu oraz transformacji pomiędzy systemami, wraz z dokładnym opisem systemów, nowych pojęć i terminów, który jest następnie corocznie aktualizowany (RA_kolor.pdf).

Realizacjami *ITRS* są Międzynarodowe Ziemskie Układy Odniesienia *ITRF* (International Terrestrial Reference Frame), które są układami kinematycznymi.. Poszczególne układy *ITRF* (*ITRF88*, *ITRF89*,..., *ITRF96*, *ITRF97, ITRF2000, ITRF2005 i ITRF2008*) są opracowywane przez ośrodki obliczeniowe IERS w oparciu o prowadzone w sposób ciągły obserwacje VLBI, LLR, SLR, GPS i DORIS na definiujących je stacjach, działających w ramach poszczególnych służb Międzynarodowej Asocjacji Geodezji. Do sieci IGS - Międzynarodowej Służby GNSS należy 6 polskich stacji umieszczonych w 5 obserwatoriach: Borowa Góra (IGiK), Borowiec (CBK PAN), Józefosław (PW), Lamkówko (UWM) i Wrocław (UP), zaś do sieci ILS - Międzynarodowej Służby Obserwacji Laserowych – stacja w Borowcu. Zmiany w czasie współrzędnych stacji w układzie *ITRF* wynikające głównie z ruchów płyt tektonicznych powodują, że układ *ITRF* nie jest odpowiedni jako bezpośrednie odniesienie dla państwowego układu geodezyjnego. Stąd, pojawiła się koncepcja utworzenia układów dla podstawowych kontynentalnych płyt tektonicznych. Są to również układy kinematyczne, w których jednak zmiany współrzędnych definiujących je punktów w układzie *ITRF* są praktycznie stałe, tj. na poziomie błędu ich wyznaczenia.

Utworzonej w 1987 r. podkomisji EUREF Międzynarodowej Asocjacji Geodezji powierzono zadanie opracowania podstaw naukowych Europejskiego Ziemskiego Systemu Odniesienia *ETRS* (European Terrestrial Reference System), a następnie jego realizacji. Jednocześnie organizacja Comiteé Europeén des Responsables de la Cartographie Officielle (CERCO) zajęła się względami czysto praktycznymi w kontekście potrzeb geodezji i kartografii. Układ

ETRF89 przeniesiono na obszar Polski w 1992 r. w wyniku europejskiej kampanii obserwacyjnej za pośrednictwem 11 stacji EUREF-POL. Układ ten zagęszczono następnie w latach 1994-1995 360 punktami sieci POLREF. W dalszej kolejności, po nawiązaniu tych punktów do punktów podstawowej osnowy geodezyjnej, najpierw pierwszej, a następnie drugiej klasy, w wyniku wyrównania wyznaczono współrzędne punktów osnowy geodezyjnej w układzie *ETRF89* (Albin i in., 2009). Założono także kilka stacji wysyłających poprawki DGPS i wykonano szereg badań nad zastosowaniem techniki pozycjonowania DGPS do celów geodezyjnych. Prowadzono także liczne badania nad wykorzystaniem techniki pozycjonowania w czasie rzeczywistym i oceną dokładności pozycji wyznaczonej techniką RTK.

Zakładane w latach 1990. przez krajowe ośrodki badawcze stacje permanentne GPS, sukcesywnie włączane do sieci stacji EPN koordynowanej przez podkomisję EUREF, weszły w skład stacji realizujących kinematyczny układ *ETRF* (Krynski, IUGG1999.pdf, Polish Nat Rep to IUGG2003.pdf, PL-2003-2006 Report IUGG2007.pdf, PL-National Report to IUGG2011.pdf). Stacje legitymujące się długimi ciągami obserwacyjnymi to stacje z obserwatoriów: Borowa Góra (IGiK), Borowiec (CBK PAN), Józefosław (PW), Kraków (AGH), Lamkówko (UWM) i Wrocław (UP). Stacje tych obserwatoriów: BOGO, BOGI, BOR1, JOZE, JOZ2, KRAW, KRA1, LAMA, WROC wraz z 9 stacjami EPN systemu ASG-EUPOS: Biała Podlaska (BPDL), Bydgoszcz (BYDG), Gorzów Wielkopolski (GWWL), Łódź (LODZ), Katowice (KATO), Redzikowo (REDZ), Suwałki (SWKI), Ustrzyki Dolne (USDL), Żywiec (ZYWI) tworzą podstawową fundamentalną osnowę poziomą 1 klasy. Obserwatorium Geodezyjno-Geofizyczne Borowa Góra z uwagi na prowadzone w nim kompleksowe obserwacje i badania z zakresu: GNSS, grawimetrii, astrometrii, magnetyzmu ziemskiego i kontroli metrologicznej przyrządów geodezyjnych jest jedynym krajowym obserwatorium włączonym do Europejskiej Wielofunkcyjnej Sieci Geodezyjnej (ECGN – European Combined Geodetic Network). Obserwacje gromadzone przez te stacje są regularnie opracowywane przez kilka z 16 Lokalnych Centrów Analiz EPN EUREF. Na podstawie wyników uzyskanych przez Lokalne Centra Analiz EPN obliczane są dobowe i tygodniowe rozwiązania dla współrzędnych stacji EPN w aktualnej realizacji systemu *ITRS* w Centrum Kombinacji Analiz EPN. O wysokim uznaniu środowiska międzynarodowego dla profesjonalności polskich ośrodków naukowo-badawczych w zakresie opracowywania obserwacji GNSS świadczy powierzenie zespołowi Politechniki Warszawskiej, a następnie po kilkunastu latach Wojskowej Akademii Technicznej prowadzenia Lokalnych Centrów Analiz EPN. Centra te, obok rutynowych opracowań obserwacji GNSS z przydzielonej im grupy stacji sieci EPN dostarczają parametrów modeli jonosfery. Co więcej, od 2013 roku prowadzą one wspólnie Centrum Kombinacji Analiz EPN. Lokalne Centrum Analiz PW (WUT LAC) opracowywało obserwacje z kolejnych kampanii EXTENDED SAGET, która umożliwiła wyznaczenie pozycji nowych punktów w układzie *ITRF*, oraz kampanii Central European Regional GPS Geodynamic Network (CEGRN) wykonywanych w ramach projektu CERGOP CEI. W 2014 roku Lokalne Centrum Analiz PW opracowywało obserwacje z 93 stacji, zaś Lokalne Centrum Analiz WAT – 130 stacji (PL-Rep-EUREF 2014.pdf).

Gromadzone sukcesywnie dane obserwacyjne ze stacji EPN, będące podstawą realizacji europejskiego układu odniesienia stanowiły zbiór niespójny. Złożyły się na to różne czynniki. Doskonalono modele obserwacyjne, modele anten odbiorników i satelitów, algorytmy i programy obliczeniowe, orbity satelitów odnoszono do coraz nowszych realizacji *ITRF*. W ramach podkomisji EUREF podjęto działania w kierunku przeliczenia wszystkich obserwacji

ze stacji sieci EPN z użyciem jednolitej strategii obliczeniowej i obecnie przyjmowanych standardów w celu wygenerowania jednolitego ciągu rozwiązań dla współrzędnych prędkości stacji. W pracach tych znaczącą rolę odegrały oba Polskie krajowe Lokalne Centra Analiz, tj. PW i WAT (PL-Rep-EUREF 2013.pdf).

Przenoszenie na obszar Polski i konserwacja obowiązującego obecnie geodezyjnego układu odniesienia PL-ETRF2000 odbywają się za pośrednictwem założonej przez Główny Urząd Geodezji i Kartografii sieci stacji permanentnych GNSS o nazwie ASG-EUPOS (Aktywna Sieć Geodezyjna EUPOS). Każdy ze 101 punktów tej sieci zaopatrzony jest w dwa ekscentry, które obok współrzędnych trójwymiarowych w państwowym układzie odniesienia posiadają wysokość w obowiązującym układzie odniesienia wysokościowego, a dodatkowo na części z nich wyznaczono przyspieszenie siły ciężkości grawimetrem absolutnym A10. Uruchomiony w 2008 roku system ASG-EUPOS jest udostępniony szerokiemu gronu użytkowników. Umożliwia on operatorom odbiorników GNSS wyznaczać współrzędne punktów w układzie państwowym w czasie rzeczywistym bądź w postprocessingu oferując jednocześnie odpowiednie usługi obliczeniowe. Przeliczenia pomiędzy systemami dokonuje się przy użyciu opracowanych pakietów programowych. Stacje referencyjne systemu ASG-EUPOS wraz z punktami sieci EUREF-POL (11), POLREF (348), punktami głównymi oraz punktami rozwinięcia krajowej sieci EUVN (13), punktami sieci astronomiczno-geodezyjnej SAG oraz punktami sieci wypełniającej SW (6526) tworzą podstawową osnowę bazową 2 klasy.

Tradycyjnie, system odniesienia wysokościowego był definiowany i realizowany niezależnie od geodezyjnego poziomego systemu odniesienia. Za powierzchnię odniesienia utożsamianą z poziomem morza przyjmuje się geoidę lub quasigeoidę w zależności od tego, czy obowiązującym systemem wysokości jest system wysokości ortometrycznych, czy wysokości normalnych. Geoida jest powierzchnią stałego potencjału, i jej potencjał wyznaczany jest z globalnego opracowania danych grawimetrycznych i satelitarnych. Quasigeoida jest powierzchnią zbliżoną do geoidy, a różnice między tymi powierzchniami wyznacza się na podstawie pomierzonego przyspieszenia siły ciężkości. System odniesienia wysokościowego realizowany jest poprzez osnowę wysokościową odniesioną do średniego poziomu morza wyznaczonego z opracowania wieloletnich ciągów obserwacji mareograficznych. Z uwagi na pionowe ruchy skorupy ziemskiej oraz różnorakie zjawiska technogenne, wysokości punktów osnowy wysokościowej mogą podlegać znaczącym zmianom w czasie. Przyjęto zatem, że podstawowa osnowa wysokościowa kraju będzie poddawana pomiarom co 20-25 lat.

Podobnie jak w przypadku geodezyjnych poziomych układów odniesienia, geodezyjne systemy odniesienia wysokościowego miały charakter regionalny. Problem definicji i realizacji globalnego systemu odniesienia wysokościowego jest bardzo złożony. Prace badawcze w tym kierunku prowadzone są od 10 lat przez ośrodki naukowe z inicjatywy Międzynarodowej Asocjacji Geodezji. Działania w kierunku utworzenia jednolitego, europejskiego układu odniesienia wysokościowego zostały podjęte przez podkomisję EUREF Międzynarodowej Asocjacji Geodezji. W ramach projektu o nazwie Zintegrowana Europejska Sieć Niwelacyjna (United European Levelling Network - UELN) utworzono w latach 1995-1998 z dokładnością 10 cm jednolity system wysokościowy dla Europy, rozciągnięty na kraje Europy środkowo-wschodniej. Realizacją tego systemu był układ wysokościowy *EVRF2000*. Niezależnie, w oparciu o pomiary GPS, pomiary niwelacyjne i obserwacje mareograficzne założono europejską sieć odniesienia wysokościowego EUVN

(European Vertical Reference Network). Zestawienie obu sieci UELN i EUVN umożliwiło wyznaczenie relacji pomiędzy UELN odniesionym do zera mareografu w Amsterdamie (Normaal Amsterdams Peil) i krajowymi systemami odniesienia wysokościowego. Z uwagi na znaczną liczbę nowych danych niwelacyjnych z krajów europejskich dokonano ponownego opracowania UELN. Nowa realizacja systemu *EVRS* o nazwie *EVRF2007* (European Vertical Reference Frame 2007) jest obecnie obowiązującym europejskim układem odniesienia dla wysokości. Celem realizowanego w latach 1990. międzynarodowego projektu Baltic Sea Level było określenie relacji między systemami odniesienia wysokościowego krajów graniczących z Morzem Bałtyckim. w projekcie tym wykorzystywano obserwacje GPS z 4 krajowych stacji permanentnych EPN oraz obserwacje epokowe wykonane na trzech krajowych mareografach.

Ostatnia (czwarta) kampania niwelacyjna w Polsce była przeprowadzona w latach 1998-2002 (osnowa 1 klasy) i 2003-2012 (osnowa 2 klasy). Do osnowy wysokościowej włączono dodatkowo 63 punkty sieci EUVN oraz 71 ekscentrów punktów sieci ASG-EUPOS. Wszystkie wysokości zredukowano do zerowego systemu pływowego. Wyrównanie wykonano w europejskim układzie odniesienia wysokościowego *EVRF2007*, przyjmując 49 stabilnych punktów EUVN jako punkty odniesienia. Obowiązujący obecnie w Polsce geodezyjny układ odniesienia wysokościowego *PL-EVRF2007-NH* tworzą wysokości normalne odniesione do średniego poziomu Morza Północnego, wyznaczonego dla mareografu w Amsterdamie (Normaal Amsterdams Peil) (PL-Rep-EUREF 2014.pdf).

Grawimetryczny System Odniesienia jest tradycyjnie definiowany poprzez grawimetryczny poziom odniesienia oraz jednostkę grawimetryczną. Realizacją systemu grawimetrycznego była sieć grawimetryczna, w której poziom grawimetryczny wyznaczano poprzez absolutne pomiary przyspieszenia siły ciężkości na kilku wybranych punktach fundamentalnych tej sieci, natomiast jednostkę grawimetryczną wyznaczano w wyniku komparacji grawimetrów względnych, wykorzystywanych do pomiaru różnic przyspieszenia siły ciężkości na przęsłach sieci grawimetrycznej. Światowy/europejski poziom grawimetryczny przenoszony jest na sieć grawimetryczną za pośrednictwem grawimetrów balistycznych, które uczestniczyły w międzynarodowych/europejskich kampaniach porównawczych grawimetrów absolutnych. W Polsce, na przestrzeni ostatnich kilkudziesięciu lat grawimetryczny system odniesienia poddawany był kilkukrotnym modyfikacjom. Ostatniemu z założonych w XX wieku nadano nazwę Podstawowa Osnowa Grawimetryczna Kraju POGK98. Poziom grawimetryczny POGK98 określono w oparciu o absolutne pomiary przyspieszenia siły ciężkości na 12 punktach sieci kilkoma grawimetrami balistycznymi (FG5-101, FG5-105 i JILAg5) porównanymi z innymi grawimetrami podczas międzynarodowych kampanii porównawczych grawimetrów absolutnych w Paryżu. Przęsła pomiędzy 363 punktami *POGK98* pomierzono grawimetrami względnymi LaCoste&Romberg kalibrowanymi na grawimetrycznej bazie kalibracyjnej Polskiego Narodowego Poligonu Grawimetrycznego NEGP z uwzględnieniem poprawki względem Międzynarodowego Poligonu Grawimetrycznego MEGP. Za stację fundamentalną dla systemu POGK98 przyjęto stację Borowa Góra. W celu weryfikacji sieci POGK98, pomierzono zestawem grawimetrów LaCoste&Romberg przęsła pomiędzy punktami absolutnymi, o długościach 150-300 km, według opracowanej w IGiK metody (Absolute_gravity_measurements-Mon-IGiK-3.pdf).

W ramach modernizacji POGK98, w pierwszej kolejności, kierując się zaleceniami Międzynarodowej Asocjacji Geodezji zgęszczono punkty absolutne. Do tego celu wykorzystano grawimetr balistyczny FG5-230 Politechniki Warszawskiej. Przy użyciu tego

samego grawimetru dokonano modernizacji grawimetrycznych baz kalibracyjnych – centralnej i zachodniej. Na wszystkich punktach zamykających przęsła centralnej grawimetrycznej bazy kalibracyjnej wyznaczono przyspieszenia siły ciężkości grawimetrem FG5-230. Założono także dwie pionowe grawimetryczne bazy kalibracyjne – jedną w Sudetach i drugą w Tatrach. W zakładaniu tej ostatniej uczestniczył Fiński Instytut Geodezyjny z grawimetrem balistycznym FG5-221. Założone grawimetryczne bazy kalibracyjne zapewniły jednolitość jednostki grawimetrycznej na obszarze całej Polski w pomiarach względnych wykonywanych kalibrowanymi grawimetrami. W celu utrzymania jednolitości jednostki grawimetrycznej należy nie rzadziej niż co dwa lata dokonywać kontrolnych pomiarów absolutnych na punktach zamykających przęsła bazy kalibracyjnej. Z kolei w ramach kompleksowych prac nad modelem centymetrowej geoidy na obszarze Polski przeprowadzono badania systemów grawimetrycznych na obszarze Polski w ostatnim półwieczu oraz określono relacje pomiędzy tymi systemami, umożliwiające sprowadzanie obserwacji grawimetrycznych pochodzących z różnych epok do jednego systemu.

W wyniku doświadczeń zdobytych w trakcie prac badawczych powstał w 2011 r. projekt nowoczesnej podstawowej osnowy grawimetrycznej dla Polski, przyjęty do realizacji przez Główny Urząd Geodezji i Kartografii (geocart-2013-0001.pdf). Zgodnie z projektem osnowa ma się składać wyłącznie z punktów, na których przyspieszenie siły ciężkości zostanie wyznaczone metodą absolutną. Na wszystkich punktach osnowy zostanie również wyznaczony gradient pionowy przyspieszenia siły ciężkości. W skład osnowy wejdzie 28 punktów fundamentalnych pomierzonych grawimetrem FG5 oraz 168 punktów bazowych pomierzonych przy użyciu polowego grawimetru absolutnego A10. Do punktów bazowych zaliczono 87 punktów POGK, 63 ekscentry ASG-EUPOS, 9 punktów POLREF i 5 punktów EUVN. Punkty bazowe osnowy pomierzono w latach 2012-2013 grawimetrem A10-020 Instytutu Geodezji i Kartografii. W 2014 roku wykonano pomiar grawimetryczny na punktach fundamentalnych osnowy grawimetrem FG5-230 Politechniki Warszawskiej. Międzynarodowy poziom grawimetryczny zostanie przeniesiony na osnowę podstawową za pośrednictwem grawimetrów A10-020 i FG5-230, które uczestniczyły w międzynarodowych, regionalnych i lokalnych kampaniach porównawczych grawimetrów absolutnych. Po zakończeniu prac podstawowa osnowa grawimetryczna w Polsce będzie jedną z najnowocześniejszych na świecie. Pomiary absolutne przyspieszenia siły ciężkości na punktach podstawowej osnowy grawimetrycznej powinny być powtarzane nie rzadziej niż co 5 lat.

Badanie pola magnetycznego Ziemi, a następnie wykorzystanie wyników tych badań w praktyce jest nie tylko przedmiotem zainteresowania geofizyków i geologów którym dostarczają informacji przydatnych do poznania budowy skorupy ziemskiej, zjawisk fizycznych zachodzących we wnętrzu Ziemi oraz do lokalizowania złóż mineralnych potrzebnych gospodarce kraju. W geodezji pole geomagnetyczne jest przedmiotem zainteresowania jako jeden z czynników wpływających na procesy geodynamiczne, a więc i na kształt Ziemi, a także z uwagi na właściwości tego pola, które umożliwiają autonomiczną orientację w przestrzeni, i w związku z powyższym są wykorzystywane w topografii cywilnej i wojskowej, nawigacji lotniczej i morskiej, jak również w przemyśle lotniczym, łączności i in. Pole magnetyczne Ziemi jest względnie szybko zmienne w czasie, jego zmiany są znaczące i niedokładnie prognozowalne. Zachodzi zatem potrzeba ciągłych badań zmian pola geomagnetycznego opartych na aktualnych pomiarach wykonywanych w obserwatoriach magnetycznych (ciągły monitoring potrzebny do aktualizacji modelu globalnego oraz do

wykorzystania tego modelu jako wzorca odniesienia dla bieżących badań pola magnetycznego Ziemi i do redukcji terenowych pomiarów magnetycznych) i regularnie powtarzanych pomiarach na sieci punktów wiekowych (wartości z punktów wiekowych uszczegóławiają model poprzez wprowadzenie ewentualnych lokalnych anomalii pola magnetycznego).

Zdjęcie deklinacji magnetycznej kraju potrzebne jest do utworzenia lokalnego (krajowego) modelu pola magnetycznego Ziemi, wykorzystywanego do wszelkich zadań związanych z magnetyzmem. Jest to szczególnie istotne na terenach o dużym zróżnicowaniu pola. Do aktualizacji krajowego modelu pola magnetycznego Ziemi oraz do redukcji terenowych pomiarów magnetycznych niezbędne są wartości uzyskane na punktach wiekowych oraz aktualne zapisy zmian pola z najbliższego obserwatorium magnetycznego lub ze stacji polowej.

Podstawowe zdjęcie deklinacji magnetycznej w Polsce, obejmujące około 3500 punktów, powstało w latach 1952–1955 i 1958–1959. W 1965 r. na 756 punktach zdjęcia magnetycznego dokonano pomiaru 3 niezależnych elementów pola. W latach 2003-2004 i powtórnie w latach 2012-2013 na 460 punktach powtórzono pomiary deklinacji magnetycznej. Analiza różnic między wynikami pomiarów archiwalnych i aktualnych wykazała konieczność wykonywania powtórnych pomiarów na punktach sieci magnetycznej, szczególnie w rejonach anomalnych, co najmniej raz na 20 lat. W skład zdjęcia magnetycznego kraju wchodzi dodatkowo około 430 punktów z pomiarów na Bałtyku w latach 1970-1972 oraz około 220 000 punktów na Bałtyku z pomiarów w latach 1971-1990 wykonanych w ramach współpracy Instytutu Geodezji i Kartografii z Instytutem Ziemskiego Magnetyzmu Jonosfery i Propagacji Fal Radiowych (IZMIRAN) Rosyjskiej Akademii Nauk. Zdjęcie deklinacji magnetycznej zostało uzupełnione archiwalnymi danymi magnetycznymi z dawnych obszarów Polski, należących obecnie do Rosji (Rejon Kaliningradzki), Litwy, Białorusi i Zachodniej Ukrainy (Mono_17_druk.pdf).

Równocześnie ze zdjęciem deklinacji magnetycznej powstała sieć zastabilizowanych punktów wiekowych (ang. repeat stations), obecnie zwana fundamentalną osnową magnetyczną kraju, na której systematycznie, co najmniej raz na 2-3 lata, są wykonywane absolutne pomiary trzech niezależnych składowych pola magnetycznego. Osnowa ta liczyła początkowo 20 punktów, obecnie zaś składa się z 19 punktów. Uzupełniają ją dwa obserwatoria magnetyczne w Belsku i na Helu, stanowiące punkty odniesienia dla wszelkich redukcji magnetycznych na terenie kraju. Analiza pomiarów na punktach wiekowych umożliwia monitorowanie rozkładu przestrzennego zmian pola geomagnetycznego. Zmiany te są podstawą do aktualizacji wartości składowych tego pola otrzymanych w wyniku pomiaru bezpośredniego.

4.2.1.2. Modelowanie pola grawitacyjnego Ziemi i grawimetria

Znajomość pola grawitacyjnego Ziemi jest konieczna dla uprawiania geodezji. Za powierzchnię odniesienia dla systemu wysokościowego tradycyjnie przyjmuje się geoidę – utożsamianą z poziomem morza powierzchnię stałego potencjału siły ciężkości. Co więcej, wyznaczanie wysokości w systemach fizycznych, tj. wysokości ortometrycznych, wysokości normalnych czy wysokości dynamicznych, wymaga znajomości pola siły ciężkości, Linia pionu służąca do orientacji instrumentów geodezyjnych oraz redukcji pomiarów na poziom morza jest linią sił pola siły ciężkości. Znajomość tego pola jest zatem niezbędna do

opracowania klasycznych obserwacji geodezyjnych i ich wyrównania. Podstawową wielkością mierzalną, umożliwiającą modelowanie pola siły ciężkości jest przyspieszenie siły ciężkości.

Przyspieszenie siły ciężkości jest wielkością skalarną związaną z długością wektora siły ciężkości. Kierunek tego wektora określa kierunek linii pionu, toteż jego znajomość odgrywa nadzwyczaj istotną rolę w klasycznych pomiarach geodezyjnych. Tradycyjnie, przyspieszenie siły ciężkości wyznacza się z pomiarów grawimetrycznych, zaś kierunek linii pionu wyznacza się z pomiarów astrometrycznych korzystając z metod astronomii geodezyjnej.

Rozwój badań w zakresie modelowania pola siły ciężkości nabrał rozpędu wraz z pojawieniem się pierwszych sztucznych satelitów Ziemi i rozwojem obserwacyjnych technik satelitarnych. Szczególną rolę w tym procesie odegrał rozwój globalnych satelitarnych metod pozycjonowania. Uzyskiwane dokładności wyznaczania wysokości geometrycznej (wysokość nad elipsoidą odniesienia) techniką GNSS wskazały na możliwość zastąpienia nią kosztownej techniki niwelacji geometrycznej. Do tego celu potrzebna jest znajomość geoidy z dostatecznie dużą dokładnością. O wadze i znaczeniu problemu świadczy realizacja w latach 2000-2014 trzech kolejnych misji satelitarnych CHAMP, GRACE i GOCE dedykowanych modelowaniu pola grawitacyjnego Ziemi. Warto zaznaczyć, że pionierskie badania nad możliwościami użytych po raz pierwszy w tych misjach technik pomiarowych obserwacji satelity z satelity w trybie niski-niski oraz obserwacji gradiometrycznych do modelowania pola grawitacyjnego Ziemi wykonane były w Polsce w latach 70-tych XX wieku. Kontynuowano je następnie w latach 90-tych XX wieku badając aktualne możliwości satelitarnej misji gradiometrycznej i rozwijając metody analityczne modelowania pola grawitacyjnego Ziemi. Przeprowadzono także badania nad wykorzystaniem gradiometrii balonowej do poprawienia modelu geoidy. W późniejszych latach opracowano w Polsce oryginalny model walidacji gradiometrii satelitarnej. Wykonano także liczne badania związane z oceną jakości globalnych modeli geopotencjału oraz oceny ich przydatności do wyznaczania modeli geoidy (Geodetic gravimetry- JK---RoG.pdf).

Precyzyjne modelowanie regionalnej geoidy stało się w ostatnim dwudziestoleciu jednym z podstawowych zadań licznych ośrodków badawczych oraz agencji geodezyjnych, w tym również w Polsce. W szczególności, do postępu w modelowaniu regionalnej geoidy na obszarze Polski przyczyniło się zdjęcie po 1989 r. klauzuli tajności z danych geodezyjnych i grawimetrycznych w Polsce, a następnie, od początku lat 90-tych, sukcesywne udostępnianie krajowych danych grawimetrycznych. Istotną rolę w ożywieniu działalności w zakresie modelowania geoidy odegrał również szeroki dostęp do zaawansowanych technik obliczeniowych. W drugiej połowie lat 90-tych powstawały kolejne, udoskonalane modele geoidy grawimetrycznej dla obszaru Polski, a w dalszej kolejności wraz z postępem w zakładaniu sieci satelitarno-niwelacyjnych, takich jak POLREF, EUVN, - wpasowane w nie modele grawimetryczne. Ważnym etapem, który dostarczył jakościowo nowe wyniki, były unikalne w skali światowej, kompleksowe badania nad modelowaniem centymetrowej geoidy na obszarze Polski z wykorzystaniem danych geodezyjnych, grawimetrycznych, astronomicznych, geologicznych i satelitarnych, wykonane w latach 2002-2005 z udziałem kilku ośrodków badawczych i koordynowane przez Instytut Geodezji i Kartografii. W ramach wykonanych prac zgromadzono, dokładnie przeanalizowano, uzupełniono i ujednolicono wszystkie rodzaje danych. Opracowano metodę i obliczono poprawki terenowe do danych grawimetrycznych, Dokonano analizy przydatności istniejących globalnych modeli geopotencjału do modelowania geoidy. Założono, przeznaczony do oceny dokładności

modeli geoidy, przecinający Polskę satelitarno-niwelacyjny trawers kontrolny złożony ze 184 punktów, na których precyzyjnie wyznaczono anomalie wysokości. Przeanalizowano różne metody modelowania geoidy oraz dokonano analizy obliczonych modeli geoidy (Monografia-Prec-mod-quasi-PL JK 2007.pdf). Zbiór średnich anomalii grawimetrycznych 5' × 5' opracowany w Instytucie Geodezji i Kartografii na podstawie ujednoliconych danych grawimetrycznych został wykorzystany przy opracowywaniu globalnego modelu geopotencjału EGM2008. Dzięki temu, jak wykazały niezależnie prowadzone badania, model ten znakomicie pasuje do pola grawitacyjnego na obszarze Polski. W kilku krajowych ośrodkach kontynuowane są prace nad modelowaniem geoidy w skali lokalnej i regionalnej. Badane są kolejne, udostępniane globalne modele geopotencjału, w szczególności EGM2008 oraz modele z misji GRACE i GOCE oraz ich przydatność do opracowywania grawimetrycznych modeli geoidy(Time variations- GK-MS-JK - corrected---RoG.pdf). Warto zaznaczyć, że do walidacji na obszarze Norwegii modeli geopotencjału z misji GOCE użyto wyników absolutnych pomiarów przyspieszenia siły ciężkości wykonanych w Norwegii w 2011 r. grawimetrem A10-020 przez zespół Instytutu Geodezji i Kartografii (PL-Rep-EUREF 2013.pdf).

Istotną rolę w grawimetrii odgrywają absolutne pomiary przyspieszenia siły ciężkości. W szczególności, pojawienie się 25 lat temu precyzyjnych grawimetrów balistycznych zmieniło w znaczący sposób profil zastosowań grawimetrii, otworzyło szerokie pole do badań zarówno sprzętu, jak i jego wykorzystania. Dokładność wyznaczanego współczesnymi grawimetrami absolutnymi przyspieszenia siły ciężkości przewyższa dokładność uzyskiwaną przy użyciu grawimetrów względnych. Wyznaczenia absolutnego przyspieszenia siły ciężkości nie podlegają wyrównaniu. Kluczową rolę w ocenie jakości absolutnych wyznaczeń przyspieszenia siły ciężkości odgrywają badania instrumentalne oraz stosowanie odpowiednich zabiegów metrologicznych, takich jak regularne kalibracje systemu pomiarowego grawimetru oraz porównania z innymi grawimetrami w trakcie międzynarodowych kampanii porównawczych.

Aktywność krajowych zespołów badawczych w zakresie grawimetrii absolutnej cieszy się dużym uznaniem międzynarodowym. Ogromnym osiągnięciem był skonstruowany przez Zbigniewa Ząbka w 1993 roku grawimetr balistyczny ZZG - jeden z kilku grawimetrów najwyższej klasy na świecie. Grawimetr ten uczestniczył w pomiarach wykonywanych w ramach realizowanego na przełomie XX i XXI wieku projektu UNIGRACE (Unification of Gravity Systems in Central and Eastern Europe), którego celem było utworzenie grawimetrycznego systemu odniesienia dla ujednolicenia systemów grawimetrycznych w krajach Środkowej i Centralnej Europy. W Instytucie Geodezji i Kartografii prowadzono zaawansowane prace nad skonstruowaniem przenośnego grawimetru balistycznego TBG. Badania w zakresie grawimetrii absolutnej uległy znacznej intensyfikacji w wyniku pozyskania laboratoryjnego grawimetru absolutnego FG5-230 przez Politechnikę Warszawską w 2005 roku, a następnie polowo-laboratoryjnego grawimetru absolutnego A10-020 przez Instytut Geodezji i Kartografii w 2008 roku. Badany jest wpływ czynników zewnętrznych, w tym warunki meteorologiczne i warunki hydrologiczne na wyznaczane przyspieszenie siły ciężkości oraz parametry metrologiczne grawimetrów. Szczególnie znaczące dla środowiska naukowego są nowatorskie wyniki badań instrumentalnych grawimetru A10, oszacowanie dla niego budżetu niepewności oraz określenie jego przydatności do modernizacji osnowy grawimetrycznej. Doświadczenia zdobyte podczas prac badawczych związanych z modernizacją osnów grawimetrycznych w krajach

skandynawskich z użyciem grawimetru A10-020 (Krynski i Rogowski, PL-Rep-EUREF 2011.pdf, PL-Rep-EUREF 2012.pdf) oraz badań testowych prowadzonych regularnie w Obserwatorium Borowa Góra Instytutu Geodezji i Kartografii i Obserwatorium Politechniki Warszawskiej w Józefosławiu, wykorzystano do opracowania projektu modernizacji osnowy grawimetrycznej w Polsce, a następnie jego realizacji.

Zapewnienie wymaganego standardu wynikom względnych pomiarów grawimetrycznych wiąże się z koniecznością okresowej kalibracji grawimetrów. W wyniku badań prowadzonych w IGiK, a następnie w Politechnice Warszawskiej opracowano laboratoryjne metody kalibracji grawimetrów do praktycznego wykorzystania. Obecnie kalibracji grawimetrów służą utrzymywane i konserwowane grawimetryczne bazy kalibracyjne. Co roku na wybranych przęsłach baz kalibracyjnych wykonuje się pomiary grupą grawimetrów względnych. Porównania uzyskanych wyników służą do korygowania stałych grawimetrów, a jednocześnie do kontroli stałości różnic przyspieszenia siły ciężkości wzdłuż bazy kalibracyjnej.

Ciągła rejestracja przyspieszenia siły ciężkości umożliwia badanie niepływowych zmian przyspieszenia siły ciężkości oraz doskonalenie modeli pływowych. Badania takie wykonywane są w Obserwatorium Borowa Góra i Obserwatorium w Józefosławiu przy użyciu grawimetrów pływowych, danych hydrologicznych oraz rejestrowanych równolegle danych meteorologicznych. Ciągła rejestracja przyspieszenia siły ciężkości umożliwia kontrolę stałości grawimetrów absolutnych i wspomaga testowe badania instrumentalne tych grawimetrów. Z kolei, powtarzane pomiary absolutne na stanowiskach pomiarowych obserwatorium pozwalają na kontrolę dryftu grawimetru pływowego i wyznaczanie odpowiedniej poprawki do obserwowanego przyspieszenia siły ciężkości (PL-Rep-EUREF 2014.pdf).

Badania nad wykorzystaniem danych grawimetrycznych do monitorowania efektów wyrobisk górniczych prowadzone są w Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie. Pomiary grawimetryczne są także wykorzystywane w badaniach stałości obiektów inżynierskich. Badano możliwości wykorzystania względnych wyznaczeń przyspieszenia siły ciężkości do monitorowania zmian w obiektach hydrotechnicznych (IUGG1999.pdf).

4.2.1.3. Techniki pozycjonowania i ich zastosowania

W rozwiązywaniu problemów geodezyjnych globalne satelitarne i kosmiczne techniki pozycjonowania w ogromnej mierze wyeliminowały klasyczne techniki pomiarowe. Systematyczne różnice pomiędzy rozwiązaniami uzyskiwanymi przy użyciu różnych technik są znaczące. Wynikają one z różnic w systemach odniesienia, standardach, a nawet w wartościach używanych stałych. Przed kilku laty Międzynarodowa Asocjacja Geodezji powołała organ pod nazwą Globalny Geodezyjny System Obserwacyjny (Global Geodetic Observing System – GGOS) (GGOS2020_REF_DOC_V0.18.pdf), którego zadaniem jest opracowanie narzędzi, strategii, procedur i algorytmów służących do jednolitego opracowania obserwacji z różnych technik, a następne dostarczania jednoznacznych rozwiązań do wykorzystania przedstawicielom nauk o Ziemi. Istotnym czynnikiem satelitarnych technik pozycjonowania jest znajomość orbit satelitów. Dokładność wyznaczenia orbit przekłada się na dokładność pozycjonowania. Ma to szczególne znaczenie w przy wyznaczaniu pozycji w czasie rzeczywistym. Badania zarówno teoretyczne, jak i praktyczne związane z wyznaczaniem orbit sztucznych satelitów Ziemi

mają kilkudziesięcioletnią tradycję w krajowym środowisku naukowym. Obecnie wyznaczaniem orbit satelitów GNSS, satelitów systemu DORIS, satelitów altimetrycznych oraz satelitów przeznaczonych do pomiarów laserowych lub radarowych powierzchni Ziemi, zajmują się odpowiednie międzynarodowe służby IAG lub powołane do tego celu centra obliczeniowe. W ośrodkach krajowych prace nad wyznaczaniem orbit satelitarnych prowadzone są w związku z realizacją projektów badawczych. Dotyczą one głównie wybranych satelitów zaopatrzonych w reflektory laserowe, satelitów altimetrycznych oraz innych, np. satelitów misji GRACE.

W Polsce badaniami objęte są dwie techniki globalnego pozycjonowania: technika pomiarów laserowych i przed wszystkim technika GNSS.

Techniką pozycjonowania, która odgrywa kluczową rolę w realizacji ziemskiego układu odniesienia jest technika oparta na laserowym pomiarze odległości do satelity. Umożliwia ona wyznaczenie skali układu odniesienia oraz wyznaczenie położenia początku układu. Satelitarne obserwacje laserowe (Satellite Laser Ranging – SLR) wykonywane są w Obserwatorium Astrogeodynamicznym Centrum Badań Kosmicznych PAN w Borowcu w ramach Międzynarodowej Służby Satelitarnych Pomiarów Laserowych (International Laser Ranging Service – ILRS) Międzynarodowej Asocjacji Geodezji. Gromadzone są one w Eurolas Data Centre (EDC) oraz w Crustal Dynamics Data Information System NASA (CDDIS). Prowadzone są również badania związane z analizą obserwacji laserowych, w szczególności błędów systematycznych wyznaczanych odległości do satelitów, i opracowywaniem orbit satelitów z uwzględnieniem orientacji satelitów, wyznaczaniem współrzędnych i prędkości stacji laserowych, doskonaleniem techniki pomiarowej, integracji obserwacji laserowych z obserwacjami uzyskiwanymi innymi technikami (PL-2003-2006 Report IUGG2007.pdf).

Globalne nawigacyjne systemy satelitarne znajdują coraz szersze zastosowanie w geodezji. Obok wspomnianej już roli w realizacji globalnego oraz europejskiego systemu odniesienia krajowych stacji permanentnych GNSS, utrzymywanych od blisko dwudziestu lat w stanie operacyjnym przez ośrodki naukowo-badawcze, założony przez Główny Urząd Geodezji i Kartografii system ASG-EUPOS stanowi bazę dla pomiarów geodezyjnych w kraju przy użyciu techniki GNSS. Obok systemu ASG-EUPOS funkcjonują w Polsce trzy niezależne sieci stacji permanentnych GNSS przeznaczone dla celów komercyjnych: sieć TPI NET PRO składająca się z 118 stacji rozmieszczonych na obszarze całej Polski, założona przez TPI – lokalnego sprzedawcę sprzętu form Topcon i Sokkia; sieć VRSNET.PL 21 stacji rozmieszczonych w północno-zachodniej Polsce i na Śląsku, założona przez Geotronics Polska – lokalny sprzedawca sprzętu firmy Trimble; sieć Leica Geosystems Polska 60 stacji rozmieszczonych głównie w rejonie Gdańska, Łodzi i w południowej Polsce (PL-Rep-EUREF 2012.pdf).

Od 2005 roku funkcjonuje również w Polsce system Ntrip zainicjowany w ramach projektu EUREF-IP. W AGH w Krakowie działa stacja nadawcza rozsyłająca poprawki RTCM wraz z danymi ze 17 stacji uczestniczącymi w projekcie (PL-Rep-EUREF 2011.pdf).

W Centrum Badań Kosmicznych PAN działa jedna ze stacji RIMS (Ranging and Integrity Monitoring Station) systemu EGNOS, który generuje na obszarze Europy poprawki do sygnałów systemu GPS. CBK PAN jest również ośrodkiem aktywnym w zakresie badań związanych z europejskim systemem pozycjonowania satelitarnego Galileo. Prowadzono w

nim prace testowe nad uruchomieniem stacji śledzącej satelity GIOVE. Stacja ta została następnie włączona do sieci stacji śledzących systemu Galileo (Polish Nat Rep to IUGG2003.pdf).

Wszystkie krajowe geodezyjne ośrodki badawcze zaangażowane są w badania związane z wykorzystaniem techniki GNSS. Badania te dotyczą modelowania obserwacji, metod i algorytmów opracowania obserwacji GNSS, dokładności i wiarygodności precyzyjnych pomiarów GNSS, pozycjonowania w ruchu, badania anten, wykorzystania pseudolitów, określania przemieszczeń i deformacji konstrukcji inżynierskich, batymetrii, ale również transferu i porównań czasu. Prowadzone są prace nad efektywnym rozwiązaniem problemu nieoznaczoności w procesie opracowania obserwacji GNSS. Przedmiotem badań jest również algorytm łącznego opracowania danych GPS i Galileo.

Na szczególne podkreślenie zasługują badania związane z modelowaniem troposfery i jonosfery, które prowadzone są w kilku krajowych ośrodkach naukowych. Ich wyniki stanowią unikalny materiał do badań atmosfery. Umożliwiają one również podniesienie dokładności wyznaczania pozycji techniką GNSS, w szczególności w czasie rzeczywistym. Badania związane z wyznaczaniem opóźnienia troposferycznego prowadzone są w oparciu o dane GNSS w porcjach godzinnych oraz numeryczne modele pogody. W modelowaniu troposfery dla obszaru Polski wykorzystywane są również dane meteorologiczne ze stacji naziemnych, w tym w ostatnich latach dane meteorologiczne ze stacji ASG-EUPOS. Warto podkreślić, że ciągi czasowe globalnych modeli troposfery stanowią cenny materiał do badań klimatologicznych. Dane dotyczące rozkładu pary wodnej w troposferze otrzymywane z analizy obserwacji GNSS oraz dane pozyskiwane innymi technikami sondowania atmosfery, np. sondowanie radiowe, fotometria słoneczna, itp. wykorzystywane są do prognoz meteorologicznych, w szczególności do tworzenia numerycznych modeli pogody. Opracowano nowe algorytmy do wyznaczania refrakcji troposferycznej. Badano także wpływ zmian aerosoli na dynamikę zmian troposfery.

Prace w zakresie transferu czasu i porównań czasu prowadzone są w Obserwatorium Astrogeodynamicznym CBK PAN w Borowcu zaopatrzonym w odpowiednie standardy częstotliwości, tj. atomowe zegary cezowe i maser wodorowy. Do celu transferu czasu i porównań czasu skonstruowano specjalne odbiorniki odbierające sygnały satelitów systemów GPS, GLONASS i Galileo. Laboratorium Czasu w Borowcu uczestniczy w realizacji skali polskiego czasu atomowego opartego na wskazaniach około 20 zegarów atomowych. Prace badawcze tego laboratorium dotyczą również systemu czasu wraz z jego kontrolą dla europejskiego systemu nawigacyjnego Galileo.

Dokładność i wiarygodność pozycjonowania przy użyciu różnych technik pomiarowych GNSS, łącznie z DGPS, DGLONASS i RTK była przedmiotem serii badań kilku zespołów krajowych. Szczególnie cenne wyniki uzyskane przez zespół IGiK dotyczyły możliwości modelowania krótkookresowych zmian w szeregach czasowych rozwiązań GPS dla pojedynczych wektorów.

Zaawansowane badania nad dokładnością i wiarygodnością precyzyjnych pomiarów GNSS są od kilkunastu lat prowadzone przez zespół Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie. Część z nich odnosi się do wykorzystania systemów sieci stacji permanentnych GNSS, a mianowicie badania efektywności i wiarygodności rozwiązań nieoznaczoności w pomiarach RTK wykorzystujących systemy sieci, kalibracji sieci z tytułu niekorzystnej

geometrii położenia ruchomego odbiornika względem stacji odniesienia, stosowania prognozowanego modelu jonosfery w pomiarach RTK o zasięgu do kilkudziesięciu kilometrów, wykorzystania modeli troposfery w precyzyjnym pozycjonowaniu techniką rapid-static w rejonach górskich, a także badania wpływu trudnych warunków na pomiary RTK.

Badania jonosfery w oparciu o obserwacje GNSS prowadzone są w Uniwersytecie Warmińsko-Mazurskim w Olsztynie. Wspólnie z Zachodnim Oddziałem Instytutu Geomagnetyzmu, Jonosfery i Propagacji Fal Radiowych (IZMIRAN) Rosyjskiej Akademii Nauk w Kaliningradzie prowadzone są prace w zakresie monitorowania zawartości elektronów w jonosferze, dynamiki zmian jonosfery, identyfikacji i oceny burz jonosferycznych. Wykorzystywane są w nich dane obserwacyjne GNSS z sieci stacji IGS i EPN. Od 2008 r. decyzją grupy roboczej „Jonosfera" służby IGS funkcję koordynatora produktów jonosferycznych IGS pełni laboratorium geodynamiczne UWM w Olsztynie. Na podstawie map jonosferycznych dostarczanych przez trzy centra analiz laboratorium to opracowuje ostateczny produkt jonosferyczny służby IGS.

Integracja technik obserwacyjnych znajduje coraz szersze zastosowanie w nowoczesnych systemach nawigacyjnych. Prace nad zintegrowanym systemem nawigacyjnym wykorzystującym DGPS wraz z obserwacją fazy oraz tanie urządzenia do pozycjonowania inercyjnego, akcelerometr jednoosiowy, jednoosiowy giroskop i kompas elektroniczny prowadzono w CBK PAN.

4.2.1.4. Ogólna teoria i metodologia

Większość prac badawczych prowadzonych w ośrodkach krajowych w zakresie teorii i metodologii w geodezji dotyczy opracowania obserwacji geodezyjnych metodą najmniejszych kwadratów, teorii estymacji, oceny wiarygodności, wykorzystania uogólnionych macierzy w opracowywaniu danych geodezyjnych. Prace teoretyczne obejmują również modelowanie różnego rodzaju obserwacji, tworzenie uogólnionych modeli deformacji. W szczególności, w Uniwersytecie Warmińsko-Mazurskim w Olsztynie prowadzono badania nad metodą R-estymacji, która umożliwia wykrycie i usunięcie błędów nieprzypadkowych ze zbiorów obserwacji, ocenę różnic parametrów w dwóch funkcjonalnych modelach, a w praktyce do badania stabilności punktów odniesienia. Przedmiotem badań byłą również M-estymacja, którą można stosować do rozkładów asymetrycznych, a następnie jej rozwinięcie - estymacja M_{split}. Metodą najmniejszej absolutnej odchyłki badano dokładność wyników estymacji. Opracowano metodę przesunięć i naprężeń przy użyciu transformacji i swobodnego wyrównania, która umożliwia wyznaczenie przesunięć i naprężeń obiektów inżynierskich w przypadku niestabilnego systemu odniesienia. Opracowano także metodę wyrównania metodą najmniejszych kwadratów na zbiorze liczb całkowitych w intencji wykorzystania jej w opracowaniu nieoznaczoności w obserwacjach GNSS, a następnie zmodyfikowaną metodę wyznaczania nieoznaczoności (PL-National Report to IUGG2011.pdf).

W Politechnice Warszawskiej prowadzono badania dotyczące oceny wiarygodności i wyznaczalności obserwacji odstających oraz analizy jakościowej kwantyfikującej własności wiarygodności.

Z kolei w Uniwersytecie w Zielonej Górze koncentrowano się nad badaniem wykorzystania sieci neuronowych. W szczególności, przedmiotem badań były rozmyte systemy neuronowe oraz zastosowanie sieci neuronowych w rozwiązywaniu zadań geodezyjnych.

4.2.1.5. Geodezja stosowana

Prace badawcze w zakresie geodezji inżynieryjnej oraz zastosowań pomiarów szczegółowych i prowadzone są niemal we wszystkich krajowych ośrodkach badawczych. Dotyczą one głownie zagadnień pomiarowych związanych z zakładaniem osnów realizacyjnych, geodezyjną obsługą inwestycji inżynierskich, monitorowaniem deformacji obiektów inżynierskich, wykorzystaniem nowych technik pomiarowych do rozwiązywania geodezyjnych zagadnień inżynierskich oraz mapowania, a także problematyki dotyczącej metodologii opracowania obserwacji i interpretacji wyników. W szczególności koncentrują się na teoretycznych aspektach geodezyjnych pomiarów inżynieryjnych, wykorzystaniu technik satelitarnych w geodezyjnych pomiarach inżynieryjnych, monitorowaniu konstrukcji znajdujących się pod obciążeniem statycznym i dynamicznym, w szczególności monitorowaniu zagrożeń konstrukcji inżynierskich i budowlanych, pomiarach inżynieryjnych w geotechnice, geodynamice, budownictwie podziemnym i górnictwie, wykorzystaniu teleinformatyki w geodezji inżynieryjnej,

W kilku ośrodkach krajowych prowadzone są także prace badawcze w zakresie katastru. Kierunek tych prac jest zgodny z podjętymi przez FIG działaniami w kierunku reformy systemów katastralnych (Cadastre 2014.pdf). Analizowane są nowoczesne koncepcje katastru. W szczególności badania ukierunkowane są na określenie roli i wizji przyszłych systemów katastralnych z uwzględnieniem wielozadaniowości katastru, określenie związku katastru z gospodarowaniem nieruchomościami oraz zrównoważonym rozwojem, integracja informacji o nieruchomościach, reformy organizacyjne systemów administrowania gruntami, zmiany w zakresie procedur katastralnych. Dotyczą one również doskonalenia procedur gospodarowania nieruchomościami, w tym m.in. w zakresie podziałów nieruchomości, scaleń i podziałów nieruchomości, rozgraniczeń nieruchomości, wywłaszczeń, wyceny nieruchomości, a także trendów w procedurach realizacji scaleń i wymian gruntów uwzględniającymi rozwój wielofunkcyjny obszarów wiejskich i aspekty środowiskowo-krajobrazowe. Badane są możliwości utworzenia katastru wielowymiarowego 3D, a nawet 4D, w którym do aspektu przestrzennego dodany jest również aspekt czasowy, i analizowane są .uwarunkowania jego implementacji w Polsce (Kataster3D.pdf)

4.2.1.6. Metrologia geodezyjna i grawimetryczna

W pomiarach geodezyjnych, grawimetrycznych i magnetycznych konieczne jest zapewnienie odpowiedniej jakości oraz utrzymanie standardów. Znaczącą rolę odgrywają badania w kierunku opracowania metod i procedur kalibracji sprzętu używanego do prac geodezyjnych. Prace badawcze w zakresie metrologii dalmierzy i łat niwelacyjnych prowadzone są w Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie i w Instytucie Geodezji i Kartografii. Prowadzone są także badania nad metodologią kontroli anten GNSS i sprawdzania zestawów antena-odbiornik GNSS, Kalibracji dalmierzy elektromagnetycznych i elektrooptycznych służą zakładane i okresowo wzorcowane długościowe bazy kalibracyjne. Z kolei kalibrację precyzyjnych kodowych łat niwelacyjnych wykonuje się w specjalnie do tego przystosowanych laboratoriach. Problematyka metrologiczna zajmuje znaczące miejsce w

pracach związanych z precyzyjnymi pomiarami grawimetrycznymi. Grawimetry względne używane do takich prac wymagają odpowiedniej kalibracji. Dokonuje się jej według opracowanych procedur na okresowo wzorcowanych grawimetrycznych bazach kalibracyjnych lub w szczególnych wypadkach w warunkach laboratoryjnych. Badania metrologiczne w zakresie kalibracji grawimetrów względnych prowadzone są w Instytucie Geodezji i Kartografii i w Politechnice Warszawskiej. W obu tych instytucjach prowadzi się również zawansowane badania z zakresu metrologii grawimetrii balistycznej, w szczególności w odniesieniu do grawimetrów FG5-230 i A10-020. W przypadku absolutnych pomiarów grawimetrycznych, jakie wykonywane są przy użyciu grawimetrów balistycznych, rolę wyrównania spełniają odpowiednio przeprowadzone prace metrologiczne.

4.2.2. Ośrodki naukowe

Listę ośrodków naukowych związanych z geodezją oparto na przygotowanym dla Komitetu Geodezji Polskiej Akademii Nauk (2009) raporcie Ocena stanu dyscypliny-synteza5.pdf po uaktualnieniu korzystając z odpowiednich stron internetowych.

1. Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Geodezji Górniczej i Inżynierii Środowiska
   - Katedra Geodezji Inżynieryjnej i Budownictwa

     (geodezja inżynieryjna, metrologia geodezyjna)
   - Katedra Geomatyki

     (techniki pozycjonowania i ich zastosowania, systemy katastralne)
   - Katedra Ochrony Terenów Górniczych, Geoinformatyki i Geodezji Górniczej

     (geodezja inżynieryjna, geodezja górnicza)
2. Centrum Badań Kosmicznych PAN
   - Zakład Geodezji Planetarnej (wraz z Obserwatorium Astrogeodynamicznym w Borowcu)

     (systemy i układy odniesienia oraz osnowy geodezyjne, techniki pozycjonowania i ich zastosowania, teoria i metodologia)
3. Instytut Geodezji i Kartografii
   - Centrum Geodezji i Geodynamiki (wraz z Obserwatorium Geodezyjno-Geofizycznym IGiK – Borowa Góra pod Warszawą

     (systemy i układy odniesienia oraz podstawowe osnowy geodezyjne, wysokościowe, grawimetryczne i magnetyczne, modelowanie pola grawitacyjnego Ziemi i grawimetria, techniki pozycjonowania i ich zastosowania, teoria i metodologia, geodezja inżynieryjna, metrologia geodezyjna i grawimetryczna)
   - Zakład Systemów Informacji Przestrzennej i Katastru

     (systemy katastralne)
4. Politechnika Białostocka, Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska
   - Zakład Informacji Przestrzennej

(geodezja stosowana, systemy katastralne)

5. Politechnika Gdańska, Wydział Inżynierii Lądowej i Środowiska
   - Katedra Geodezji

     (geodezja stosowana)

6. Politechnika Koszalińska, Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska
   - Katedra Geodezji

     (teoria i metodologia, geodezja stosowana)

   - Katedra Geoinformatyki

     (systemy katastralne)

7. Politechnika Krakowska, Wydział Inżynierii Środowiska
   - Zakład Geodezji i Geologii Inżynierskiej

     (geodezja stosowana)

8. Politechnika Łódzka, Wydział Budownictwa, Architektury i Inżynierii Środowiska
   - Katedra Geodezji, Kartografii Środowiska i Geometrii Wykreślnej

     (geodezja stosowana)

9. Politechnika Poznańska, Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska
   - Zakład Geodezji

     (geodezja stosowana)

10. Politechnika Rzeszowska, Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska i Architektury
    - Katedra Geodezji i Geotechniki - im. Kaspra Weigla

      (systemy i układy odniesienia oraz osnowy geodezyjne, techniki pozycjonowania i ich zastosowania, teoria i metodologia, geodezja stosowana)

11. Politechnika Śląska, Wydział Górnictwa i Geologii
    - Zakład Geodezji i Ochrony Terenów Górniczych

      (geodezja górnicza)

12. Politechnika Warszawska, Wydział Geodezji i Kartografii
    - Katedra Geodezji i Astronomii Geodezyjnej (wraz z Obserwatorium Astronomiczno-Geodezyjne PW w Józefosławiu pod Warszawą)

      (systemy i układy odniesienia oraz podstawowe osnowy geodezyjne i grawimetryczne, modelowanie pola grawitacyjnego Ziemi i grawimetria, techniki pozycjonowania i ich zastosowania, teoria i metodologia, metrologia grawimetryczna)

    - Katedra Geodezji Inżynieryjnej i Systemów Pomiarowo-Kontrolnych

      (teoria i metodologia, geodezja stosowana)

- Zakład Katastru i Gospodarki Nieruchomościami
  (systemy katastralne)

13. Politechnika Warszawska, Wydział Inżynierii Lądowej
    - Zespół Inżynierskich Pomiarów Geodezyjnych
      (geodezja stosowana)
14. Politechnika Wrocławska, Wydział Geoinżynierii, Górnictwa i Geologii
    - Zakład Geodezji i Geoinformatyki
      (geodezja stosowana)
15. Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego, Wydział Leśny
    - Katedra Urządzania Lasu, Geomatyki i Ekonomiki Leśnictwa
      (geodezja stosowana)
16. Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, Wydział Melioracji i Inżynierii Środowiska
    - Instytut Melioracji, Kształtowania Środowiska i Geodezji
      (geodezja stosowana)
17. Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Wydział Inżynierii, Kształtowania Środowiska i Geodezji
    - Instytut Geodezji i Geoinformatyki
      (systemy i układy odniesienia oraz podstawowe osnowy geodezyjne techniki pozycjonowania i ich zastosowania, teoria i metodologia, geodezja stosowana)
18. Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja (dawna Akademia Rolnicza) w Krakowie, Wydział Inżynierii Środowiska i Geodezji
    - Katedra Geodezji
      (systemy i układy odniesienia oraz podstawowe osnowy geodezyjne techniki pozycjonowania i ich zastosowania, teoria i metodologia, geodezja stosowana)
    - Katedra Geodezji Rolnej, Katastru i Fotogrametrii
      (geodezja stosowana, systemy katastralne)
19. Uniwersytet Techniczno - Przyrodniczy w Bydgoszczy, Wydział Budownictwa, Architektury i Inżynierii Środowiska
    - Katedra Geomatyki, Geodezji i Gospodarki Przestrzennej
      (geodezja stosowana)
20. Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, Wydział Geodezji i Gospodarki Przestrzennej
    - Instytut Geodezji (wraz z Obserwatorium Satelitarnym w Lamkówku pod Olsztynem)

(systemy i układy odniesienia oraz podstawowe osnowy geodezyjne i wysokościowe, techniki pozycjonowania i ich zastosowania, teoria i metodologia, geodezja stosowana)

- Katedra Geodezji Satelitarnej i Nawigacji

  (modelowanie pola grawitacyjnego Ziemi, techniki pozycjonowania i ich zastosowania)

- Katedra Geodezji Szczegółowej

  (modelowanie pola grawitacyjnego Ziemi, geodezja stosowana)

- Katedra Katastru i Zarządzania Przestrzenią

  (systemy katastralne)

21. Uniwersytet Zielonogórski, Wydział Inżynierii Lądowej i Środowiska
    - Zakład Geotechniki i Geodezji

      (teoria i metodologia, geodezja stosowana)

22. Wojskowa Akademia Techniczna, Wydział Inżynierii Lądowej i Geodezji
    - Instytut Geodezji

      (systemy i układy odniesienia oraz osnowy podstawowe, modelowanie pola grawitacyjnego Ziemi, techniki pozycjonowania i ich zastosowania, teoria i metodologia, geodezja stosowana)

4.2.3. Związki z geoinformacją

Związki geodezji z geoinformacją wynikają z podstawowej praktycznej roli geodezji, za którą uważa się tworzenie map, z czym związane jest zakładanie osnów geodezyjnych i wyznaczanie pozycji punktów odniesienia dla celów kartowania. W pierwszej kolejności dotyczą one pozyskiwania danych oraz oceny ich jakości. Istotną rolę odgrywa określenie odpowiednich standardów i realizacja układów odniesienia dla pozyskanych danych oraz relacji między tymi układami, które w postaci wzorów transformacyjnych umożliwiają przejście od układu do układu. Pozyskiwane dane wraz z dodatkowymi informacjami rozszerzającymi możliwości ich przetwarzania umieszczane są w bazach danych. Z uwagi na specyfikę rodzajów danych oddzielnie tworzone są bazy danych geodezyjnych, grawimetrycznych i magnetycznych. Do kolejnych związków geodezji z geoinformacją należy zaliczyć geowizualizację danych, w szczególności grawimetrycznych i magnetycznych, ale również danych na różnym poziomie przetworzenia, np. deformacji. Wreszcie, szczególnym przypadkiem przetworzonych danych do wykorzystania w geoinformacji są różnego rodzaju modele. Przykładami takich modeli są modele geopotencjału i modele pola magnetycznego Ziemi, które są wykorzystywane do obliczenia dowolnych parametrów tych pól w dowolnym punkcie przestrzeni, modele jonosfery i troposfery umożliwiające precyzyjne pozycjonowanie w czasie rzeczywistym przy użyciu globalnych systemów nawigacyjnych, a także modele terenu znajdujące zastosowanie w licznych pracach badawczych i aplikacyjnych.

4.2.4. Kompetencje zawodowe (zawód wyuczony)

Absolwent powinien posiadać wiedzę w zakresie globalnych systemów i układów odniesienia, modelowania kształtu i własności fizycznych Ziemi, zakładania, zarządzania i konserwacji osnów podstawowych. Powinien również posiadać umiejętność posługiwania się układami współrzędnych stosowanymi w geodezji, astronomii i nawigacji, umiejętność posługiwania się nowoczesnymi technikami pomiarów geodezyjnych, grawimetrycznych i satelitarnych, metodami opracowywania obserwacji i oceny ich jakości, a także umiejętność wykorzystania wyników tych pomiarów.

Zgodnie ze Strategią Rozwoju Wydziału Geodezji i Kartografii Politechniki Warszawskiej do roku 2020 (Strategia, 2012), absolwent drugiego stopnia studiów stacjonarnych kierunku geodezja i kartografia, specjalności Geodezja i Nawigacja Satelitarna „potrafi zarządzać systemami aktywnych stacji nawigacji satelitarnej dla potrzeb gospodarczych oraz potrzeb związanych z zarządzaniem kryzysowym”.

4.3. Światowe trendy rozwoju geodezji

4.3.1. Ogólna teoria i metodologia

Doskonaleniu technik pozyskiwania danych geodezyjnych nierozerwalnie towarzyszy postęp w opisie obserwowanych zjawisk i wielkości i metodologii opracowania gromadzonych obserwacji. Wykorzystanie danych charakteryzujących się nową jakością w aspekcie dokładności, a często także rozdzielczości przestrzennej i czasowej wymaga odpowiednich badań teoretycznych rozszerzających wiedzę w danym zakresie. Z uwagi na szerokie spektrum zagadnień objętych działalnością geodezyjną badania w zakresie teorii i metodologii w geodezji będą dotyczyły dużej mnogości problemów. Wśród nich należałoby wymienić następujące: teoria, implementacja i ewaluacja geodezyjnych układów odniesienia; jakość sieci geodezyjnych i wielosensorowych systemów geodezyjnych; koncepcje i wykorzystanie misji kosmicznych dedykowanych badaniu systemu Ziemia; globalnej optymizacji w geodezji i w ogólności w naukach o Ziemi; zagadnienia teoretyczne związane z gradiometrią satelitarną; wykorzystanie techniki InSAR w badaniach tektonofizycznych; zmiany czasowe deformacji Ziemi i jej pola siły ciężkości; teoria, metody obliczeniowe i walidacja modeli geoidy o centymetrowej dokładności; wykorzystanie szeregów czasowych w geodezji.

4.3.2. Systemy i układy odniesienia oraz osnowy podstawowe

Problematyka systemów i układów odniesienia, która jest nierozerwalnie związana z wszystkimi dziedzinami geodezji, stanowi przedmiot intensywnych badań międzynarodowych grup naukowych (2011-Travaux_Commission_1.pdf). Rozwój naziemnych i kosmicznych technik obserwacyjnych i ich rosnąca dokładność, a jednocześnie wzrost oczekiwań, powodują potrzebę prowadzenia prac badawczych w kierunku dalszego rozwoju teorii systemów odniesienia, a następnie ich implementacji w różnych dziedzinach nauk o Ziemi.

Badania będą obejmowały definicje, zagadnienia koncepcyjne, modele oraz zagadnienia związane z zakładaniem, utrzymaniem oraz doskonaleniem układów odniesienia w skalach

globalnej, regionalnej i lokalnej, ich integracji, a także opracowywaniem narzędzi i procedur do oceny jakości tych układów. Szczególną rolę przypisuje się współpracy międzynarodowej odpowiednich służb Międzynarodowej Asocjacji Geodezji (IAG) oraz krajowych służb i agencji geodezyjnych w zakresie definiowania i wdrażania sieci naziemnych obserwatoriów geodezyjnych posługujących się kosmicznymi technikami obserwacyjnymi, które zapewniają ciągły monitoring systemu Ziemia niezbędny do realizacji globalnych systemów odniesienia oraz określania ich relacji z systemami regionalnymi. Współpraca ta dotyczy także badań teoretycznych oraz koordynacji obserwacji astrometrycznych wykorzystywanych do realizacji układów odniesienia, doskonalenia modeli i standardów wykorzystywanych w strategiach ich opracowania. Badania te odnoszą się między innymi do precyzyjnego wyznaczania orbit i definicji układów odniesienia, modelowania obciążeń środowiskowych (np. atmosfera, oceany) przy pozycjonowaniu, w szczególności w realizacji układu odniesienia.

Szeroki wachlarz badań w tym zakresie przewidziany jest w najbliższej przyszłości w ramach koordynowanego przez IAG Globalnego Geodezyjnego Systemu Odniesienia GGOS, którego zadaniem jest opracowanie narzędzi, zunifikowanych strategii, standardów, procedur i algorytmów służących do jednolitego, łącznego opracowania obserwacji z różnych technik, a następne dostarczania do wykorzystania przedstawicielom nauk o Ziemi jednoznacznych rozwiązań.

W zakresie globalnych systemów odniesienia prowadzone będą prace nad doskonaleniem opisu matematycznego i parametryzacji relacji między systemami niebieskim i ziemskim. Przedmiotem badań będą transformacje między coraz doskonalszymi realizacjami ziemskiego systemu odniesienia.

Szczególne miejsce w pracach badawczych w tematyce systemów odniesienia zajmują systemy wysokościowe. Prace nad zdefiniowaniem i założeniem globalnego wysokościowego systemu odniesienia, a następnie nad określeniem relacji między tym systemem a systemami regionalnymi i krajowymi, zapoczątkowane przed z górą 10 laty trwają i będą jeszcze trwały. Prowadzone są one przez grupy powołane przez IAG. Geoida/quasigeoida niwelacyjna przestaje być powoli używana jako powierzchnia odniesienia dla wysokości. Z uwagi na koszty w utrzymaniu oraz niezadowalającą dokładność zostaje ona zastąpiona geoidą/quasigeoidą grawimetryczną wyznaczoną przy wykorzystaniu danych grawimetrycznych z misji satelitarnych oraz danych naziemnych. Przykładem kraju, który dokonał odpowiedniej redefinicji wysokościowego systemu odniesienia jest Kanada. Za kilka lat podobna zmiana nastąpi w USA. Każda taka operacja wymaga wnikliwych, długotrwałych badań i zaangażowania odpowiednich zespołów specjalistów.

Istotne zmiany zachodzą i dalej będą zachodziły w zakresie definiowania, określania standardów i realizacji podstawowych osnów grawimetrycznych. Podobnie jak ma to obecnie miejsce w Polsce, gdzie modernizowana osnowa grawimetryczna będzie należała do najnowocześniejszych w świecie, osnowy grawimetryczne będą oparte w przeważającej mierze, a w dalszej przyszłości wyłącznie, o absolutne pomiary grawimetryczne. Stąd główny front badań będzie dotyczył zagadnień instrumentalnych, niezbędnych do oceny jakości osnowy i jej relacji z sąsiednimi osnowami grawimetrycznymi. Badania te będą związane z doskonaleniem modelowania i opracowania obserwacji. Modernizacja osnów grawimetrycznych umożliwi ujednolicenie naziemnych danych grawimetrycznych zarówno w sensie grawimetrycznego poziomu odniesienia, jak i jednostki grawimetrycznej.

W przypadku osnów magnetycznych nie przewiduje się ani zmian koncepcyjnych, ani strukturalnych. Systematycznie i konsekwentnie będą natomiast prowadzone badania zmian wiekowych pola magnetycznego Ziemi, wymagające ich regularnego monitoringu. Odnosi się to głównie do rejonów o znaczących anomaliach magnetycznych.

Należy oczekiwać, że coraz większego znaczenia będą nabierać wielofunkcyjne osnowy podstawowe. Stacje osnów wielofunkcyjnych (GNSS, niwelacja, grawimetria, magnetyzm ziemski), podobnie jak stacje służb IAG dysponujące kilkoma technikami obserwacyjnymi (np. GNSS, DORIS, SLR, VLBI), umożliwiają powiązanie różnych systemów obserwacyjnych i wyznaczenie błędów systematycznych między systemami, ale także wiarygodną interpretację wyników gromadzonych obserwacji.

4.3.3. Modelowanie pola grawitacyjnego Ziemi i grawimetria

Geometria Ziemi jest nierozłącznie powiązana z jej fizyką, w szczególności z polem siły ciężkości (2011-Travaux_Commission_2.pdf). Modelowanie pola grawitacyjnego Ziemi odbywa się w oparciu o obserwacje grawimetryczne. Wiele jest jeszcze obszarów powierzchni Ziemi niedostatecznie pokrytych danymi grawimetrycznymi, co utrudnia prowadzenie badań pola grawitacyjnego. Wszelkie nowe dane grawimetryczne pochodzące z obserwacji naziemnych, morskich lub lotniczych przyczyniają się do doskonalenia modeli pola grawitacyjnego Ziemi. Gromadzenie wszelkiego rodzaju danych grawimetrycznych pozostaje w gestii Międzynarodowego Biura Grawimetrycznego (International Gravimetric Bureau – BGI) Międzynarodowej Asocjacji Geodezji.

Przedmiotem badań jest doskonalenie technik pomiaru przyspieszenia siły ciężkości i metod opracowania wyników obserwacji. Największy front badań w tym zakresie dotyczy grawimetrii lotniczej, która umożliwia jednolite, gęste pokrycie danymi grawimetrycznymi dużego obszaru w najkrótszym czasie, najniższym kosztem i z zadowalającą dla większości użytkowników dokładnością.

Szczególne zainteresowanie badaczy koncentruje się na rozwijającej się technice absolutnego pomiaru przyspieszenia siły ciężkości, która w ostatnim dziesięcioleciu z pomiarów laboratoryjnych została rozszerzona do pomiarów na punktach terenowych. Absolutne pomiary grawimetryczne na stacjach w terenie wprowadzają nową jakość do grawimetrii, którą trzeba będzie dokładnie określić i wykorzystać. Regionalne modele pływów litosferycznych stosowane do opracowania tych obserwacji wymagają doskonalenia. Również problem wpływu zmian hydrologicznych na zmiany przyspieszenia ziemskiego zarówno w skali regionalnej, jak i lokalnej wymaga dogłębnych badań.

Co więcej, wyniki eksperymentów prowadzonych od kilku lat nad atomowymi grawimetrami absolutnymi są bardzo obiecujące. Można oczekiwać, iż za kilkanaście lat będą dostępne przenośne atomowe grawimetry absolutne przystosowane nie tylko do statycznych pomiarów terenowych na wzór pomiarów wykonywanych grawimetrem A10, ale również do pomiarów kinematycznych, tj. w ruchu, na pokładzie pojazdów naziemnych, pływających lub nawet latających. Atomowa grawimetria absolutna stanowi otwarte wyzwanie dla szerokiego grona badaczy.

W modelowaniu pola grawitacyjnego Ziemi coraz większą rolę będą odgrywały grawimetryczne misje satelitarne (Varga, 1999). Kolejne sukcesy misji CHAMP, GRACE i

GOCE przeprowadzonych w ostatnich 14 latach wykazały bezprecedensową wartość zgromadzonych w ich trakcie danych dla doskonalenia globalnych modeli geopotencjału i wskazały na konieczność ich kontynuacji. Dane z misji GRACE stały się dodatkowo źródłem informacji o transporcie mas w systemie Ziemia umożliwiających określanie interakcji między ośrodkami stałym, ciekłym i gazowym tego systemu, w szczególności zaś monitorowanie zmian w czasie pola grawitacyjnego Ziemi, a co za tym idzie – zmian w czasie figury Ziemi, tj. geoidy. W najbliższych latach badania w tym zakresie będą się koncentrowały na opracowywaniu koncepcji nowych satelitarnych misji grawimetrycznych, doskonaleniu satelitarnych technologii pomiaru sygnału grawimetrycznego, modelowania i metod opracowania obserwacji ze szczególnym uwzględnieniem metodyki filtracji, ewaluacji i walidacji modeli, w szczególności z wykorzystaniem absolutnych wyznaczeń przyspieszenia siły ciężkości, wzajemnej korelacji zmiennych w czasie modeli geopotencjału z modelami hydrologicznymi, modelowaniu i predykcji zmian geoidy w czasie z rosnącą rozdzielczością czasową i przestrzenną i w konsekwencji definiowaniem nowoczesnego, kinematycznego systemu odniesienia wysokościowego.

Dane obserwacyjne altimetrii satelitarnej dostarczane od ponad 30 lat znajdują zastosowanie w badaniu dynamiki oceanów oraz związanych z tym efektów klimatycznych i jednocześnie uzupełniają pozyskiwaną z obserwacji naziemnych informację grawimetryczną wykorzystywaną do opracowywania globalnych modeli geopotencjału. Nową jakość danych altimetrycznych uzyskuje się dzięki doskonalonym technikom radarowym i wprowadzeniu technologii laserowych. Umożliwiają one już nie tylko pomiar odległości satelity od powierzchni Ziemi stałej, ale również penetrację czap lodowcowych. Doskonalenie metodyki modelowania i opracowania danych altimetrycznych oraz ponownego opracowywania archiwalnych obserwacji altimetrycznych gromadzonych przez Międzynarodową Służbę Altimetryczną (International Altimetry Service – IAS) Międzynarodowej Asocjacji Geodezji stanowi obecnie przedmiot badań zespołów naukowych.

Ostatnie lata, głównie dzięki napływającym danym z satelitarnych misji grawimetrycznych, obfitują w opracowywane coraz dokładniejsze globalne modele geopotencjału. Ich systematyzowanie oraz udostępnianie wraz z pakietem aplikacji niezwykle przydatnych w pracach badawczych, a także w implementacji modeli zostało powierzone Międzynarodowemu Centrum Globalnych Modeli Ziemi (International Centre for Global Earth Models – ICGEM) utworzonego przez Międzynarodową Asocjację Geodezji. Przełomową rolę w badaniach związanych z modelowaniem pola siły ciężkości odegrał globalny model geopotencjału EGM2008 (2190, 2190) o rozdzielczości 8 km. Prowadzone obecnie przez kilka ośrodków prace badawcze nad nowymi, dokładniejszymi modelami o rosnącej rozdzielczości przestrzennej i czasowej będą kontynuowane.

Coraz bardziej doskonalone globalne modele geopotencjału dostarczają coraz lepszych globalnych modeli geoidy grawimetrycznej. Wyraźny postęp następuje również w modelowaniu geoidy grawimetrycznej w skalach regionalnej i lokalnej. Badania w tym zakresie prowadzone są na wszystkich kontynentach. Już obecnie, kraje posiadające odpowiednie pokrycie danymi grawimetrycznymi mogą się legitymować modelem geoidy o dokładności kilku centymetrów. Uzyskanie modelu centymetrowej, a w dalszej kolejności subcentymetrowej geoidy staje się celem podjętych już badań w międzynarodowym środowisku naukowym. Wspierane są one przez Międzynarodową Służbę Geoidy (International Geoid Service - IGeS) Międzynarodowej Asocjacji Geodezji, która dostarcza stale uaktualnianych pakietów programów obliczeniowych wraz z niezbędnymi aplikacjami.

Badania będą w dużej mierze skoncentrowane na pracach teoretycznych związanych z doskonaleniem modeli geoidy oraz modelowaniem efektów dotychczas uznawanych jako zaniedbywalnie małe, a także bardziej rygorystycznego określenia kryteriów jednorodności danych grawimetrycznych i ich unifikacji. Istotnym przedmiotem badań będzie opracowanie metodyki oraz utworzenie odpowiednich narzędzi do oceny jakości tworzonych modeli geoidy uwzględniających wysokie wymagania dokładnościowe. Badania czasowych zmian geoidy grawimetrycznej staną się podobną rutyną, jaką stały się uznane od ponad stu lat badania ruchu bieguna ziemskiego.

Nowa jakość modeli pola grawitacyjnego Ziemi stwarza możliwość dokładniejszego modelowania i wyznaczania orbit satelitów, co ma szczególne znaczenie w przypadku niskich satelitów, do których zaliczają się satelity misji grawimetrycznych. Badania w tym zakresie wsparte doskonaleniem modeli obserwacji satelity z satelity i satelitarnych obserwacji gradiometrycznych umożliwią poprawę jakości produktów dostarczanych z tych misji.

4.3.4. Techniki pozycjonowania i ich zastosowania

Zarówno naziemne, jak i satelitarne techniki pozycjonowania podlegają ciągłemu rozwojowi (2011-Travaux_Commission_4.pdf). Dotyczy to szczególnie globalnych systemów nawigacji satelitarnej GNSS. Z jednej strony pojawiają się nowe systemy; obecnie obok amerykańskiego GPS i rosyjskiego GLONASS w stadium rozwoju są europejski system Galileo, chiński BeiDou Compass, japoński QZSS, indyjski IRNSS. Z drugiej strony, w istniejących systemach ulepszane są sygnały nawigacyjne wykorzystywane do pozycjonowania oraz uruchamiane są nowe sygnały. Otwierają się zatem nowe możliwości wykorzystania tych sygnałów, w szczególności w bardziej dokładnym i wiarygodnym pozycjonowaniu, stwarzając tym samym szerokie możliwości badawcze. Ogromną rolę w tym zakresie odgrywa Międzynarodowa Służba GNSS (International GNSS Service – IGS) Międzynarodowej Asocjacji Geodezji, opierająca się na aktywnej działalności licznych ośrodków badawczych, w tym także z Polski, oraz agencji geodezyjnych. Dzięki działalności IGS i dostarczanym przez tę służbę produktom powstały warunki do uzyskiwania bardzo wysokiej dokładności pozycjonowania przy użyciu systemu nawigacyjnego GPS. Globalny system nawigacyjny stał się nie tylko narzędziem pomiarowym geodezji w skalach globalnej i regionalnej, ale również znalazł tak szerokie zastosowanie w praktycznych geodezyjnych pomiarach inżynierskich, wypierając w znacznym stopniu klasyczne metody pomiarowe.

Wśród długiej listy zagadnień badawczych podejmowanych przez naukowe ośrodki geodezyjne w zakresie GNSS na podkreślenie zasługują: łączne opracowywanie obserwacji z różnych systemów nawigacji satelitarnej GNSS (GGOS2020_REF_DOC_V0.18.pdf); doskonalenie modelowania obserwacji GNSS; wykorzystanie pasywnych i aktywnych trójwymiarowych sieci GNSS ze szczególnym uwzględnieniem monitorowania deformacji; wykorzystanie GNSS w transferze czasu; wykorzystanie GNSS misjach kosmicznych; wykorzystanie GNSS w systemach multisensorowych, w tym w mobilnych systemach mapowania; nowe zastosowania pozycjonowania GNSS w pomiarach inżynierskich, nawigacji i teledetekcji; nowe obszary zastosowań GNSS. Będą kontynuowane i rozwijane badania troposfery i jonosfery wykonywane przy użyciu obserwacji GNSS ze stacji naziemnych oraz satelitarnych. Należy podkreślić, że uzyskiwane w ich wyniku modele obok zastosowania w meteorologii umożliwiają dokładniejsze wyznaczanie pozycji z obserwacji

GNSS. Na szczególną uwagę zasługują prowadzone od kilkunastu lat badania nad precyzyjnym pozycjonowaniem GNSS w czasie rzeczywistym. Już obecnie technika Precise Point Positioning (PPP) umożliwia w niektórych rejonach o odpowiednio zagęszczonej sieci stacji referencyjnych pozycjonowanie w czasie rzeczywistym z dokładnością na poziomie decymetra. Przy użyciu pojedynczego odbiornika GNSS techniką PPP wyznaczana jest w czasie rzeczywistym pozycja stacji. Jest to pomiar absolutny, w przeciwieństwie do pomiarów względnych stosowanych w większości pomiarów geodezyjnych. Podobnie jak w przypadku pomiarów absolutnych przyspieszenia siły ciężkości w grawimetrii, wdrożenie pomiarów PPP w geodezji i jej zastosowaniach będzie przedmiotem intensywnych badań i rozwoju.

Spodziewany jest dalszy rozwój radarowych i laserowych technik pozycjonowania. W szczególności dotyczy to technik interferometrycznych. Jednym z produktów satelitarnych misji obrazowania Ziemi przy zastosowaniu tych technik, który znajduje coraz szersze zastosowanie w pracach badawczych i opracowaniach inżynierskich w geodezji jest numeryczny model terenu. Systematyzowanie numerycznych modeli terenu oraz ich udostępnianie wraz z pakietem aplikacji zostało powierzone Międzynarodowej Służbie Numerycznych Modeli Terenu (International Digital Elevation Model Service - IDEMS) utworzonej przez Międzynarodową Asocjację Geodezji.

4.3.5. Geodezja stosowana

Wśród zagadnień badawczych w dziedzinie geodezji stosowanej znajdzie się problematyka geodezji inżynieryjnej związana z adaptacją nowych układów odniesienia dla celów pomiarów inżynieryjnych, rozszerzeniem zastosowań nowych technik pomiarowych, w szczególności multi-GNSS i Precise Point Positioning, doskonaleniem i upowszechnianiem systemów wczesnego ostrzegania, a także problematyka katastru związana z modelowaniem katastru wielozadaniowego, modelowaniem katastru wielowymiarowego (3D, 4D) oraz integrowanie informacji o nieruchomościach (Cadastre 2014.pdf; Cadastre 2014 and Beyond.pdf). W zakresie geodezji inżynieryjnej należy się spodziewać dalszych badań w kierunku automatyzacji pomiarów i opracowania danych oraz kinematycznych systemów pomiarowych. Przedmiotem dalszych badań będzie doskonalenie i wdrażanie metody skaningu laserowego.

4.3.6. Metrologia geodezyjna i grawimetryczna

Użytkownicy opracowań geodezyjnych, grawimetrycznych i magnetycznych oczekują od zamieszczonych w nich wynikach spełnienia wymagań dokładnościowych oraz zachowania odpowiednich standardów. W tym celu stosowane są procedury metrologiczne określane w wyniku prac badawczych, które w szczególności dotyczą opracowania metod i procedur kalibracji sprzętu pomiarowego, a w przypadku pomiarów typu absolutnego – charakterystyki relacji między pomierzonymi wielkościami oraz oceny dokładności wielkości obserwowanych. Prace badawcze w zakresie metrologii klasycznego sprzętu geodezyjnego wymagają kontynuacji. W szczególności badania będą dotyczyły urządzeń pomiarowych GNSS. Nie można nie zauważyć jednak, że pomiary absolutne będą odgrywały dominującą rolę i będą wypierały pomiary różnicowe. Rutynowo, w sposób absolutny mierzone są składowe wektora natężenia pola magnetycznego Ziemi. Absolutne pomiary przyspieszenia siły ciężkości już dziś stanowią podstawy trzon pomiarów grawimetrycznych. Technika PPP pomiarów GNSS

dostarczy absolutnej pozycji stacji obserwacyjnej, a w powiązaniu z dokładnym modelem geoidy grawimetrycznej przyjętej jako powierzchni odniesienia wysokościowego – absolutnej wysokości. W związku z powyższym pojawia się szereg nowych problemów metrologicznych wymagających rozwiązania. Wśród nich nie zabraknie miejsca dla opracowań dotyczących przepisów i standardów dopasowanych do stosowanych technologii pomiarowych.

4.4. Wnioski dotyczące wpływu rozwoju geodezji na zmiany w zakresie kompetencji zawodowych

Na przestrzeni kilku ostatniego półwiecza precyzja pomiarów geodezyjnych uległa zwiększeniu o trzy rzędy wielkości. Dokładność określenia pozycji punktów podstawowych osnów geodezyjnych z 10^{-6}-10^{-5} wzrosła do 10^{-9}-10^{-8}. Podobny postęp w precyzji pomiarów nastąpił w grawimetrii. Pomiaru przyspieszenia siły ciężkości dokonuje się obecnie na poziomie dokładności dziesiątków nanogali (1nGal = 10^{-11} ms^{-2}).

Materiał obserwacyjny uzyskany z obserwacji satelitarnych umożliwił określenie figury Ziemi z niespotykaną dotychczas dokładnością. Powstały globalne, systematycznie ulepszane modele pola grawitacyjnego Ziemi, poczynając od globalnych wyznaczeń na początku lat 60-tych XX wieku spłaszczenia Ziemi (rozdzielczość 10 000 km) na podstawie analizy obserwacji pierwszych satelitów Ziemi, do współczesnych modeli o rozdzielczości dziesięciu kilometrów. Globalny model geoidy znany jest z kilkudecymetrową dokładnością na obszarach kontynentalnych (w niektórych rejonach kilkucentymetrową) oraz z sub-decymetrową dokładnością na obszarach oceanicznych. Środek mas Ziemi wyznaczony jest z błędem na poziomie centymetra. Znaczący postęp daje się zauważyć w dokładności określenia fizycznej i geometrycznej skali sieci geodezyjnych i wyznaczanej figury Ziemi.

Wzrost precyzji i rozdzielczości czasowo-przestrzennej obserwacji wykorzystywanych w geodezji stały się stymulatorami rozwoju badań naukowych prowadzących do tworzenia nowych, bardziej rozwiniętych modeli matematycznych obserwowanych wielkości fizycznych, a także do udoskonalenia definicji i parametryzacji układów odniesienia. Poprzez pozycyjne pomiary satelitarne, stosowane początkowo do zadań geodezyjnych o charakterze globalnym i regionalnym, geodezja trójwymiarowa przeniknęła gwałtownie do szeroko pojętej praktyki geodezyjnej. Metody analizy obserwacji wywodzące się z teorii sygnałów, a w szczególności metody filtracji błędów znalazły na stałe miejsce w geodezji. Rozwiązywanie problemów doskonalenia geoidy, nurtujących do niedawna wąskie zaledwie naukowe grupy geodezyjne, znalazło, poprzez upowszechnienie satelitarnych technik pomiarowych, poparcie ze strony społeczności geodezyjnej zaangażowanej w wykonawstwo geodezyjne. Sposoby zakładania osnów geodezyjnych i grawimetrycznych oraz ich rola uległy istotnym modyfikacjom. Co więcej, szereg elementów geodezji stało się integralną częścią burzliwie rozwijających się systemów geoinformatycznych. Dostępność satelitarnych systemów pozycjonowania, prostota obsługi instrumentów przeznaczonych do wyznaczania pozycji, a także wysoki stopień automatyzacji programów obliczeniowych stworzyły sytuację, w której do wyznaczenia pozycji obiektu przestaje być potrzebny wysoko kwalifikowany profesjonalista. Wiele prac w przeszłości powierzanych wyłącznie geodetom, coraz częściej wykonywane jest przez operatorów nie posiadających wykształcenia geodezyjnego. Precyzja, efektywność, niezawodność i niezależność satelitarnych technik wyznaczania pozycji powodują, iż granica rozdzielająca sfery zainteresowań geodezji i nawigacji ulega

zatarciu. Próby zmierzające do nadania zawodowi geodety form dopasowanych do potrzeb rynkowych materializowały się w ostatnim dwudziestoleciu w postaci radykalnych zmian w programach studiów wielu czołowych geodezyjnych ośrodków uniwersyteckich świata, w których przedmioty geodezyjne stały się elementem wykształcenia geoinformatycznego, u podstaw którego leży pozyskiwanie, przetwarzanie i zarządzanie danymi geodezyjnymi.

Obserwowany w ostatnich kilkudziesięciu latach rozwój geodezji nie jest zjawiskiem jednorazowym. Praktycznie, co kilka lat mamy do czynienia z dającym się wyraźnie sprecyzować etapem rozwoju geodezji. Zmiany w zakresie kompetencji zawodowych geodety powinny zatem następować sukcesywnie wraz z rozwojem geodezji.

4.5. Przewidywany rozwój kształcenia w zakresie geodezji

Z trendów rozwoju geodezji jednoznacznie wynika potrzeba wzbogacenia programu dydaktycznego w procesie kształcenia w zakresie geodezji. Dodatkowo należałoby wprowadzić zmiany w programach dydaktycznych innych przedmiotów. Wprowadzenie kinematycznych układów odniesienia w miejsce stosowanych dotychczas układów statycznych wiąże się z koniecznością zmian w programach nauczania matematyki, fizyki i metod opracowywania danych. W tych samych przedmiotach, ze szczególnym uwzględnieniem statystyki i teorii sygnałów, należałoby wzbogacić program dydaktyczny z uwagi na nowe, lub rozwijające się technologie pomiarowe. Wzbogacenie programów dydaktycznych w zakresie zarówno metod opracowywania danych, jak i programowania będzie konieczne z uwagi nie tylko na rosnące możliwości obliczeniowe, ale też na rosnące wymagania dokładnościowe. Nowe technologie pozyskiwania danych, wzrost dokładności obserwacji i związana z tym konieczność tworzenia nowych, bardziej rozwiniętych modeli obserwacji, a także nowe wyzwania związane z interpretacją wyników obserwacji geodezyjnych wskazują na potrzebę bliższej współpracy z innymi dyscyplinami przy rozwiązywaniu zadań geodezyjnych. Potrzeba ta powinna być uwzględniona w programach nauczania w postaci odpowiednich zajęć wprowadzających z zakresu tych dyscyplin.

4.6. Wykaz wykorzystanych materiałów i literatury

1717_ekspertyza_osnowy_2020.pdf.

Bydlosz_3Dcad_2012_29.pdf, http://www.gdmc.nl/3dcadastre/literature/3Dcad_2012_29.pdf

GGOS2020_REF_DOC_V0.18.pdf

2011-Travaux_Commission_1.pdf,
http://www.iag-aig.org/index.php?tpl=text&id_c=18&id_t=526.

2011-Travaux_Commission_2.pdf,
http://www.iag-aig.org/index.php?tpl=text&id_c=18&id_t=526.

2011-Travaux_Commission_4.pdf,
http://www.iag-aig.org/index.php?tpl=text&id_c=18&id_t=526.

Cadastre 2014.pdf, http://www.fig.net/cadastre2014/translation/c2014-english.pdf

Time variations- GK-MS-JK - corrected---RoG.pdf

Ocena stanu dyscypliny-synteza5.pdf

monografia 10.pdf.

Monografia-Prec-mod-quasi-PL JK 2007.pdf

IUGG1999.pdf, http://www.iag-aig.org/index.php?tpl=print_doc&id_t=132&id_c=52

Polish Nat Rep to IUGG2003.pdf, http://www.iag-aig.org/index.php?tpl=text&id_c=54&id_t=139

PL-2003-2006 Report IUGG2007.pdf, http://www.iag-aig.org/attach/57b94b80a14490d2e6d95f5f359bfc3a/poland.pdf

PL-National Report to IUGG2011.pdf, http://www.iag-aig.org/attach/5015ba0f03bf732e1543f4120f15ec9a/poland.pdf

Geodetic gravimetry- JK---RoG.pdf

PL-Rep-EUREF 2011.pdf, http://www.euref-iag.net/euref_symposia_meetings.html.

PL-Rep-EUREF 2012.pdf, http://www.euref-iag.net/euref_symposia_meetings.html.

PL-Rep-EUREF 2013.pdf, http://www.euref-iag.net/euref_symposia_meetings.html.

PL-Rep-EUREF 2014.pdf, http://www.euref-iag.net/euref_symposia_meetings.html.

Geod-w XXI w Pr IGiK JK-ASU 2000.pdf

RA_kolor.pdf

geocart-2013-0001.pdf. DOI 10.2478/geocart-2013-0001.

Absolute_gravity_measurements-Mon-IGiK-3.pdf.

Cadastre 2014 and Beyond.pdf, http://www.fig.net/pub/figpub/pub61/Figpub61.pdf

Strategia, (2012): *Strategia Rozwoju Wydziału Geodezji i Kartografii Politechniki Warszawskiej do roku 2020*, Warszawa, Maj 2012.

Varga P., (1999): *Geophysical Geodesy Beyond 2000*, Quo vadis geodesia …? – Festschrift for Erik W. Grafarend (Eds.) F. Krumm and V. Schwarze, Technical Reports Department of Geodesy and Geoinformatics, Report Nr. 1999.6-1, Universität Stuttgart.

Mono_17_druk.pdf.

Linki internetowe

http://www.egu.eu/

http://www.fig.net/

http://www.gik.pan.pl/pl/konferencje

http://www.iag-aig.org/

http://www.iugg.org/

http://www.zkign.gik.pw.edu.pl/index.php/cel-i-tematyka-konferencji

5. Geodynamika (J. Kryński)

5.1. Zakres problematyki geodynamiki

Geodynamika jest gałęzią nauki na pograniczu geodezji, geofizyki i geologii. Zajmuje się ona badaniem i opisywaniem ewolucji Ziemi. Rozwój metod globalnych geodezji (satelitarnych i kosmicznych) skierował zainteresowania geodetów na badanie zjawisk geodynamicznych metodami geodezyjnymi na znacznych obszarach powierzchni Ziemi. W zakres zainteresowań geodynamiki wchodzą, między innymi, badania takich zjawisk związanych z Ziemią, jak jej ruchy – orbitalny i wirowy wraz z ich zakłóceniami, zmiany pola grawitacyjnego i kształtu Ziemi (geoidy), zjawiska pływowe, zmiany poziomu morza, ruchy płyt litosferycznych, a także wzajemne ruchy mniejszych jednostek tektonicznych (2011-Travaux_Commission_3.pdf). Większość modeli geodynamicznych wymaga ciągłej aktualizacji, która z uwagi na ich globalny charakter możliwa jest jedynie w wyniku skoordynowanej działalności międzynarodowej (Lasting role of geodynamics- JK-MB-fin---RoG.pdf). Działalność taką, w stowarzyszeniu z międzynarodowymi uniami naukowymi: Międzynarodową Unią Astronomiczną IAU (International Astronomical Union) oraz Międzynarodową Unią Geodezji i Geofizyki (International Union of Geodesy and Geophysics - IUGG), prowadzą międzynarodowe służby naukowe Międzynarodowej Asocjacji Geodezji w oparciu o dane gromadzone w sposób ciągły przez odpowiednie sieci stacji rozmieszczonych na kuli ziemskiej i zarządzanych przez uczestniczące w służbie kraje. I tak np. obok stałej Służby Ruchu Obrotowego i Systemów Odniesienia (International Earth Rotation and Reference Systems Service - IERS) dokonującej stałej aktualizacji i odtwarzania geodezyjnych układów odniesienia korzystając z danych i opracowań dostarczanych głównie przez Międzynarodową Służbę Altimetryczną (International Altimetry Service – IAS), Międzynarodową Służbę DORIS (International DORIS Service - IDS), Międzynarodową Służbę Pomiarów Laserowych (International Laser Ranging Service - ILS) oraz Międzynarodową Służbę Interferometrii Długich Baz dla Geodezji i Astrometrii (International VLBI Service for Geodesy and Astrometry - IVS), działają Międzynarodowa Służba GNSS (International GNSS Service - IGS) dostarczająca danych umożliwiających precyzyjne pozycjonowanie przy użyciu globalnych technik nawigacyjnych, Stała Służba Średniego Poziomu Morza (Permanent Service for Mean Sea Level - PSMSL), Międzynarodowa Służba Geoidy (International Geoid Service - IGeS), Międzynarodowa Służba Pola Siły Ciężkości (International Gravity Field Service - IGFS), Międzynarodowe Centrum Globalnych Modeli Ziemi (International Centre for Global Earth Models - ICGEM), Międzynarodowa Służba Numerycznych Modeli Terenu (International Digital Elevation Models Service - IDEMS), Międzynarodowe Centrum Pływów Ziemskich (International Centre for Earth Tides - ICET), Oddział Czasu Międzynarodowego Biura Miar i Wag BIPM (Time Section of International Bureau of Weights and Measures). W działalności większości tych służb aktywnie uczestniczą krajowe placówki naukowe.

W obliczu zainteresowań geodezji geokinematyka jest uważana za element geodynamiki. Geokinematyka zajmuje się pomiarami parametrów przestrzennych ruchu lub efektów ruchu,

również w czasie trwania ruchu. Wstępna ilościowa interpretacja takich ruchów, ukazująca wartości liniowe i kątowe przemieszczenia znaków geodezyjnych, zastabilizowanych w powierzchniowej warstwie skorupy ziemskiej, określa deformacje powierzchni Ziemi. Interpretacja tektoniczna wymaga współpracy ze specjalistami z zakresu tektoniki, geologii inżynierskiej, gruntoznawstwa itd.

Międzynarodową organizacją naukową, która inicjuje, stymuluje i koordynuje wiodące i nowatorskie geodynamiczne projekty badawcze jest Międzynarodowa Asocjacja Geodezji (International Association of Geodesy - IAG) Międzynarodowej Unii Geodezji i Geofizyki (International Union of Geodesy and Geophysics - IUGG). Polska jako kraj członkowski reprezentowana jest w IUGG przez Polską Akademię Nauk, przy której działa Komitet Narodowy ds. współpracy z Międzynarodową Unią Geodezji i Geofizyki. Kontakty krajowego środowiska naukowego ze środowiskiem międzynarodowym, skupionym wokół IAG utrzymywane są za pośrednictwem Komitetu Geodezji Polskiej Akademii Nauk. Sekcja geodezyjna, reprezentująca także geodynamikę, prowadzi również ożywioną działalność naukową w ramach European Geosciences Union, we współpracy z kilkoma sekcjami geofizycznymi i geologicznymi.

5.2. Stan obecny geodynamiki jako poddyscypliny naukowo-technicznej w Polsce

5.2.1. Obszary badań

5.2.1.1. Ruch obrotowy Ziemi

W Globalnym Geodezyjnym Systemie Obserwacyjnym GGOS Międzynarodowej Asocjacji Geodezji (2011- Travaux_GGOS.pdf) problematyka ruchu obrotowego Ziemi stanowi jeden z trzech filarów współczesnej geodezji obok geokinematyki (pozycjonowania) i pola grawitacyjnego Ziemi. Parametry Orientacji Ziemi EOP, które są regularnie wyznaczane technikami satelitarnymi i kosmicznymi, są czułe na wymianę mas i momentu pędu pomiędzy sztywną Ziemią i jej płynną otoczką, tj. atmosferą, oceanami hydrosferą lądową i skorupą ziemską. Analiza obserwowanych EOP i związanych z nimi parametrów geofizycznych ma istotne znaczenie dla zrozumienia globalnych procesów zachodzących w systemie Ziemia. Modelowanie i predykcja parametrów ruchu obrotowego Ziemi jest również niezbędne dla realizacji globalnych systemów odniesienia: Międzynarodowego Ziemskiego Systemu Odniesienia *ITRS* i Międzynarodowego Niebieskiego Systemu Odniesienia *ICRS* (monografia 10.pdf; RA_kolor.pdf).

W ciągu ostatniej dekady obserwuje się przyspieszony rozwój badań nad funkcjami pobudzania ruchu obrotowego Ziemi. Opracowano nowe modele momentu pędu atmosfery (AAM), momentu pędu oceanu (OAM) i momentu pędu hydrosfery (HAM). Obserwuje się również wyraźny postęp w obserwacjach ruchu obrotowego Ziemi.

W Polsce, badania związane z ruchem obrotowym Ziemi prowadzone są głównie w CBK PAN, ale także w Instytucie Geodezji i Kartografii oraz Politechnice Warszawskiej. Członkowie zaangażowanych w nie zespołów aktywnie uczestniczą w działaniach komisji i grup roboczych Międzynarodowej Asocjacji Geodezji i Międzynarodowej Unii

Astronomicznej, a także w organach Międzynarodowej Służby Ruchu Obrotowego Ziemi i Systemów Odniesienia IERS.

Badania ruchu obrotowego Ziemi realizowane w CBK PAN obejmują szeroki zakres tematyczny. Dotyczą one analizy obserwacji ruchu obrotowego Ziemi, a także innych danych geofizycznych związanych z pobudzaniem tego ruchu oraz zagadnień teoretycznych w zakresie geofizycznej interpretacji współczesnych obserwacji ruchu obrotowego Ziemi i związanych z nim zjawisk geofizycznych. Przedmiotem badań są sezonowe pobudzenia ruchu bieguna, 14-miesięczna składowa Chandlerowska ruchu bieguna oraz sub-dobowe perturbacje prędkości obrotu Ziemi, w szczególności zmiany momentu pędu atmosfery, oceanów i hydrosfery, które pobudzają niewielkie perturbacje we wszystkich składowych ruchu obrotowego Ziemi, tj. precesja/nutacja, ruch bieguna i UT1, określenie dynamicznej figury Ziemi, a także oscylacje południowego El Niño, w szczególności w aspekcie predykcji zmian poziomu morza. Nowym źródłem danych umożliwiających określanie funkcji pobudzenia ruchu bieguna z tytułu zmian rozkładu mas są modele geopotencjału wyznaczone z danych z satelitarnej misji GRACE. Interesujące wyniki uzyskano z porównania rozwiązań z danych GRACE z odpowiednimi rozwiązaniami uzyskanymi z modeli hydrologicznych. Rosnące znaczenie aplikacyjne badań w zakresie predykcji parametrów ruchu obrotowego Ziemi i związanych z nimi parametrów geofizycznych wynika z potrzeb globalnych metod pozycjonowania (Geod-w XXI w Pr IGiK JK-ASU 2000.pdf). Dokładna znajomość chwilowych parametrów opisujących ruch bieguna i prędkość obrotową Ziemi wymagana jest do precyzyjnego wyznaczania pozycji w czasie rzeczywistym przy wykorzystaniu obserwacji GNSS. Wykonano liczne badania nad możliwością predykcji swobodnej nutacji jądra Ziemi, wzbudzenia kołysania Chandlera oraz parametrów orientacji Ziemi (EOP). Opracowane w CBK PAN w ramach współpracy międzynarodowej algorytmy predykcji EOP są obecnie wykorzystywane przez Międzynarodową Służbę GNSS (IGS), między innymi do obliczania orbit satelitów GNSS (Krynski, IUGG1999.pdf, Polish Nat Rep to IUGG2003.pdf, PL-2003-2006 Report IUGG2007.pdf, PL-National Report to IUGG2011.pdf).

5.2.1.2. Pływy litosferyczne i oceaniczne

Pole siły ciężkości Ziemi podlega ciągłym zmianom w czasie. Dominującą składową tych zmian jest tzw. efekt pływowy, tj. wynik grawitacyjnego oddziaływania na Ziemię ciał niebieskich – Księżyca, Słońca i planet. Pozostałe składowe są wynikiem transportu mas w systemie Ziemia w skalach globalnej, regionalnej i lokalnej. Poziom precyzji obserwacji grawimetrycznych przy użyciu współczesnych grawimetrów umożliwia wyznaczanie zmian w czasie przyspieszenia siły ciężkości (Geodetic gravimetry- JK---RoG.pdf). Efekt pływowy jest w dużej mierze modelowalny, czego nie można powiedzieć o efektach niepływowych, których modele – jeśli istnieją – są dalekie od zadowalających. Stąd, wyznaczanie zmian czasowych pola siły ciężkości wymaga jego ciągłego monitorowania.

Badania pływów skorupy ziemskiej w Polsce mają długą tradycję. Zainaugurował je Tadeusz Chojnicki w drugiej połowie lat 60. XX wieku, który założył stację pływową początkowo w Instytucie Geofizyki PAN, a następnie w CBK PAN oraz przy pomocy opracowanego przez siebie programu obliczeniowego regularnie wyznaczał parametry modelu pływowego. W latach 1995–1997 obserwacje pływów skorupy ziemskiej prowadzono w Obserwatorium Borowa Góra Instytutu Geodezji i Kartografii przy użyciu grawimetru pływowego Askania Gs11. Ich wyniki były wykorzystane w cyklu badań poświęconych analizie zmienności w ciągach rozwiązań GPS o ciągach obserwacji grawimetrycznych w aspekcie między innymi

wiarygodności rozwiązań GPS. Od 2002 roku pływy ziemskie są monitorowane przy użyciu grawimetru LaCoste&Romberg (LCR) ET-26 w Astro-geodezyjnym Obserwatorium Politechniki Warszawskiej w Józefosławiu, zaś od 2011 r. obserwacje pływowe są prowadzone w Obserwatorium Borowa Góra użyciu grawimetru LaCoste&Romberg (LCR) G zaopatrzonym w nowoczesny feedback. Ciągły zapis sygnału obserwacji pływowych daje unikalną możliwość walidacji średnich globalnych współczynników fal pływowych wykorzystywanych m.in. podczas przeprowadzanych na terenie Obserwatorium pomiarów absolutnych. Pozwala on także na porównywanie go z rejestrowanymi w Obserwatorium parametrami meteorologicznymi (ciśnienie atmosferyczne, wilgotność powietrza, temperatura, wilgotność gleby, opady), w celu badania wpływu efektów środowiskowych na zmiany przyśpieszenia siły ciężkości oraz na samą rejestrację pływową. Badania takie, wykorzystujące dodatkowo informacje o zmianach poziomu wód gruntowych, prowadzone są wykorzystaniem danych z obu obserwatoriów. Gromadzone dane grawimetryczne są także wykorzystywane do doskonalenia lokalnych modeli pływowych. Stacje pływowe CBK PAN, Instytutu Geodezji i Kartografii oraz Politechniki Warszawskiej zostały włączone do sieci stacji Międzynarodowego Centrum Pływów Ziemskich Międzynarodowej Asocjacji Geodezji. Należy dodać, że podjęte zostały także próby wyznaczania sygnału pływowego z danych rejestrowanych w sieci permanentnych stacji GNSS. Badania takie przeprowadzono z użyciem obserwacji z sieci ASG-EUPOS.

Obok składowej pionowej sygnału pływowego rejestrowanej przy użyciu grawimetrów względnych monitorowane są sezonowe i długookresowe zmiany składowej poziomej sygnału pływowego przy pomocy zainstalowanych w laboratorium geodynamicznym CBK PAN w Książu wahadeł poziomych Bluma, a następnie od 2003 r. zestawu kilkudziesięciometrowych tub wodnych działających na zasadzie pochyłomierza. Porównanie wyników uzyskiwanych niezależnie z dwóch systemów pomiarowych obok ich weryfikacji umożliwia ocenę błędów systematycznych każdego z systemów.

5.2.1.3. Zmiany czasowe pola siły ciężkości

Badania zmian w czasie pola siły ciężkości prowadzone są także przy użyciu powtarzanych absolutnych pomiarów grawimetrycznych. Wykorzystywane są do tego celu absolutne wyznaczenia przyspieszenia siły ciężkości regularnie wykonywane od 2005 r. grawimetrem FG5-230 w obserwatorium w Józefosławiu oraz grawimetrem A10 od 2008 r. na poligonie testowym w Obserwatorium Borowa Góra (Krynski i Rogowski, PL-Rep-EUREF 2011.pdf, PL-Rep-EUREF 2012.pdf, PL-Rep-EUREF 2013.pdf, PL-Rep-EUREF 2014.pdf). Również i w tym przypadku istotną rolę w wyznaczeniu zmian w czasie przyspieszenia siły ciężkości odgrywają rejestrowane jednocześnie dane meteorologiczne i hydrologiczne.

Nowej jakości dane pozwalające na monitorowanie zmian w czasie pola siły ciężkości pochodzą z najnowszych misji satelitarnych dedykowanych modelowaniu pola grawitacyjnego Ziemi. Wysoka precyzja i jakość gromadzonych w ramach misji GRACE danych umożliwiają generowanie globalnych modeli geopotencjału z rozdzielczością czasową od miesiąca do kilkunastu dni. Z modeli tych można obliczać szeregi czasowe dowolnych funkcjonałów potencjału zakłócającego, w szczególności – modeli geoidy. Rozdzielczość przestrzenna tych szeregów kształtuje się obecnie na poziomie kilkuset kilometrów. Wykonane badania potwierdziły wysoką korelację zaobserwowanych zmian pola siły ciężkości ze zmianami w rozkładzie zasobów hydrologicznych obliczonymi z globalnych modeli. Wyniki uzyskane dla sezonowych i długookresowych zmian geoidy sygnalizują

potrzebę kinematycznej definicji powierzchni odniesienia dla wysokości w geodezji. Badania przeprowadzone dla obszaru Polski wykazały, że jest to praktycznie możliwe, gdyż zmiany geoidy dają się dosyć dokładnie ekstrapolować (Time variations- GK-MS-JK - corrected---RoG.pdf).

Wieloletnie obserwacje szerokości astronomicznej w Obserwatorium Astro-Geodezyjnym w Józefosławiu dostarczyły unikalnych danych do zmian składowej południkowej odchylenia pionu. Prace badawcze w tym zakresie wspomagano powtarzanymi wzdłuż profilu południkowego wyznaczeniami odchyleń pionu i obserwacjami grawimetrycznymi. Badania zmian kierunku linii pionu prowadzone są w Instytucie Geodezji i Kartografii przy wykorzystaniu wieloletniego ciągu obserwacji astrometrycznych wykonanych przy użyciu instrumentu przejściowego w Obserwatorium Borowa Góra. Analiza szeregów czasowych tych obserwacji wskazuje na zmiany harmoniczne kierunku linii pionu o wyraźnych okresach. Amplitudy zmian składowych linii pionu w pierwszym wertykale o okresach rocznym i 11-letnim osiągają amplitudy na poziomie 0.03 sekundy łuku (Search for geod-signals- JK-YZ---RoG.pdf). Oryginalne badania nieregularnych efektów nachylenia płyty tektonicznej, a co za tym idzie wahania kierunku pionu, na podstawie pomiarów przy użyciu długiej tuby wypełnionej wodą oraz wahadeł poziomych wykonywane są od 1997 r. w Laboratorium Geodynamicznym Centrum Badań Kosmicznych PAN w Książu.

Do monitorowania globalnych, najbardziej długofalowych zmian pola siły ciężkości wykorzystywane są obserwacje laserowe sztucznych satelitów Ziemi. Sieć stacji laserowych działająca w ramach Międzynarodowej Służby Satelitarnych Pomiarów Laserowych Międzynarodowej Asocjacji Geodezji (należy do niej stacja w Obserwatorium w Borowcu, CBK PAN) dostarcza na bieżąco danych do obliczania zmian w czasie odpowiednich współczynników w globalnych modelach geopotencjału.

5.2.1.4. Zmiany poziomu morza

Pojecie poziomu morza nierozerwalnie związane jest z pojęciami kształtu i figury Ziemi. Zmiany poziomu morza wywołane są aktywnością tektoniczną i bilansem obiegu wody w systemie Ziemia. Monitorowanie tych zmian ma nie tylko znaczenie poznawcze, ale również niezwykle istotne znaczenie praktyczne dla gospodarki. Informacje o zmianach poziomu morza wykorzystywane są również przy realizacji układów odniesienia w skalach globalnej, regionalnej i lokalnej. Badania zmian poziomu morza tradycyjnie wykonywane są na podstawie analizy obserwacji mareograficznych kontrolowanych przy użyciu obserwacji niwelacyjnych. Od kilkudziesięciu lat do tych badań dołączone są dane z altimetrycznych misji satelitarnych. Łączna analiza danych mareograficznych z danymi z altimetrii satelitarnej umożliwia rozdzielenie efektu wznoszenia lub obniżania się bloku kontynentalnego od efektu właściwej zmiany poziomu morza wynikającego z cyrkulacji wód w przyrodzie. Obecnie, do modelowania poziomu morza wykorzystywane są obserwacje GNSS, obserwacje grawimetryczne, obserwacje geofizyczne i dane z misji kosmicznych.

W ramach kompleksowych prac nad wyznaczeniem modelu centymetrowej geoidy dla obszaru Polski wykonano w Instytucie Geodezji i Kartografii rozległe badania zmian poziomu Morza Bałtyckiego w oparciu o wyniki analizy ciągów czasowych danych mareograficznych ze stacji rozmieszczonych wzdłuż linii brzegowej akwenu. Zaowocowały one opracowaniem regionalnego modelu poziomu Morza Bałtyckiego, wyznaczeniem wznoszenia kontynentu w

rejonie Bałtyk, a także wskazaniem relacji między zmianami poziomu morza na Bałtyku a ruchami bieguna (Monografia-Prec-mod-quasi-PL JK 2007.pdf).

W pracach dotyczących badania zmian poziomu morza uczestniczył zespół CBK PAN, począwszy od realizowanego w latach 1990-1998 międzynarodowego projektu Baltic Sea Level, po COST Action 40"EOSS-European Sea-Level Observing System" w latach2002-2005, w ramach którego założono stację permanentną CGPS WLAD. Również w CBK PAN prowadzono badania zmian poziomu morza w oparciu o dane geodezyjne i geofizyczne z wykorzystaniem danych z misji GRACE.

5.2.1.5. Zmiany wiekowe pola magnetycznego Ziemi

Pole geomagnetyczne, jako pole potencjalne, jest jednym z czynników wpływających na procesy geodynamiczne, a więc i na kształt Ziemi. Zmiany wiekowe pola magnetycznego Ziemi powodują szybką dezaktualizację danych magnetycznych, a więc i wszystkich opracowań na nich opartych. Badania zmian wiekowych umożliwiają wyznaczenie ich rozkładu przestrzennego i określenie ich wielkości, a także opracowanie algorytmów służących do przeliczenia pozyskanych dawniej danych magnetycznych na współczesną epokę czyli ich aktualizację. Wyniki badań zmian wiekowych pola magnetycznego Ziemi umożliwiają również tworzenie przestrzenno–czasowych modeli pola, np. stosowanego do rozwiązywania niektórych problemów badawczych numerycznego modelu IGRF (International Geomagnetic Reference Field), które są wykorzystywane do prognozowania zmian wiekowych pola. Na podstawie obserwacji magnetycznych z okresu 100 lat opracowano w Instytucie Geodezji i Kartografii oryginalny model dipolowy zmian wiekowych pola magnetycznego Ziemi. Określa on położenie około 40 dipoli oraz ich zmienność w czasie.

W krajach europejskich zmiany pola magnetycznego Ziemi są rejestrowane w obserwatoriach magnetycznych od ponad 100 lat. W Europie funkcjonuje ponad 40 takich obserwatoriów. Ich liczba i rozkład są jednak niewystarczające do prowadzenia badań dokładnego rozkładu przestrzennego tych zmian. Dane dotyczące przebiegu rejestracji składowych pola geomagnetycznego w obserwatoriach magnetycznych oraz ich średnie roczne są dostępne na stronach internetowych INTERMAGNET. W celu zwiększenia liczby punktów magnetycznych przyjmowanych do badań zmian wiekowych pola geomagnetycznego wykonuje się obserwacje na zastabilizowanych punktach, tzw. magnetycznych punktach wiekowych (*magnetic repeat stations*), na których co kilka lat (zwykle co 2–4 lata) przeprowadza się pomiary trzech niezależnych elementów magnetycznego pola Ziemi. W Polsce punkty takie stanowią fundamentalną osnowę magnetyczną kraju. Intensywność tych badań, czyli częstotliwość i zagęszczenie punktów wiekowych w poszczególnych krajach europejskich jest bardzo różna. Zredukowane wartości wyników obserwacji magnetycznych na punktach wiekowych są gromadzone w WDC (World Data Center) w Edynburgu i dostępne na stronie Internetu (http://www.wdc.bgs.ac.uk/).

Badania zmian wiekowych pola magnetycznego Ziemi są prowadzone w Polsce w Instytucie Geodezji i Kartografii od połowy lat 1950. Na 19 punktach wiekowych, co 2–4 lata przeprowadza się pomiary trzech niezależnych elementów pola geomagnetycznego. W wyniku analizy wieloletnich serii obserwacji opracowano metody aktualizacji danych magnetycznych potrzebnych w kraju. W różnych krajach pomiary magnetyczne wykonywano w różnym czasie, według różnych programów, różną aparaturą przy zastosowaniu różnych

metod obserwacji, redukcji i obliczeń. W celu skoordynowania badań zmian wiekowych pola magnetycznego Ziemi Międzynarodowa Asocjacja Geomagnetyzmu i Aeronomii Międzynarodowej Unii Geodezji i Geofizyki powołała grupę roboczą „Zdjęcia i mapy magnetyczne". Gromadzenie i analiza danych magnetycznych oraz badania przestrzenno–czasowych zmian pola magnetycznego Ziemi w Europie są wykonywane w ramach międzynarodowego projectu MagNetE (Magnetic Net For Europe). Celem projektu jest tworzenie modeli pola geomagnetycznego dla Europy i wyznaczanie parametrów tych modeli. W ramach projektu prowadzone są także badania nad przyczynami zmian wiekowych pola magnetycznego Ziemi oraz nad określeniem mechanizmu tych zmian. Opracowane mapy izopor przedstawiają zmiany wiekowe deklinacji magnetycznej, składowej poziomej wektora natężenia pola magnetycznego oraz całkowite natężenie pola magnetycznego w latach 1995-2000 i 2000-2005. Przedmiotem badań są także wyznaczone w kilku rejonach Europy nieoczekiwanie duże anomalie zmian wiekowych pola geomagnetycznego.

W ramach współpracy międzynarodowej z ośrodkami naukowymi Białorusi i Litwy rozszerzono na te kraje w 1995 roku obszar badań zmian wiekowych pola magnetycznego Ziemi. Zaprojektowano, a następnie wykonano powtarzane pomiary deklinacji i inklinacji magnetycznej oraz trzech składowych wektora całkowitego natężenia pola geomagnetycznego na 11 punktach wiekowych na Białorusi i 6 na Litwie. Podobnie jak dla obszaru Polski przy opracowaniu zmian wiekowych pola magnetycznego Ziemi na obszarach Białorusi i Litwy korzystano z danych z obserwatoriów magnetycznych w Belsku i na Helu (Mono_17_druk.pdf).

5.2.1.6. Monitorowanie zjawisk geodynamicznych

Zdefiniowanie geodezyjnego układu odniesienia przy użyciu technik GNSS wymaga wyznaczenia systematycznych zmian w czasie pozycji stacji definiujących. Prowadzenie badań geodynamicznych w skali lokalnej i regionalnej wymaga określenia wewnątrz płytowych prędkości, co jest możliwe tylko wtedy, gdy znane są prędkości punktów odniesienia. Względne prędkości stacji EPN można wyznaczać różnymi sposobami. Jedną z nich jest opracowana oryginalna metoda oparta na analizie spójności średnich trendów.

W drugiej połowie lat 90-tych XX wieku przy wsparciu Głównego Urzędu Geodezji i Kartografii założono na obszarze Polski sieć geodynamiczną, przeznaczoną do badań geodynamicznych na skalę krajową. Sieć składa się z 36 stacji wybranych z uwzględnieniem struktury geologicznej kraju i odpowiednio zastabilizowanych. W 1997 roku przeprowadzono kampanię pomiarową GPS na Polskiej Sieci Geodynamicznej, a następnie przy użyciu programu Bernese v4.0 wyznaczono współrzędne stacji sieci na epokę 0. Kontynuacja prac badawczych związanych z wykorzystaniem Polskiej Sieci Geodynamicznej ograniczyła niestety do opracowania założeń projektu badawczego (Krynski, IUGG1999.pdf, Polish Nat Rep to IUGG2003.pdf).

Rejonem kraju budzącym niemalejące zainteresowanie przedstawicieli nauk o Ziemi jest przebiegająca od północnego zachodu do południowego wschodu strefa Teysseire'a Tornquista, dzieląca główne struktury geologiczne Polski: platformę paleozoiczną od platformy prekambryjskiej. W poprzek tej strefy założono w końcu XX wieku poligon geodynamiczny w postaci 230 km profilu. Przez kilka kolejnych lat na stacjach tego profilu

wykonywano pomiary grawimetryczne i magnetyczne, które następnie poddawano analizie i interpretacji.

Konsekwentne badania geodynamiczne w skali lokalnej są prowadzone od kilkunastu lat w dwóch rejonach o szczególnie interesującej budowie geologicznej i tektonicznej. Badania w rejonie Sudetów i Bloku Przedsudeckiego prowadzone są przez zespół Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu, zaś w rejonie Pienińskiego Pasa Skałkowego oraz rejonu Tatr – przez zespół Politechniki Warszawskiej. W pierwszych dwóch rejonach założono sieci geodynamiczne, na których prowadzone są powtarzane, kompleksowe pomiary: pomiary GNSS, pomiary geodezyjne, grawimetryczne, niwelacyjne, oraz klinometryczne. Zmiany współrzędnych horyzontalnych i wysokości oraz ich prędkości wyznaczane w wyniku opracowywania gromadzonych danych są poddawane wnikliwej analizie. Służą one do określania przemieszczeń i wiarygodności ich wyznaczenia, a także interpretacji obserwowanych zjawisk. Prace badawcze związane z monitorowaniem aktywnych tektonicznie struktur prowadzono także w współpracy międzynarodowej w środkowych Apeninach i na Półwyspie Gargano we Włoszech oraz w Zatoce Korynckiej w Grecji. Na stacjach lokalnych sieci geodynamicznych wykonywano okresowo pomiary GNSS wspierane niekiedy pomiarami ekstensometrycznymi. Opracowano metodę kombinowanego rozwiązania wykorzystującego permanentne obserwacje GNSS za stacji EPN/IGS jednocześnie z obserwacjami epokowymi wykonywanymi w lokalnych sieciach geodynamicznych. Badania geodynamiczne w rejonie kopalni soli w Wieliczce prowadził zespół AGH w Krakowie. Założył w tym celu zintegrowaną sieć geodynamiczną. Na punktach tej sieci wykonywano powtarzalne pomiary GPS, geodezyjne, niwelacyjne i grawimetryczne. W Karpatach zespół AGH w Krakowie prowadził badania procesów geodynamicznych metodami grawimetrycznymi. Na podstawie pomiarów przyspieszenia siły ciężkości wzdłuż dwóch profilów wyznaczono ruchy skorupy ziemskiej w badanym rejonie. Sieć geodynamiczna założona była także na terenie basenu miedziowego pomiędzy Lubinem i Głogowem. Deformacje wyznaczano w oparciu o pomiary niwelacyjne i pomiary GPS (Krynski, IUGG1999.pdf, Polish Nat Rep to IUGG2003.pdf, PL-2003-2006 Report IUGG2007.pdf, PL-National Report to IUGG2011.pdf).

Krajowe ośrodki naukowo-badawcze brały czynny udział w realizacji regionalnego projektu geodynamicznego dla Środkowej Europy o nazwie CEGGOP, zapoczątkowanego w 1993 roku. W projekcie tym do monitorowania powierzchni Ziemi wykorzystano permanentne i epokowe obserwacje GPS na Centralnej Europejskiej Regionalnej Geodynamicznej Sieci Odniesienia wraz z absolutnymi pomiarami przyspieszenia ziemskiego. Celem projektu było zintegrowanie badań geodynamicznych w Europie Środkowej opartych na dokładnych pomiarach geodezyjnych wykonanych na stacjach sieci geodynamicznej. Szczególną uwagę w projekcie zwrócono na zbadanie efektów geotektonicznych w strefie Teisseyre'a-Tornquista, Karpatach, Masywie Czeskim, Basenie Panońskim i ich relacji z rejonem alpejskim. Opracowany ciąg czasowy rozwiązań wykorzystany jest do badania długoterminowych efektów geokinematycznych, takich jak ruchy skorupy ziemskiej, osuwiska, pogoda kosmiczna, troposfera i inne zjawiska środowiskowe, takie jak zmiany poziomu morza czy topografia poziomu morza. Główne osie elips deformacji uzyskane z analizy danych z kampanii CERGOP są zgodne z modelem naprężeń określonym z danych geologicznych.

Z inicjatywy krajowych ośrodków naukowo-badawczych geodezyjnych , geofizycznych i geologicznych zawiązano współpracę państw karpackich w kierunku założenia

Międzynarodowej Karpackiej Sieci Geodynamicznej. Realizacja sieci uległa wstrzymaniu w wyniku zaistniałych problemów gospodarczych.

Klasycznym źródłem informacji o ruchach pionowych skorupy ziemskiej są dane z powtarzalnych kampanii niwelacyjnych. Dane z trzech pierwszych kampanii niwelacyjnych na terenie Polski były przedmiotem szeroko zakrojonych badań podsumowanych w opracowanej w Instytucie Geodezji i Kartografii w 1986 roku obszernej monografii autorstwa Wyrzykowskiego. Badania te częściowo kontynuowano przy wykorzystaniu materiału obserwacyjnego z trzeciej (1974–1982) i czwartej (1999–2002) kampanii niwelacyjnej. Prowadzono także badania deformacji skorupy ziemskiej na obszarze Polski na podstawie analizy istniejących sieci geodezyjnych. Analiza deformacji górnej litosfery ma znaczenie nie tylko poznawcze, ale także praktyczne, w szczególności na terenie dużych aglomeracji miejskich i przemysłowych oraz dużych obiektów inżynieryjnych. Przykładem takich badań jest wyznaczanie zmian powierzchniowych na terenie Wrocławia w oparciu o powtarzane pomiary niwelacyjne lub w rejonie kopalni soli w Wieliczce przy jednoczesnym wykorzystaniu klasycznych pomiarów geodezyjnych i pomiarów satelitarnych. Powtarzane pomiary wykonywane w rejonach, w których prowadzono uprzednio eksploatację górniczą stanowią cenny materiał do badań dyslokacji. Wykazano, że dyslokacje można modelować modelami deterministyczno-stochastycznymi. Przedmiotem badań były również uogólnione kinematyczne modele estymacji parametrów, przy pomocy których można opisać przemieszczenia i deformacje obiektów inżynierskich. Z kolei kilka ośrodków krajowych zdobyło uznane doświadczenie w monitoringu deformacji obiektów hydroenergetycznych. Należy tu wymienić prace badawcze prowadzone przez zespół IGiK na terenie elektrowni szczytowo-pompowej w Żarnowcu.

Obecnie, podstawową techniką dostarczającą informacji o zmianach w czasie współrzędnych punktów jest technika globalnego pozycjonowania GNSS. Krajowe stacje IGS/EPN uczestniczą w ciągłym monitoringu geokinematyki w skali globalnej/europejskiej niezbędnej do realizacji globalnego/europejskiego ziemskiego układu odniesienia. Dane z tych stacji są również wykorzystywane do wyznaczania względnych prędkości punktów na euroazjatyckiej płycie tektonicznej. W ramach europejskiego projektu wykorzystano sieć stacji permanentnych GPS, usytuowanych w pobliżu mareografów, do wydzielenia absolutnych zmian poziomu morza z wyznaczonych techniką GPS ruchów pionowych skorupy ziemskiej. W ciągu kilku ostatnich lat wykonano także szereg badań nad możliwością wykorzystania danych z pomiarów GNSS, w szczególności z systemu ASG-EUPOS, do wyznaczania lokalnych deformacji skorupy ziemskiej na terenie Polski.

Rosnącą rolę w monitorowaniu procesów geokinematycznych odgrywa technika interferometrii radarowej. Umożliwia ona monitorowanie przemieszczeń i deformacji. Satelitarna interferometria radarowa (InSAR) stosowana jest w Polsce już od kilku lat. Radarowe zdjęcia satelitarne wykorzystywane są w kilku krajowych ośrodkach do oceny przemieszczeń w wybranych rejonach kraju. Prowadzone są również badania nad wykorzystaniem techniki naziemnej techniki radarowej do monitorowania przemieszczeń, deformacji, a także wibracji obiektów inżynierskich.

Do monitorowania procesów geodynamicznych stosuje się również obserwacje grawimetryczne. Precyzyjne absolutne pomiary przyspieszenia siły ciężkości powtarzane na wybranych stacjach można wykorzystywać do badania zmian w czasie pola siły ciężkości, a także do wyznaczania pionowych przemieszczeń. Prace takie były wykonywane na kilku

punktach na terytorium Polski przez zespół Politechniki Warszawskiej przy użyciu grawimetru absolutnego FG5-230. Z kolei, zespół Instytutu Geodezji i Kartografii uczestniczył w pracach związanych z modelowaniem wznoszenia polodowcowego. W badaniach wykorzystano wyniki wyznaczeń przyspieszenia siły ciężkości grawimetrem absolutnym A10-020 na 60 punktach na terytorium Finlandii. Absolutne obserwacje grawimetryczne, dostarczają informacji o charakterze fizycznym wykorzystywanej do wyznaczania deformacji. Jest to informacja uzupełniająca do informacji o charakterze geometrycznym uzyskiwanej techniką satelitarnej interferometrii radarowej, lub techniką GNSS.

Zmiany poziomu morza w skali globalnej monitorowane są głównie na podstawie danych uzyskanych przy użyciu technik satelitarnych GNSS i altimetrii satelitarnej wspartych danymi z zapisów mareograficznych. W Polsce, szczególnie wartościową analizę danych mareograficznych przeprowadzono dla stacji rozmieszczonych wokół Morza Bałtyckiego w ramach kompleksowych prac nad wyznaczaniem modelu centymetrowej geoidy. Opracowany empiryczny model zmian poziomu morza dla Bałtyku umożliwia wyznaczanie poziomu morza na podstawie krótkich szeregów czasowych obserwacji (ok. 10 lat) oraz badania wznoszenia polodowcowego w regionie. Zmiany poziomu Morza Bałtyckiego z wykorzystaniem techniki GPS zapoczątkowano w ramach międzynarodowego projektu Baltic Sea Level. Dwie krajowe stacje mareograficzne dowiązane do osnowy wysokościowej, na których prowadzono dodatkowo obserwacje pozycyjne GPS oraz absolutne pomiary przyspieszenia siły ciężkości, uczestniczyły w trwającym następnie kilka lat projekcie European Sea Level Service (ESEAS) dedykowanym badaniu zmian poziomu morza oraz zmian klimatu, a także interakcji pomiędzy oceanem i atmosferą.

Ruchy płyt tektonicznych można wyznaczać analizując ciągi czasowe pozycji stacji uzyskane z obserwacji satelitarnych. Badania przeprowadzone dla kilku płyt tektonicznych wykazują dużą zgodność wyników uzyskanych z obserwacji laserowych z wynikami z obserwacji GNSS. Satelitarne obserwacje laserowe mogą być także wykorzystywane do wyznaczania parametrów elastyczności Ziemi. Analizowano liczby Love'a i Shidy wyznaczane na podstawie danych obserwacyjnych satelitów LAGEOS i STELLA. Z kolei przy użyciu obserwacji GNSS monitorowano powierzchnię lodowca na Spitsbergenie na postawie danych z 9 miesięcy obserwacji.

Korzystając z danych altimetrycznych satelity TOPEX/Poseidon badano krótkookresowe oscylacje poziomu morza. Wykazują one korelacje ze zmianami ciśnienia atmosferycznego.

5.2.2. Ośrodki naukowe

Listę ośrodków naukowych związanych z geodynamiką oparto na przygotowanym dla Komitetu Geodezji Polskiej Akademii Nauk (2009) raporcie Ocena stanu dyscypliny-synteza5.pdf po uaktualnieniu korzystając z odpowiednich stron internetowych.

1. Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Geodezji Górniczej i Inżynierii Środowiska
   - Katedra Geomatyki

     (monitorowanie zjawisk geodynamicznych)
   - Katedra Ochrony Terenów Górniczych, Geoinformatyki i Geodezji Górniczej

     (monitorowanie lokalnych zjawisk geodynamicznych)

2. Centrum Badań Kosmicznych PAN
   - Zakład Geodezji Planetarnej (wraz z Obserwatorium Astrogeodynamicznym w Borowcu)

     (ruch obrotowy Ziemi, pływy litosferyczne i oceaniczne, zmiany czasowe pola siły ciężkości, zmiany poziomu morza, monitorowanie zjawisk geodynamicznych)

3. Instytut Geodezji i Kartografii
   - Centrum Geodezji i Geodynamiki (wraz z Obserwatorium Geodezyjno-Geofizycznym IGiK – Borowa Góra pod Warszawą

     (ruch obrotowy Ziemi, pływy litosferyczne i oceaniczne, zmiany czasowe pola siły ciężkości, zmiany poziomu morza, zmiany wiekowe pola magnetycznego Ziemi, monitorowanie zjawisk geodynamicznych)

4. Politechnika Warszawska, Wydział Geodezji i Kartografii
   - Katedra Geodezji i Astronomii Geodezyjnej (wraz z Obserwatorium Astronomiczno-Geodezyjne PW w Józefosławiu pod Warszawą)

     (ruch obrotowy Ziemi, pływy litosferyczne i oceaniczne, monitorowanie zjawisk geodynamicznych)

5. Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Wydział Inżynierii, Kształtowania Środowiska i Geodezji
   - Instytut Geodezji i Geoinformatyki

     (monitorowanie zjawisk geodynamicznych)

6. Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja (dawna Akademia Rolnicza) w Krakowie, Wydział Inżynierii Środowiska i Geodezji
   - Katedra Geodezji

     (ruch obrotowy Ziemi, zmiany poziomu morza)

7. Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, Wydział Geodezji i Gospodarki Przestrzennej
   - Instytut Geodezji (wraz z Obserwatorium Satelitarnym w Lamkówku pod Olsztynem)

     (zmiany poziomu morza, monitorowanie zjawisk geodynamicznych)

     (teoria i metodologia, geodezja stosowana)

8. Wojskowa Akademia Techniczna, Wydział Inżynierii Lądowej i Geodezji
   - Instytut Geodezji

     (pływy litosferyczne i oceaniczne, monitorowanie zjawisk geodynamicznych)

5.2.3. Związki z geoinformacją

Podobnie jak w przypadku geodezji, związki geodynamiki z geoinformacją w pierwszej kolejności dotyczą pozyskiwania danych oraz oceny ich jakości. Istotną rolę odgrywają odpowiednie definicje i realizacje statycznych lub kinematycznych układów odniesienia dla pozyskanych danych oraz relacji między tymi układami, które w postaci wzorów transformacyjnych umożliwiają przejście od układu do układu. Pozyskiwane dane wraz z dodatkowymi informacjami rozszerzającymi możliwości ich przetwarzania umieszczane są w bazach danych. Do kolejnych związków geodynamiki z geoinformacją należy zaliczyć geowizualizację zmian pola siły ciężkości, w tym zmian geoidy, zmian pola magnetycznego Ziemi, zmian deformacji, itp. Szczególnym przypadkiem przetworzonych danych do wykorzystania w geoinformacji są różnego rodzaju modele. Przykładami takich modeli są modele zmian pola siły ciężkości, w tym zmian geoidy, zmian pola geomagnetycznego, zmian parametrów ruchu obrotowego Ziemi, a także ciągi czasowe modeli geopotencjału, ciągi czasowe modeli jonosfery, ciągi czasowe modeli troposfery.

5.2.4. Kompetencje zawodowe (zawód wyuczony)

Absolwent drugiego stopnia studiów stacjonarnych kierunku geodezja i kartografia powinien posiadać wiedzę w zakresie teorii, monitorowania i modelowania ruchu obrotowego Ziemi, pływów litosferycznych i oceanicznych, a także zmian czasowych kształtu i własności fizycznych Ziemi. Powinien także posiadać umiejętność posługiwania się technikami pomiarów wykorzystywanych do monitorowania zjawisk geodynamicznych, metodami opracowywania obserwacji i oceny ich jakości.

Zgodnie ze Strategią Rozwoju Wydziału Geodezji i Kartografii Politechniki Warszawskiej do roku 2020 (Strategia, 2012), absolwent drugiego stopnia studiów stacjonarnych kierunku geodezja i kartografia, specjalności Geodezja i Nawigacja Satelitarna „potrafi zarządzać systemami aktywnych stacji nawigacji satelitarnej dla potrzeb gospodarczych oraz potrzeb związanych z zarządzaniem kryzysowym”.

5.3. Światowe trendy rozwoju geodynamiki

Potrzeba rozwoju geodynamiki i prowadzenia badań geodynamicznych, ograniczających się jeszcze nie tak dawno głównie do celów poznawczych, w obecnej chwili dyktowana jest względami ekonomicznymi. Kontynuowane będą badania geodynamiczne o zasięgu globalnym koncentrujące się na pozyskiwaniu danych różnymi technikami obserwacyjnymi, ich przetwarzaniu, integrowaniu oraz modelowaniu efektów długookresowych i ich fizycznej interpretacji. Jednocześnie nastąpi intensyfikacja monitorowania krótkookresowych efektów geodynamicznych zarówno w skali globalnej jak i regionalnej. Wiąże się z tym rosnące zapotrzebowanie na postęp w geofizycznej interpretacji wyników obserwacji geodezyjnych i grawimetrycznych (Geodetic gravimetry- JK---RoG.pdf). W przeważającej większości wypadków rozwiązywanie współczesnych problemów geodynamicznych, wymaga ścisłej współpracy ze specjalistami z innych dyscyplin naukowych. Wysiłki licznych grup naukowych skoncentrują się na zastosowaniu obserwacji geodezyjnych do prognozowania trzęsień Ziemi, np. za pośrednictwem wyznaczanych z obserwacji akumulacji energii naprężeń w skorupie ziemskiej. Wiele pytań dotyczących przeszłości Ziemi, np. jej figury i jej struktury

wewnętrznej, w skali geologicznej pozostaje wciąż bez odpowiedzi. Badania zmienności w czasie figury Ziemi – jakże istotne dla geodezji – będą kontynuowane i rozwijane tak w skali przestrzennej jak i czasowej.

5.3.1. Systemy i układy odniesienia

Badania w zakresie systemów i układów odniesienia będą w dalszym ciągu koncentrowały się na rozwoju teorii umożliwiającej doskonalsze definicje globalnych systemów odniesienia, na doskonaleniu modeli ruchów płyt tektonicznych oraz na realizacji i wykorzystaniu kinematycznych układów odniesienia.

5.3.2. Ruch obrotowy Ziemi

Nowa generacja techniki VLBI umożliwi wyznaczanie dokładniejszych parametrów ruchu obrotowego Ziemi z większa rozdzielczością czasową. Pozwoli to na dalsze doskonalenie modeli precesji i teorii nutacji oraz metod wyznaczania parametrów ruchu obrotowego Ziemi, w szczególności predykcji ruchu bieguna (Vandenberg, 1999). Stworzy to warunki do podniesienia dokładności pozycjonowania przy użyciu globalnych technik satelitarnych, w szczególności pozycjonowania w czasie rzeczywistym.

5.3.3. Pływy litosferyczne i oceaniczne

Wykorzystywanie stale rosnącego potencjału dokładnościowego technik pozycjonowania, a także technik wyznaczania przyspieszenia siły ciężkości wymaga dokładnej znajomości efektu pływów ziemskich. Gromadzone obserwacje grawimetryczne, obserwacje GNSS, satelitarne obserwacje altimetryczne, obserwacje mareograficzne, dane batymetryczne, dane geofizyczne oraz dane geologiczne opisujące strukturę litosfery będą sukcesywnie wykorzystywane do opracowywania coraz doskonalszych modeli pływowych.

5.3.4. Zmiany czasowe pola siły ciężkości

Zmiany czasowe przyspieszenia siły ciężkości będą monitorowane przez większą liczbę laboratoriów grawimetrycznych, w których prowadzona będzie ciągła rejestracja przyspieszenia siły ciężkości przy użyciu grawimetru nadprzewodnikowego oraz będą wykonywany powtarzane absolutne pomiary przyspieszenia siły ciężkości. Po 2020 roku należy oczekiwać stopniowe wdrażanie atomowych grawimetrów absolutnych, które nie tylko będą się nadawały do szybkich i dokładnych wyznaczeń przyspieszenia siły ciężkości w warunkach terenowych, ale będą mogły być wykorzystane w trybie kinematycznym. Upowszechnienie atomowych grawimetrów absolutnych otworzy nowy rozdział w badaniach zmian czasowych pola siły ciężkości. Badania zmian czasowych kierunku linii pionu od dekady przeżywają renesans. Będą one kontynuowane przy wykorzystaniu obserwacji astrometrycznych wykonywanych udoskonalanymi wraz z postępem technologicznym kamerami CCD. Będą kontynuowane i udoskonalane grawimetryczne misje satelitarne, z których dane posłużą do wyznaczania modeli geopotencjału oraz grawimetrycznych modeli geoidy ze zwiększoną rozdzielczością czasową i przestrzenną. Zgromadzone szeregi czasowe danych z satelitarnych misji grawimetrycznych umożliwią utworzenie dokładniejszych modeli predykcji zmian geoidy. Wyznaczane z naziemnych obserwacji

grawimetrycznych oraz z grawimetrycznych misji satelitarnych zmiany czasowe przyspieszenia siły ciężkości są skorelowane ze zmianami w bilansie wodnym. Badania zmian czasowych przyspieszenia siły ciężkości zostaną wykorzystane do dalszego doskonalenia modeli hydrologicznych w skalach globalnej, regionalnej i lokalnej (Time variations- GK-MS-JK - corrected---RoG.pdf).

5.3.5. Zmiany poziomu morza

Wzrost dokładności danych obserwacyjnych oraz działania w kierunku zintegrowanego opracowywania danych geodezyjnych, mareograficznych, satelitarnych z danymi geofizycznymi umożliwią tworzenie modeli poziomu morza o rosnącej dokładności oraz rozdzielczości tak przestrzennej, jak i czasowej.

5.3.6. Zmiany wiekowe pola magnetycznego Ziemi

Kontynuowane będą badania zmian wiekowych pola magnetycznego Ziemi. W szczególności dotyczyć to będzie obszarów charakteryzujących się znacznymi anomaliami, np. północno-wschodnia część Polski. W opracowywaniu doskonalonych globalnych modeli pola magnetycznego będą, obok wykonywanych regularnie obserwacji magnetycznych w obserwatoriach i na punktach wiekowych, w szerszym zakresie wykorzystywane dane z magnetycznych misji satelitarnych. Badania będą również ukierunkowane na doskonalenie metod i modeli prognozowania zmian wiekowych pola magnetycznego Ziemi.

5.3.7. Monitorowanie zjawisk geodynamicznych

Dostępność i upowszechnianie precyzyjnych globalnych technik pozycjonowania oraz postęp w technikach obserwacyjnych wykorzystywanych do modelowania pola siły ciężkości umożliwiają monitorowanie systemu Ziemia z rosnącą dokładnością i rozdzielczością czasową i przestrzenną. W najbliższych latach należy oczekiwać opracowania udoskonalonych modeli ruchu płyt tektonicznych, modeli deformacji skorupy ziemskiej, modeli deformacji lodowców. Zwiększy się również rola i wiarygodność opracowań obserwacji z lokalnych i regionalnych sieci geodynamicznych. W znacznie szerszym zakresie do badań geodynamicznych będą wykorzystywane absolutne pomiary grawimetryczne, w szczególności po upowszechnieniu atomowych grawimetrów absolutnych.

5.4. Wnioski dotyczące wpływu rozwoju geodynamiki na zmiany w zakresie kompetencji zawodowych

Dzięki wzrostowi precyzji oraz znacznemu zwiększeniu rozdzielczości czasowej pozyskiwanych obserwacji pojawiły się realne możliwości wykonania znaczącego kroku w kierunku poznania zjawisk geofizycznych, które z kolei mają istotne znaczenie dla opracowywania obserwacji geodezyjnych. Jako przykład może posłużyć dynamicznie rozwijające się współdziałanie przedstawicieli różnych dyscyplin nauk o Ziemi w kierunku szerokiej interpretacji monitorowanych na przestrzeni ostatniego czterdziestolecia zmian powierzchniowych oceanów. Z uwagi na precyzję obserwacji geodezyjnych oraz specyfikę pozyskiwania tych obserwacji modele statyczne zastępowane są modelami kinematycznymi

torując tym samym drogę do opisu zagadnień geodezyjnych w przestrzeni czterowymiarowej. Znajduje to odbicie w coraz szerszym stosowaniu metod pozyskiwania i opracowania obserwacji geodezyjnych uwzględniających zmienną czasową.

Permanentne, precyzyjne obserwacje GPS wykonywane w ostatnim ćwierćwieczu na kilkudziesięciu stacjach rozłożonych wokół kuli ziemskiej stanowią podstawę do określenia i monitorowania kinematycznego globalnego ziemskiego układu odniesienia. Dokładność położenia tych stacji ocenia się w pojedynczych milimetrach na epokę. Rozdzielczość czasowa modeli geodynamicznych opisujących wzajemne ruchy płyt tektonicznych wzrosła z kilkudziesięciu lat do jednego roku. Współczesne globalne modele geopotencjału legitymują się rozdzielczością czasową na poziomie 10 dni.

Kompetencje zawodowe powinny obejmować wiedzę w zakresie teorii, monitorowania i modelowania ruchu obrotowego Ziemi, pływów litosferycznych i oceanicznych, a także zmian czasowych kształtu i własności fizycznych Ziemi. Powinna być wymagana umiejętność posługiwania się technikami pomiarów wykorzystywanych do monitorowania zjawisk geodynamicznych, metodami opracowywania obserwacji i oceny ich jakości.

5.5. Przewidywany rozwój kształcenia w zakresie geodynamiki

Z trendów rozwoju geodynamiki jednoznacznie wynika potrzeba wzbogacenia programu dydaktycznego w procesie kształcenia w zakresie geodynamiki. Dodatkowo należałoby wprowadzić zmiany w programach dydaktycznych innych przedmiotów. Wprowadzenie kinematycznych układów odniesienia w miejsce stosowanych dotychczas układów statycznych wiąże się z koniecznością zmian w programach nauczania matematyki, fizyki i metod opracowywania danych. W tych samych przedmiotach, ze szczególnym uwzględnieniem statystyki i teorii sygnałów, należałoby wzbogacić program dydaktyczny z uwagi na nowe, lub rozwijające się technologie pomiarowe. Wzbogacenie programów dydaktycznych w zakresie zarówno metod opracowywania danych, jak i programowania będzie konieczne z uwagi nie tylko na rosnące możliwości obliczeniowe, ale też na rosnące wymagania dokładnościowe. Nowe technologie pozyskiwania danych, wzrost dokładności obserwacji i związana z tym konieczność tworzenia nowych, bardziej rozwiniętych modeli obserwacji, a także nowe wyzwania związane z interpretacją wyników obserwacji geodezyjnych wskazują na potrzebę bliższej współpracy z innymi dyscyplinami przy rozwiązywaniu zadań geodynamicznych. Potrzeba ta powinna być uwzględniona w programach nauczania w postaci odpowiednich zajęć wprowadzających z zakresu tych dyscyplin.

5.6. Wykaz wykorzystanych materiałów i literatury

2011-Travaux_Commission_3.pdf, http://www.iag-aig.org/index.php?tpl=text&id_c=18&id_t=526

2011- Travaux_GGOS.pdf, http://www.iag-aig.org/index.php?tpl=text&id_c=18&id_t=526

Cadastre 2014.pdf, http://www.fig.net/cadastre2014/translation/c2014-english.pdf

Time variations- GK-MS-JK - corrected---RoG.pdf.

Ocena stanu dyscypliny-synteza5.pdf.

monografia 10.pdf.

Monografia-Prec-mod-quasi-PL JK 2007.pdf.

IUGG1999.pdf, http://www.iag-aig.org/index.php?tpl=print_doc&id_t=132&id_c=52

Polish Nat Rep to IUGG2003.pdf, http://www.iag-aig.org/index.php?tpl=text&id_c=54&id_t=139

PL-2003-2006 Report IUGG2007.pdf, http://www.iag-aig.org/attach/57b94b80a14490d2e6d95f5f359bfc3a/poland.pdf

PL-National Report to IUGG2011.pdf, http://www.iag-aig.org/attach/5015ba0f03bf732e1543f4120f15ec9a/poland.pdf

Geodetic gravimetry- JK---RoG.pdf.

Lasting role of geodynamics- JK-MB-fin---RoG.pdf.

PL-Rep-EUREF 2011.pdf, http://www.euref-iag.net/euref_symposia_meetings.html.

PL-Rep-EUREF 2012.pdf, http://www.euref-iag.net/euref_symposia_meetings.html.

PL-Rep-EUREF 2013.pdf, http://www.euref-iag.net/euref_symposia_meetings.html.

PL-Rep-EUREF 2014.pdf, http://www.euref-iag.net/euref_symposia_meetings.html.

Geod-w XXI w Pr IGiK JK-ASU 2000.pdf.

RA_kolor.pdf

Search for geod-signals- JK-YZ---RoG.pdf

Strategia, (2012): *Strategia Rozwoju Wydziału Geodezji i Kartografii Politechniki Warszawskiej do roku 2020*, Warszawa, Maj 2012.

Vandenberg N., (1999): *Continuous High Accuracy Earth Orientation Measurements for the New Millenium*, Geodesy Beyond 2000 – The Challenges of the First Decade, (ed.) K.P. Schwarz, IAG Symposia Vol. 121, XXII IUGG General Assembly, 19-30 July, 1999, Birminham, UK, Springer.

Mono_17_druk.pdf

Linki internetowe

http://www.fig.net/

http://www.iag-aig.org/

6. Fotogrametria (Z. Kurczyński)

6.1. Zakres problematyki fotogrametrii

Fotogrametria, w tradycyjnym rozumieniu, jest dziedziną nauki i techniki, zajmującą się pomiarem położenia, rozmiaru i kształtu obiektów na podstawie ich zdjęć fotograficznych (tzw. fotogramów).Współcześnie, pierwszym skojarzeniem fotogrametrii jest jej praktyczne wykorzystanie do tworzenia map topograficznych, powstałych z opracowania zdjęć lotniczych. Obiektem pomiaru jest trójwymiarowa (przestrzenna) powierzchnia Ziemi, a wynikiem pomiaru - mapa.

Od początku rozwoju fotografii lotniczej była ona wykorzystywana nie tylko do celów pomiarowych (głównie sporządzania map), ale również interpretacyjnych. **Fotointerpretacja** zajmuje się wykrywaniem, rozpoznawaniem i charakterystyką obiektów, procesów i zjawisk na podstawie obrazów fotograficznych. Wraz z rozwojem technicznych środków obrazowania powierzchni Ziemi, idącym w kierunku rozwoju możliwości „ujrzenia" i zarejestrowania powierzchni Ziemi w zakresach promieniowania elektromagnetycznego niedostępnych dla tradycyjnej fotografii, równolegle rozwijają się metody obróbki zdjęć i obrazów oraz ich interpretacji. Tę dziedzinę zdalnego badania obiektów, opartą na rejestracji promieniowania elektromagnetycznego, nazywa się **teledetekcją (ang. Remote Sensing).** Fotointerpretacja ze swoimi wypracowanymi metodami należy do teledetekcji, a zdjęcia fotograficzne są jednym ze źródeł informacji o środowisku geograficznym.

Oba nurty: fotogrametryczny – pomiarowy, zorientowany na geometrię obiektów i teledetekcyjny, zorientowany na ich właściwości, są powiązane ze sobą tak dalece, że często łączy się je w jedną dyscyplinę. Taką łączną definicję podało np. Międzynarodowe Towarzystwo Fotogrametrii i Teledetekcji – ISPRS (ang. *International Society for Photogrammetry and Remote Sensing*), podczas Kongresu w Kyoto (1988 r.). Według tej definicji, **fotogrametria i teledetekcja to dziedzina nauki i techniki zajmująca się zdalnym pozyskiwaniem wiarygodnych informacji o obiektach fizycznych oraz ich otoczeniu, drogą rejestracji, pomiaru i interpretacji ich zdjęć i zobrazowań**.

Organizacją naukową o zasięgu światowym, skupiającą fotogrametrów i specjalistów teledetekcji jest Międzynarodowe Towarzystwo Fotogrametrii i Teledetekcji – ISPRS (http://www.isprs.org). Odpowiednikiem krajowym jest Polskie Towarzystwo Fotogrametrii i Teledetekcji – PTFiT, jedno z najstarszych towarzystw fotogrametrycznych w świecie, założone w 1930 roku (http://www.ptfit.sgp.geodezja.org.pl).

ISPRS działa poprzez tzw. Komisje techniczne (jest ich 8), a każda Komisja składa się z grup roboczych (WG). Wraz z rozwojem fotogrametrii, zmienia się zakres zainteresowania poszczególnych Komisji i – tym bardziej – grup roboczych.

Kongresy Międzynarodowego Towarzystwa Fotogrametrii i Teledetekcji odbywające się co 4 lata są niewątpliwie najdonioślejszym, międzynarodowym wydarzeniem środowiska geoinformacyjnego. Są miejscem spotkań nie tylko naukowców i praktyków, ale także

dostawców sprzętu, oprogramowania i usług. Środowiska naukowo-badawcze jak i producenci wstrzymują ogłaszanie swoich najnowszych osiągnięć, aby zaprezentować je właśnie podczas kongresu. Bez przesady więc kongresy MTFiT są forum jak żadne inne nadającym się do oceny aktualnego stanu nauki i praktyki z zakresu fotogrametrii oraz wytyczania kierunków dalszego jej rozwoju.

Między Kongresami mają miejsce międzynarodowe sympozja ISPRS, powiązane z problematyką zainteresowania poszczególnych Komisji i grup roboczych.

Ta struktura i zakresy obszarów badawczych poszczególnych Komisji i grup roboczych wewnątrz nich, dobrze oddają aktualny zakres problematyki naukowo-badawczej, na którym koncentruje się cała dyscyplina fotogrametrii. Już same nazwy Komisji i grup roboczych są dobrym wskaźnikiem zakresu problematyki badawczej na obecnym poziomie jej rozwoju.

Struktura ta jest następująca (Komisje i grupy robocze) (http://www.isprs.org):
Komisja I: Sensory i platformy dla teledetekcji.
Komisja II: Teoria i koncepcje naukowe informacji przestrzennej.
Komisja III: Widzenie maszynowe i analiza obrazów.
Komisja IV: Bazy danych geoprzestrzennych i serwisy lokalizacyjne.
Komisja V: Obrazowanie bliskiego zasięgu, analizy i aplikacje.
Komisja VI: Edukacja, transfer technologii i rozwój zasobów.
Komisja VII: Przetwarzanie tematyczne, modelowanie i analizy danych teledetekcyjnych.
Komisja VIII: Zastosowania teledetekcji i polityki.

Dla przykładu, w ramach Komisji I: „Sensory i platformy dla teledetekcji", działa 5 Grup Roboczych:

WG I/1: Standaryzacja platform lotniczych,
WG I/2: LiDAR, SAR i sensory optyczne dla platform lotniczych i satelitarnych,
WG I/3: Kalibracja platform wielosensoralnych,
WG I/4: Modelowanie geometrii i radiometrii sensorów lotniczych i satelitarnych,
WG I/5: Satelitarne systemy obrazowania Ziemi.

Badania naukowe w zakresie fotogrametrii, w wymiarze europejskim, realizowane są również w ramach organizacji **EuroSDR** (*European Spatial Data Research*), dawnej OEEPE (*Organisation Européenne d'Etudes Photogrammétriques Experimentales*), założonej w 1953 roku (http://www.oeepe.org). EuroSDR jest pan-europejską platformą naukowo-badawczą, zorientowaną na państwowe organizacje kartograficzne, organizacje katastralne, ośrodki naukowo-badawcze, sektor prywatny i grupy użytkowników, związanych z infrastrukturą danych przestrzennych.

Poszczególne państwa członkowskie są reprezentowane we władzach EuroSDR zwykle przez dwóch przedstawicieli: przedstawiciela państwowej agencji kartograficznej (typu GUGiK w Polsce) i przedstawiciela środowiska naukowego.

W ramach działalności są uruchamiane projekty badawcze, wychodzące naprzeciw pojawiającym się nowym wyzwaniom naukowo-technicznym, wynikającym z rozwoju fotogrametrii. Po zatwierdzeniu projektu, pozyskuje się dane początkowe, a następnie te same dane są opracowywane w różnych ośrodkach naukowo-badawczych, instytucjach, czy firmach (jest nieograniczony dostęp do tych danych). Organizowane są seminaria i warsztaty. Powstają opracowania, stojące na wysokim poziomie raporty naukowe, zbierające

wyniki i doświadczenia wielu uczestników, wyznaczając w ten sposób kierunek dalszego rozwoju.

Poniżej wybrane przykłady takich projektów z ostatnich kilkunastu lat, które dobrze oddają zakres problemów naukowo-badawczych podejmowanych w tym okresie w zakresie fotogrametrii:

- Triangulacja obrazów SPOT (Official Publication No 26, 1991),
- Aerotriangulacja wspomagana pomiarami GPS (Official Publication No 29, 1994),
- Aktualizacja baz danych topograficznych (Official Publication No 30, 1995),
- Aerotriangulacja cyfrowa (Official Publication No 31, 1996),
- Geokodowanie danych SAR ERTS-1 (Official Publication No 32, 1998),
- Cyfrowe stacje fotogrametryczne (Official Publication No 33, 1996),
- Opracowanie modeli 3D miast (Official Publication No 35, 1998),
- Aktualizacja wielkoskalowych baz danych topograficznych (Official Publication No 36, 1999),
- Automatyzacja w cyfrowej produkcji fotogrametrycznej (Official Publication No 37, 1999),
- Lotniczy skaning laserowy i interferometria SAR dla budowy numerycznych modeli wysokościowych (Official Publication No 40, 2001),
- Zintegrowana orientacja sensorów (Official Publication No 43, 2002),
- Kartowanie z obrazów satelitarnych o bardzo dużej rozdzielczości – VHRS (Official Publication No 44, 2003),
- Kartowanie z fuzji obrazów radarowych SAR i obrazów optycznych (Official Publication No 50, 2006),
- Kontrola jakości numerycznego modelu terenu - NMT (Official Publication No 51, 2006),
- Kalibracja kamer cyfrowych (Official Publication No 55, 2009),
- Bezpilotowe platformy lotnicze (Official Publication No 56, 2009),
- Integracja skaningu laserowego i fotogrametrii (Official Publication No 59, 2011),
- Ocena jakości numerycznego modelu terenu - NMT (Official Publication No 60, 2011),
- Gęste dopasowanie obrazów dla opracowania wysokiej jakości numerycznego modelu pokrycia terenu - NMPT (Official Publication No 61, 2012).

Wszystkie raporty (tzw. Oficjalne Publikacje) są dostępne na stronie EuroSDR (http://www.oeepe.org).

6.2. Stan obecny fotogrametrii jako poddyscypliny naukowo-technicznej w Polsce

6.2.1. Obszary badań

W minionych 15-20 latach nastąpiły ogromne zmiany w rozwoju fotogrametrii. Główną tego przyczyną było przejście w połowie lat 90-tych z technologii analogowych i analitycznych na technologie cyfrowe. To spowodowało zapotrzebowanie, ale i dało możliwości, nowych obszarów badań. Głównym kierunkiem tych badań była (i nadal pozostaje) automatyzacja procesów opracowania danych początkowych. Skutkuje to obecnie bardzo wydajnymi

technologiami krycia obszarów precyzyjnymi i relatywnie tanimi produktami geoinformacyjnym, wytwarzanymi wyłącznie w technologiach zorientowanych cyfrowo.

Zmiany w skali światowej o których mowa, zbiegły się w czasie z okresem transformacji gospodarczej w Polsce. W połowie lat 90. Polska, jeszcze nie będąc w UE, już zaczęła korzystać z dotacji unijnych. Powstały firmy fotogrametryczne, a w tym fotolotnicze, dysponujące najnowszym sprzętem i technologiami, często jednak bez doświadczenia. To stworzyło zapotrzebowanie na nowe rozwiązania i stało się szansą krajowego środowiska naukowego włączenia się w te procesy.

Prowadzone w ostatnich 10-15 latach prace badawczo-rozwojowe z obszaru fotogrametrii mają zarówno charakter poznawczy jak i praktyczny, związany z potrzebami gospodarczymi, z przewagą tego drugiego.

Aktualne główne obszary badawcze z poddyscypliny fotogrametria można ująć w kilkanaście tematów:

1. Standaryzacja i standardy tworzenia produktów pochodnych opracowania zdjęć i danych skanerowych.
2. Aerotriangulacja dużych bloków zdjęć lotniczych wspomagana przez GPS i INS:
   - automatyzacja aerotriangulacji,
   - parametryzacja szczątkowych błędów systematycznych (samokalibracja),
   - kalibracja kamer i całej platformy lotniczej.
3. Wykorzystanie wysokorozdzielczych obrazów satelitarnych (VHRS) do zasilania baz danych topograficznych.
4. Aktualizacja baz danych geoprzestrzennych.
5. Satelitarna interferometria radarowa (InSAR) do oceny deformacji powierzchni terenu na znacznych obszarach.
6. Wykorzystanie danych lotniczego skaningu laserowego (ALS) dla budowy precyzyjnych modeli wysokościowych – aspekty technologiczne.
7. Automatyzacja procesu budowy przestrzennych (3D) modeli obiektów i całych miast na podstawie danych lotniczego skaningu laserowego (ALS), oraz danych naziemnych (obrazowych i danych skanerowych – TLS).
8. Fuzja danych wieloźródłowych (w tym danych obrazowych i skanerowych) dla modelowania przestrzennego (3D).
9. Projektowanie, budowa i eksploatacja wielosensoralnych, mobilnych platform pomiarowych dla pomiaru szlaków kolejowych.
10. Doskonalenie metod, algorytmów i narzędzi programowych do automatyzacji opracowania sieci zdjęć naziemnych dla rekonstrukcji przestrzennej obiektów.
11. Fotogrametria niskopułapowa: metodyka opracowania danych obrazowych z bezzałogowych platform lotniczych (UAV).
12. Analiza obrazów sekwencyjnych.
13. Problemy wirtualnej rzeczywistości i geowizualizacja geodanych przestrzennych.
14. Badanie dynamiki zmian w rejonach polarnych, w tym pomiar dynamiki lodowców metodami fotogrametrycznymi.

15. Wykorzystanie fotogrametrii lotniczej, satelitarnej i naziemnej dla różnorakich zastosowań.

Polscy specjaliści z zakresu fotogrametrii włączają się do prac na poziomie międzynarodowym, m.in. biorą udział w pracach koncepcyjnych wdrażających Dyrektywę INSPIRE.

Wyniki prac badawczo-rozwojowych są prezentowane na międzynarodowych i krajowych konferencjach, m.in. kolejnych Kongresach Międzynarodowego Towarzystwa Fotogrametrii i Teledetekcji, sympozjach międzykongresowych, oraz corocznych krajowych sympozjach Polskiego Towarzystwa Fotogrametrii i Teledetekcji.

6.2.2. Ośrodki naukowe

Poddyscyplina (specjalność) „fotogrametria" mieści się w ramach dyscypliny geodezja i kartografia.

W warunkach krajowych działalność naukowo-badawcza w zakresie fotogrametrii koncentruje się w ośrodkach akademickich, prowadzących badania i realizujących edukację w dyscyplinie geodezja i kartografia. W Polsce edukację w dyscyplinie geodezja i kartografia realizują 23 uczelnie, w tym 14 publicznych i 9 niepublicznych (GEODETA, 11/2013, dane na rok akademicki 2013/2014).

Działalność naukowo-badawczą prowadzą te ośrodki, które realizują kształcenie na II stopniu nauczania (stopień magisterski). Studia takie, w trybie studiów stacjonarnych bądź niestacjonarnych (lub obu jednocześnie), prowadzą uczelnie publiczne i jedna niepubliczna. Fotogrametria jako przedmiot nauczania jest obligatoryjnie wykładana na obu poziomach kształcenia (wchodzi w tzw. minimum programowe).

Rozszerzony zakres kształcenia jest realizowany w formie specjalności „fotogrametria" (a częściej „fotogrametria i teledetekcja"), na studiach II stopnia. Jest 7 ośrodków akademickich (uczelni) prowadzących specjalność „fotogrametria i teledetekcja", wszystkie publiczne. To w tych ośrodkach naukowo-dydaktycznych prowadzona jest dydaktyka na poziomie specjalności oraz koncentrują się badania naukowe z zakresu fotogrametrii. Poniżej jest wykaz tych ośrodków akademickich, wraz z dominującą tematyką badawczą dla każdego z nich, kojarzoną z danym ośrodkiem.

1. Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Geodezji Górniczej i Inżynierii Środowiska.
   Katedra Geoinformacji, Fotogrametrii i Teledetekcji Środowiska.
   Specjalność: fotogrametria i teledetekcja.
   Tematyka badawcza:
   - automatyczna klasyfikacja danych LiDAR,
   - wielosensoralna platforma do pomiaru skrajni kolejowej,
   - inwentaryzacja polichromii ściennych,
   - fotogrametria naziemna w zastosowaniach inżynierskich,
   - termowizja w zastosowaniach przemysłowych.

2. Politechnika Warszawska, Wydział Geodezji i Kartografii.
   Zakład Fotogrametrii, Teledetekcji i Systemów Informacji Przestrzennej.
   Specjalność: fotogrametria i teledetekcja.
   Tematyka badawcza:
   - standaryzacja wytwarzania produktów fotogrametrycznych,
   - integracja danych fotogrametrycznych dla inwentaryzacji obiektów dziedzictwa kulturowego,

- obrazy sekwencyjne,
- rekonstrukcja 3D obiektów naziemnych,
- dane LiDAR w modelowaniu hydraulicznym,
- wykorzystanie danych z UAV.

3. Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego, Wydział Leśny.
   Katedra Urządzania Lasu, Geomatyki i Ekonomiki Leśnictwa. Zakład SIP i Geodezji Leśnej.
   Specjalność: fotogrametria i teledetekcja.
   Tematyka badawcza: - zastosowanie platform UAV w leśnictwie.
4. Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Wydział Inżynierii Kształtowania Środowiska i Geodezji.
   Instytut Geodezji i Geoinformatyka.
   Specjalność: fotogrametria i teledetekcja.
   Tematyka badawcza: - automatyczne modelowanie obiektów 3D z lotniczych danych skanerowych,
   - wykorzystanie danych skaningu naziemnego do inwentaryzacji 3D obiektów.
5. Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja (dawna Akademia Rolnicza) w Krakowie. Wydział Inżynierii Środowiska i Geodezji.
   Zakład Fotogrametrii i Fotointerpretacji.
   Specjalność: fotogrametria i teledetekcja.
   Tematyka badawcza: - wykorzystanie danych lotniczych i naziemnych w leśnictwie,
   - opracowanie danych LiDAR dla różnych zastosowań.
6. Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, Wydział Geodezji i Gospodarki Przestrzennej.
   Katedra Fotogrametrii i Teledetekcji.
   Specjalność: fotogrametria i teledetekcja.
   Tematyka badawcza: - interferometria radarowa (InSAR) do opracowań wysokościowych,
   - sieciowe rozwiązania zdjęć naziemnych,
   - badanie roślinności z danych wielospektralnych i hiperspektralnych.
7. Wojskowa Akademia Techniczna w Warszawie, Wydział Inżynierii Lądowej i Geodezji.
   Katedra Teledetekcji i Geoinformatyka.
   Specjalność: fotogrametria i teledetekcja.
   Tematyka badawcza: - fotogrametria niskiego pułapu (UAV),
   - zobrazowania lotnicze dla zastosowań wojskowych.

Oprócz tych ośrodków uniwersyteckich należy wymienić Instytut Geodezji i Kartografii w Warszawie, realizujący badania m.in. w zakresie fotogrametrii.

Tematyka badawcza: - aerotriangulacja wspomagana GPS/INS,
- interferometria radarowa (InSAR) dla badania deformacji powierzchni,
- integracja wieloźródłowych NMT.

Rozszerzony program nauczania z fotogrametrii może dodatkowo wystąpić na specjalnościach „geoinformatyka", czy „systemy informacji przestrzennej" (Systemy Informacji Geograficznej).

Powyższy wykaz nie obejmuje uczelni kształcących w zakresie nawigacji, włączonej do dyscypliny geodezja i kartografia.

Wymieniając krajowe ośrodki naukowe nie można pominąć Polskiej Akademii Nauk – PAN. Problemy naukowe dyscypliny geodezja, a w tym fotogrametria są w polu widzenia Komitetu Geodezji PAN (http://www.gik.pan.pl).

Komitet dba o upowszechnienie wyników badań, zajmuje się przygotowaniem ocen stanu i potrzeb dyscypliny i powiązanych z nią instytucji naukowych, przygotowaniem opinii, ocen i prognoz naukowych. Dba o wkład nauki polskiej w rozwój nauki światowej poprzez rozwój współpracy naukowej i ocenę wydawnictw naukowych.

Wydawnictwem sygnowanym przez Komitet Geodezji PAN jest „Geodesy and Cartography" (http://www.gik.pan.pl).

Prace z zakresu fotogrametrii publikowane są również w Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji", wydawanym przez Polskie Towarzystwo Fotogrametrii i Teledetekcji, „Reports on Geodesy" wydawanym przez Wydział Geodezji i Kartografii Politechniki Warszawskiej, miesięczniku „Przegląd Geodezyjny", czy Magazynie „GEODETA".

6.2.3. Związki z geoinformacją

Istotą GIS są analizy przestrzenne na geodanych. O wartości systemów GIS i ich użyteczności decydują dane (geodane), ich rodzaj i jakość (dokładność lokalizacyjna, aktualność, itp.). To one stanowią o kosztach systemu (koło 90% ogółu kosztów), zasadne jest zatem pytanie o źródła geodanych zasilających systemy GIS.

Głównym źródłem geodanych są wyniki opracowań fotogrametrycznych. Produkty takie, będące bazą systemów GIS, są w pierwszym rzędzie pochodną opracowania zdjęć lotniczych i danych lotniczego skaningu laserowego (ALS). W dalszej kolejności można wymienić:

- opracowania satelitarnych danych obrazowych (zdjęć) i interferometrii radarowej – InSAR (głownie satelitarnej, rzadziej lotniczej),
- opracowania naziemnych danych obrazowych (zdjęć cyfrowych) i danych naziemnego skaningu laserowego (TLS).

Wśród typowych produktów fotogrametrycznych w pierwszym rzędzie można wymienić:

1. Zdjęcia lotnicze z elementami orientacji zewnętrznej każdego z nich, wyznaczonymi w procesie aerotriangulacji, lub pomierzonymi bezpośrednio w locie. Zdjęcia takie zwykle nie są produktem końcowym, stanowią dane wejściowe do opracowania właściwych, finalnych produktów fotogrametrycznych.
2. Mapy, obecnie w formie cyfrowej (dawniej analogowej), o różnej skali i zakresie treści (mapy topograficzne, mapy zasadnicze, mapy dla celów projektowych, itd.).
3. Bazy danych obiektów topograficznych o różnym zakresie treści, różnej dokładności lokalizacyjnej obiektów i różnych atrybutach je opisujących.

4. Modele wysokościowe, a w tym numeryczne modele terenu (NMT), tj. modele opisujące ukształtowanie powierzchni terenu i numeryczne modele pokrycia terenu (NMPT), opasujące obiekty znajdujące się na powierzchni terenu (np. budynki, drzewa, infrastruktura napowietrzna). Modele takie są wynikiem opracowania zdjęć lotniczych, danych lotniczego skaningu lotniczego (ALS), lub istniejących opracowań kartograficznych, rzadziej interferometrii radarowej.
5. Modele przestrzenne (3D) budynków, budowli i całych miast (tzw. modele 3D miast). Modele takie są wynikiem opracowania zdjęć lotniczych, lub – rzadziej - satelitarnych,danych lotniczego skaningu laserowego, lub danych skaningu naziemnego i zdjęć naziemnych.
6. Cyfrowe ortofotomapy, będące przekształceniem zdjęć lotniczych (lub satelitarnych) na rzut ortogonalny, z wykorzystaniem NMT. Mapy takie są wynikiem cyfrowego opracowania zdjęć i mają postać rastrową, zastąpiły wcześniej tworzone fotomapy w technologii analogowej.
7. Inne opracowania pomiarowe, w tym opracowania bliskiego zasięgu, realizowane dla różnych zastosowań. Forma tych opracowań może być zróżnicowana, w zależności od potrzeb i charakteru opracowania.

Te produkty są danymi wejściowymi dla systemów informacji geograficznej. Bez nich systemy takie byłyby „martwe”.

Mając świadomość tych związków, oraz ich wagi dla systemów GIS na tle innych źródeł danych, można stwierdzić, że opracowania fotogrametryczne stanowią przysłowiową „pompę” zasilającą i napędzającą GIS. Związek ten jest tak silny, że z punktu widzenia geoinformacji, fotogrametrię uznać można za jej integralną składową. W warunkach krajowych referencyjne geodane wytwarza państwowa służba geodezyjna, są gromadzone w tzw. państwowym zasobie geodezyjnym, rozproszonym w ośrodkach dokumentacji geodezyjnej i kartograficznej szczebla centralnego (http://www.codgik.gov.pl), wojewódzkiego i powiatowego, skąd są łatwo dostępne dla instytucji publicznych, ośrodków naukowo-badawczych, firm komercyjnych i innych użytkowników.

Bliższe informacje o zapotrzebowaniu na rodzaje produktów pochodzących z przetworzenia danych obrazowych znajdują się w załączniku 16.2. opracowania, a o trendach rozwoju fotogrametrycznych danych obrazowych w rozdz. 6.3.2

6.2.4. Kompetencje zawodowe (zawód wyuczony)

Standardy kształcenia w dyscyplinie „geodezja i kartografia”, a w tym w zakresie fotogrametrii określają rozporządzenia z roku 2002, 2003 i 2007.

Choć formalnie standardy te nie obowiązują, zostały zastąpione przez Krajowe Ramy Kwalifikacyjne – KRK, to w praktyce programy nauczania geodezji określone na bazie standardów nadal funkcjonują. Standardy te określają minimalne obciążenia godzinowe w programach kształcenia m.in. z fotogrametrii, na obu poziomach kształcenia (inżynierski i magisterski).

W charakterystyce sylwetki absolwenta studiów magisterskich mówi się m.in.: „Absolwent powinien posiadać umiejętności posługiwania się nowoczesnymi technikami pomiarów geodezyjnych, fotogrametrycznych i teledetekcyjnych oraz wiedzę umożliwiającą stosowanie

komputerowych technik gromadzenia i przetwarzania informacji o środowisku geograficznym".

W treściach programowych z fotogrametrii kładzie się nacisk na metody obserwacji i pomiarów zdjęć, analityczne opracowanie stereogramu, cyfrowe technologie fotogrametryczne i ich zastosowania.

Obecnie, standardy kształcenia w dyscyplinie geodezja i kartografia zostały zastąpione przez Krajowe Ramy Kwalifikacyjne, wprowadzane przez poszczególne uczelnie. Określają one efekty kształcenia w obszarze wiedzy, umiejętności i kompetencji społecznych, które wykazywać powinien absolwent.

Dla przykładu, w KRK wprowadzonych przez Wydział Geodezji i Kartografii Politechniki Warszawskiej znajdujemy, że absolwent studiów drugiego stopnia, po specjalności „fotogrametria i teledetekcja", wykazuje następujące efekty kształcenia (tylko wybrane). W obszarze wiedzy:

- ma poszerzoną wiedzę na temat budowy numerycznych modeli terenu (NMT), numerycznych modeli pokrycia terenu (NMPT) oraz modeli budowli,
- ma rozszerzoną wiedzę w zakresie, metod pomiaru, zapisu i wizualizacji brył budynków oraz innych obiektów na powierzchni terenu, jako elementów przestrzennego modelu miasta,
- ma uporządkowaną i pogłębioną wiedzę w zakresie technik i technologii fotogrametrycznych, a w tym tworzenia map obrazowych, map wektorowych i modeli wysokościowych z opracowania zdjęć naziemnych, lotniczych i satelitarnych, oraz naziemnego i lotniczego skaningu laserowego,
- ma uporządkowaną i aktualną wiedzę o stosowanych w praktyce technologiach fotogrametrycznych, stanie krycia kraju produktami pochodnymi opracowania zdjęć lotniczych i satelitarnych, oraz standardach stosowanych w tym zakresie w kraju i Europie,
- ma zaawansowaną wiedzę z zakresu integracji produktów fotogrametrycznych pozyskanych z danych wieloźródłowych,
- ma zaawansowaną wiedzę z zakresu metod cyfrowego przetwarzania i interpretacji obrazów lotniczych i satelitarnych,
- ma pogłębioną wiedzę na temat zastosowań fotogrametrii i teledetekcji, w tym wiedzę w zakresie wykorzystania metod i technologii fotogrametrycznych i teledetekcyjnych do pozyskiwania danych dla budowy baz danych topograficznych i tematycznych.

W obszarze umiejętności:

- potrafi projektować systemy informacji przestrzennej, bazy danych przestrzennych, pozyskiwać do nich dane oraz udostępniać je w sieci Internet ,
- potrafi automatyzować pracę na danych przestrzennych poprzez pisanie prostych makr, programów i aplikacji, w tym opracować i zaprogramować podstawowe algorytmy geometrii obliczeniowej ,
- potrafi tworzyć zaawansowane numeryczne modele terenu (NMT), numeryczne modele pokrycia terenu (NMPT) oraz modele budowli,
- potrafi wytworzyć i wizualizować przestrzenny model miasta o różnym stopniu szczegółowości na bazie opracowania zdjęć naziemnych i lotniczych oraz danych naziemnego i lotniczego skaningu laserowego,

- potrafi powiązać parametry zdjęć lotniczych i satelitarnych z parametrami jakościowymi produktów, które można z nich wytworzyć; potrafi zaprojektować parametry zdjęć dla realizacji określonego zadania pomiarowego,
- potrafi wytworzyć zaawansowane technologicznie produkty fotogrametryczne i ocenić ich jakości i przydatność na tle innych dostępnych technik pomiarowych,
- potrafi dobrać i zastosować odpowiednie metody przetwarzania cyfrowego obrazów satelitarnych w zależności od postawionego zadania i zastosowania oraz rodzaju wykorzystywanych danych (dane optyczne, termalne, radarowe), w tym potrafi wprowadzić korekcje radiometryczne,
- potrafi zintegrować produkty fotogrametryczne pozyskane z danych wieloźródłowych.

W obszarze kompetencji społecznych:

- potrafi myśleć i działać w sposób kreatywny i przedsiębiorczy,
- rozumie potrzebę formułowania i przekazywania społeczeństwu — m.in. poprzez środki masowego przekazu — informacji i opinii dotyczących osiągnięć geodezji i kartografii i innych aspektów działalności inżyniera geodety i kartografa; podejmuje starania, aby przekazać takie informacje i opinie w sposób powszechnie zrozumiały, przedstawiając różne punkty widzenia,
- ma świadomość ważności i rozumie pozatechniczne aspekty i skutki działalności inżynierskiej, i związanej z tym odpowiedzialności za podejmowane decyzje,
- potrafi współdziałać i pracować w grupie, przyjmując w niej różne role,
- ma świadomość odpowiedzialności za przekazane wyniki prac geodezyjnych i kartograficznych oraz potencjalnych skutków jakie mogą one wywołać,
- potrafi nawiązywać poprawne relacje z ludźmi w toku realizacji prac geodezyjno-kartograficznych, a także współpracować z przedstawicielami innych zawodów.

6.3. Światowe trendy rozwoju fotogrametrii

6.3.1. Wprowadzenie

W światowych trendach fotogrametrii przewijają się dwa główne nurty: ogólnopoznawczy, oraz utylitarny, dostosowany do potrzeb gospodarki. Wyraźnie dominującym jest ten drugi aspekt, zorientowany na zastosowania.

Niepodważalne jest zapotrzebowanie na precyzyjną informację o otaczającej nas przestrzeni fizycznej, rozumianej jako naturalna powierzchnia terenu wraz z obiektami i zachodzącymi na niej zjawiskami (naturalnymi i powodowanymi działalnością człowieka).

Szacuje się, że około 80% decyzji podejmowanych przez każdą administrację związanych jest z dysponowaniem danymi przestrzennymi, dającymi się odnieść do konkretnej lokalizacji geoprzestrzennej. Decyzje te mają bezpośrednie przełożenie na komfort naszego życia.

Do niedawna głównym źródłem takich danych były różne co do dokładności, szczegółowości i zakresu treści mapy papierowe. Obecnie, w dobie wszechobecnej komputeryzacji i masowej komunikacji, dane te przybierają formę baz danych obiektów topograficznych, na których opierają się systemy informacji przestrzennej, określane angielskim akronimem GIS. Techniki komputerowe pozwalają wykonywać na tych danych skomplikowane analizy

przestrzenne złożonych procesów środowiskowych, trudne do prowadzenia z wykorzystaniem tradycyjnych map papierowych.

Ponad 100 lat rozwoju fotogrametrii, szczególnie fotogrametrii lotniczej, dowiodło jej skuteczności jako wysokowydajnego źródła danych geoinformacyjnych.

Fotogrametria, jak każda dziedzina nauki i techniki podlega rozwojowi. Po epoce fotogrametrii analogowej, nastąpiła fotogrametria analityczna, a w latach 90. ubiegłego stulecia nastała era fotogrametrii cyfrowej.

Istotą fotogrametrii cyfrowej jest cyfrowa postać danych, tj. zdjęć. Zdjęcia zamiast w postaci analogowej (na filmie) występują tu w postaci rastrowej i jako takie poddawane są opracowaniu na fotogrametrycznych stacjach cyfrowych. Stacje takie wyglądają jak komputerowe stacje graficzne. O ich możliwościach decyduje zaimplementowane specjalistyczne oprogramowanie fotogrametryczne. Ze względu na swoją funkcjonalność stacje są określane jako autografy cyfrowe.

Za początek ery fotogrametrii cyfrowej uznaje się rok 1991 – rok pojawienia się pierwszych komercyjnych stacji fotogrametrycznych. W drugiej połowie lat 90. stacje zaczęły skutecznie wypierać z produkcji fotogrametrycznej autografy analityczne. Nastąpiła dominacja technologii cyfrowych trwająca do dziś. W pierwszych latach ery fotogrametrii cyfrowej, w ciągu technologicznym zorientowanym cyfrowo, jedyny wyłom stanowiły same zdjęcia. Ażeby je wprowadzić do cyfrowej technologii konieczna była ich wcześniejsza zamiana na postać cyfrową, co następowało w procesie skanowania na specjalistycznych skanerach. Pojawienie się na rynku lotniczych kamer cyfrowych (po 2000 r.) i stopniowe wypieranie kamer analogowych pozwoliło zlikwidować ten wyłom.

Nie będzie przesadą stwierdzenie, że tempo rozwoju metod fotogrametrycznych jest imponujące i wyróżniające fotogrametrię na tle innych specjalności geodezyjnych, oferujących odrębne metody i technologie pomiarowe.

6.3.2. Źródła fotogrametrycznych danych obrazowych – stan obecny i trendy rozwoju

6.3.2.1. Zdjęcia lotnicze

Podstawowym źródłem danych fotogrametrycznych są i w najbliższym okresie pozostaną zdjęcia lotnicze. W roku 2000 (a praktycznie po roku 2003) weszły na rynek tzw. wielkoformatowe kamery cyfrowe, które zaczęły szybko wypierać kamery analogowe (na film zwojowy).

Obecnie, już od kilku lat (od około roku 2005-2007) nie są produkowane kamery analogowe, a na rynku wykonawstwa zdjęć przewagę zdobyły kamery cyfrowe. W Polsce (i praktycznie Europie) od około 3-4 lat zdjęcia wykonywane są wyłącznie kamerami cyfrowymi.

W zakresie konstrukcji, występują dwa rodzaje kamer: kamery kadrowe z matrycą CCD (prostokątny kadr, geometria zbliżona do tradycyjnych zdjęć), oraz skanery elektrooptyczne z linijkami detektorów CCD.

Wielkoformatowe kamery cyfrowe standardowo wykonują zdjęcia w zakresach: panchromatycznym, niebieskim, zielonym, czerwonym i podczerwonym. Pod względem

jakości geometrycznej (wartość szczątkowych zniekształceń) i radiometrycznej, kamery te przewyższają wcześniejsze kamery analogowe.

Współczesne kamery są zwykle wyposażone w zintegrowany system GPS/INS, co pozwala mierzyć w locie elementy orientacji zewnętrznej zdjęć (położenie środka rzutów i kąty nachylenia), realizując tzw. georeferencję wprost. Pozwala to radykalnie zmniejszyć zapotrzebowanie na punkty polowej osnowy fotogrametrycznej (fotopunkty), a dla wielu zastosowań zrezygnować całkowicie z takiej osnowy. Oznacza to istotne zmniejszenie kosztów.

Wyraźnie obserwowanym trendem w zakresie zdjęć lotniczych jest rosnące zapotrzebowanie na zdjęcia w coraz większej skali (tj. o większej rozdzielczości terenowej), obserwowane szczególnie w krajach rozwiniętych. Obecnie dla obszarów miast wykonuje się standardowo zdjęcia o rozdzielczości terenowej 0,10 m, a nawet lepsze.

6.3.2.2. Obrazowanie satelitarne

Obrazy satelitarne dostępne dla środowiska geoinformacyjnego od ponad 40 lat były (i są) w centrum zainteresowania specjalistów teledetekcji, do niedawna w mniejszym stopniu służyły do opracowań pomiarowych.

Globalna odwilż w stosunkach międzynarodowych zaowocowała z końcem lat 90. ubiegłego stulecia powstaniem komercyjnych, wysokorozdzielczych systemów obrazowania powierzchni Ziemi, tzw. systemów o bardzo dużej rozdzielczości - VHRS (ang. *Very High Resolution Satellites*), dostarczających obrazy z terenowym pikselem poniżej 1 m. Nie jest przesadą stwierdzenie, że systemy te otwarły „nową erę" obrazowania satelitarnego i skłaniają do rewizji ukształtowanych przez 40 lat poglądów w tym zakresie. Dotychczas wyraźnie rozróżniało się obrazowanie lotnicze i satelitarne. To rozróżnienie dotyczyło nie tylko różnych pułapów pozyskiwania zdjęć i obrazów, ale całkowicie różnych zdolności rozdzielczych pozyskiwanych z obu tych pułapów. Zaistnienie satelitarnych obrazów „metrowych" oznacza zrównanie przepaści różnej zdolności rozdzielczej obu tych źródeł; satelitarne obrazy metrowe są pod tym względem równowartościowe drobnoskalowym i średnioskalowym zdjęciom lotniczym.

Obecnie od kilku lat operują systemy o rozdzielczości (piksel terenowy) 0,50 m, i wchodzą w użycie systemy z rozdzielczością 0,30 m.

Obrazy te są pełnowartościowymi danymi do pomiarowych opracowań fotogrametrycznych i wytwarzania cyfrowych ortofotomap, modeli wysokościowych i modeli przestrzennych (3D). Systemy VHRS posiadają precyzyjne systemy pomiaru orientacji, co pozwala tylko na ich podstawie (tj. bez osnowy terenowej) geolokalizować obiekty z dokładnością sytuacyjną na poziomie 2-3 m.

W zakresie obrazowania satelitarnego obserwuje się wyraźne trendy:
- zbliżenie sektora cywilnego i wojskowego (tzw. *dual use*),
- ciągły wzrost rozdzielczości przestrzennej,
- wzrost rozdzielczości spektralnej,
- wzrost tzw. częstotliwości rewizyt,
- doskonalenie dystrybucji obrazów,
- obniżenie cen obrazów,
- doskonalenie metod i narzędzi do pomiarowego opracowania obrazów.

Obecnie obrazy satelitarne są nadal droższe od zdjęć lotniczych o porównywalnej rozdzielczości. Obserwuje się jednak obniżanie cen. Rośnie zainteresowanie obrazami VHRS, szczególnie w obszarach słabiej pokrytych produktami geoinformacyjnymi.

Nie obserwuje się wypierania zdjęć lotniczych przez obrazy satelitarne VHRS, choć to prognozowano na początku ery VHRS, raczej następuje wzrost zapotrzebowania na oba te źródła danych obrazowych, przy zachowaniu stałej proporcji między nimi (patrz załącznik 16.2.2. i rys. 16.2.6).

6.3.2.3. Lotnicze skanowanie laserowe – ALS

Lotniczy skaning laserowy – ALS (ang. *Airborne Laser Scanning*), określany również jako LiDAR (ang. *Light Detection and Ranging*) dostarcza tzw. „chmury punktów" przestrzennych należących do powierzchni gruntu oraz obiektów „wystających" ponad tę powierzchnię. Punkty te są na tyle gęste, że tworzą przestrzenną, quasi-ciągłą reprezentację powierzchni terenowej i obiektów na niej położonych.

Choć głównym produktem ALS nie są obrazy, lecz współrzędne przestrzenne punktów, to powszechnie uznaje się tę technikę jako jedną z technik fotogrametrycznych. Jest to stosunkowo nowa technika, obserwuje się jednak gwałtowny jej rozwój.

Główne trendy rozwoju ALS to:

- zwiększanie częstotliwości generowania punktów laserowych, obecne systemy emitują do 400 tys. punktów na sekundę,
- rejestracja nie tylko pojedynczego odbicia sygnału od terenu (echa), ale kilku ech (kilku odbić), odbitych od przestrzennego obiektu, np. drzewa, a obecnie rejestracja pełnego kształtu fali odbitej (tzw. *full-waveform*), która pozwala na szczegółowe analizy obiektu, np. pokrywy roślinnej,
- łączenie skanowania laserowego (ALS) z rejestracją kamerą cyfrową, co pozwala na automatyczne tworzenie modeli wysokościowych i ortofotomapy.

Dane lidarowe znajdują zastosowanie do tworzenia przestrzennych numerycznych modeli terenu (NMT), numerycznych modeli pokrycia terenu (NMPT), modeli przestrzennych miast (3D) i obiektów infrastruktury technicznej (np. linii energetycznych). Są przydatne w geodezji, leśnictwie, gospodarce wodnej, planowaniu przestrzennym, archeologii, ochronie środowiska i wielu innych dziedzinach. W zakresie tworzenia precyzyjnych modeli wysokościowych LiDAR wypiera zdjęcia lotnicze (patrz załącznik 16.2. i rys. 16.3 i 16.5).

6.3.2.4. Bezzałogowe platformy lotnicze

W ostatnich kilku latach obserwuje się niebywały wprost wzrost zainteresowania bezzałogowymi środkami lotniczymi – BSL, często określanymi angielskim akronimem UAV (ang. *Unmanned Aerial Vehicles*). Najczęściej są to platformy klasy mikro (masa do 5 kg): płatowce (samoloty) i wielowirnikowce. Sterowane drogą radiową mogą być wyposażane w lekkie kamery cyfrowe i inną aparaturę obrazującą. Systemy UAV szybko przeszły transformację z „zabawek" do narzędzi (ang. *from toys to tools*).

Systemom tym wróży się dalszy rozwój. Niski koszt takich platform (w porównaniu z tradycyjnymi samolotami fotogrametrycznymi), łatwość obsługi (nie są potrzebne lotniska z ich infrastrukturą), ale z drugiej strony ograniczony zasięg, czynią te platformy użytecznymi do obrazowania małych obiektów (do kilku km^2 w jednej misji), oraz obiektów wymagających

cyklicznej rejestracji (odkrywki, hałdy, uprawy, itd.) i zadań wymagających dużej dyspozycyjności (np. sytuacje awaryjne, monitoring ruchu drogowego itp.), a więc w sytuacjach, w których zastosowanie tradycyjnego samolotu fotogrametrycznego byłoby ekonomicznie nieuzasadnione.

Gwałtownie rozwija się oprogramowanie do opracowania dużej liczby zdjęć pozyskiwanych z takich platform i wytwarzania produktów finalnych, najczęściej modeli przestrzennych terenu (3D) i ortofotomap. Kładzie się nacisk aby oprogramowanie takie było w dużym stopniu autonomiczne, nie wymagające wyspecjalizowanego operatora, co otwiera dostęp do opracowań fotogrametrycznych nie-fotogrametrom.

Rozwój UAV idzie m.in. w kierunku budowy i instalowania superlekkich kamer cyfrowych, kamer wielospektralnych, kamer termalnych, skanerów laserowych (LiDAR). O poważnym traktowaniu tego źródła danych geoinformacyjnych świadczą liczne konferencje poświęcone tej problematyce, publikacje naukowe z tego zakresu, oraz włączenie do swoich ofert producentów sprzętu fotogrametrycznego i oprogramowania rozwiązań hardwarowych i softwarowych specjalnie dedykowanych dla UAV. UAV są już obecnie wykorzystywane do komercyjnych zadań kartograficznych.

Rozwój UAV jest tak gwałtowny, że może w najbliższych latach zmienić postrzeganie obrazowania z pułapu lotniczego.

Pewną odmianą platform bezzałogowych są platformy stratosferyczne HALE UAV (ang. *High Altitude Long Endurance Unmanned Aerial Vehicles*). Platformy takie, napędzane bateriami słonecznymi, operują na wysokości 20-30 km nad ziemią, nieprzerwanie przez wiele dni, a nawet tygodni. Udane próby lotów takich platform pozwalają oczekiwać, że wkrótce powstaną ich flotylle, wyposażone w aparaturę obrazującą, sprawnie przemieszczające się i obrazujące interesujące obszary.

Można je postrzegać jako platformy pośrednie, między tradycyjnymi platformami lotniczymi a platformami satelitarnymi. Ich duża dyspozycyjność pozowali monitorować np. obszary klęsk żywiołowych, transport substancji potencjalnie groźnych dla środowiska, uprawy rolnicze (tzw. „precyzyjne rolnictwo”) i wielu innych obiektów i zjawisk ważnych z punktu widzenia ochrony środowiska.

Przykładem takiej platformy może być rozwijana europejska platforma PEGASUS (http://www.pegasus4europe.com). Planuje się jej wyposażenie w wielospektralną kamerę cyfrową, kamerę termalną, skaner laserowy (LiDAR) i system radarowy (InSAR).

6.3.2.5. Satelitarne obrazowanie radarowe i interferometria radarowa - InSAR

Wśród technik obrazowania o dużym potencjale wzrostowym należy wymienić obrazowanie radarowe (mikrofalowe), szczególnie z pułapu satelitarnego, a w tym technikę interferometrii radarowej – InSAR. Technika ta dostarcza dane wysokościowe o zasięgu globalnym. Można tu wymienić Misję Topograficzną Promu Kosmicznego - SRTM (ang. *Shuttle Radar Topographic Mission*), a obecnie TanDEM-X. Wynikiem misji TanDEM-X są dane wysokościowe (numeryczny model pokrycia terenu – NMPT) o zasięgu globalnym, o dokładności wysokościowej na poziomie 1-2 m

(http://www.dlr.de/hr/en/desktopdefault.aspx/tabid-2317/).

Należy się spodziewać dalszego postępu w tym zakresie i kolejnych misji satelitarnych.

6.3.2.6. Mobilne platformy inwentaryzacyjne – MMS

W latach 90. ubiegłego stulecia pojawiły się mobilne platformy inwentaryzacyjne – MMS (ang. *Mobile Mapping Platforms*), określane również jako mobilne platformy kartograficzne. Są instalowane na samochodach lub platformach kolejowych, składają się z kilku zintegrowanych systemów obrazujących i pomiarowych. Najczęściej są nimi:

- zespoły kamer cyfrowych,
- naziemne skanery laserowe,
- systemy pozycjonowania GPS i INS,
- odometry,
- inne.

Systemy mobilne rejestrują w ruchu obiekty w pasie przemieszczania się platformy, najczęściej są to pasy dróg kołowych, szlaków kolejowych, czy pasy ulic z zabudową miejską.

Systemy pozycjonowania (GPS/INS), sprzężone z systemami obrazującymi, pozwalają w trakcie ruchu mierzyć elementy orientacji zewnętrznej pozyskiwanych obrazów, czyli realizować tzw. georeferencję wprost, co umożliwia, bez innych danych terenowych, tworzyć precyzyjne przestrzenne modele zarejestrowanych obiektów, np. skrajni kolejowej, czy modeli miast (3D).

Rozwijają się same platformy i – w jeszcze większym stopniu – metody obróbki danych i tworzenia produktów finalnych.

6.3.3. Rozwój metod i narzędzi

Cyfrowa postać danych (analogowe zdjęcia skanowane lub pozyskane kamerami cyfrowymi) pozwoliła na rozwój fotogrametrycznych technologii cyfrowych. Technologie te wyróżnia spośród wcześniejszych i innych technik pomiarowych stopień automatyzacji.

Wydawać by się mogło, że zamiana zdjęć na postać cyfrową jest tylko zabiegiem technicznym, tym bardziej, że „jądro fotogrametryczne" dalszych etapów opracowania zdjęć pozostaje niezmienione. Co zatem decyduje o atrakcyjności fotogrametrii cyfrowej i jej niezaprzeczalnym sukcesie? Odpowiedź brzmi: **automatyzacja**.

Opracowanie zdjęć w postaci cyfrowej pozwoliło na automatyzację tego procesu. Już sama obserwacja zdjęć może być zautomatyzowana dzięki technikom tzw. **dopasowania obrazów** (ang. *Image Matching*), zbliżonym do widzenia maszynowego, wykorzystywanego w robotyce. Nadal trwa rozwój metod dopasowania obrazów, idący w kierunku wzrostu niezawodności tego procesu.

W nurcie rozwoju metod fotogrametrycznych, a w tym dopasowania obrazów, obserwuje się zainteresowanie metodami wypracowanymi przez środowisko robotyków, tzw. widzenie maszynowe (ang. *Computer Vision*). Oba środowiska, choć dla różnych celów, posługując się różnym aparatem pojęciowym, stawiają sobie zbieżne zadania.

Zautomatyzowanie obserwacji jest kluczem m.in. do automatyzacji procesu **aerotriangulacji**.

Prawie całkowicie zautomatyzowane jest opracowanie **numerycznego modelu terenu**, oparte na automatycznym pomiarze przestrzennym do kilkuset tysięcy punktów na jednym zdjęciu. Również opracowanie cyfrowej **ortofotomapy** – obecnie najpowszechniejszego produktu kartograficznego – jest wysoce zautomatyzowane. Jedynym produktem nadal wymagającym znacznego nakładu pracy operatora jest tworzenie mapy w postaci wektorowej poprzez digitalizację przestrzennego modelu zbudowanego ze zdjęć.

Obserwacje automatyczne są, w porównaniu z tradycyjnymi obserwacjami stereoskopowymi, zdecydowanie szybsze, zawierają jednak znaczny odsetek obserwacji pomyłkowych. Algorytmy wykorzystywane w cyfrowych stacjach fotogrametrycznych zawierają co prawda „jądro fotogrametryczne" bardzo podobne do wcześniej używanych np. w autografie analitycznym, ale to „jądro" musi być dodatkowo obudowane procedurami pozwalającymi na eliminację ze zbioru danych obserwacji błędnych. Opierają się one na dość złożonych metodach statystycznych. Procedury te są skuteczne, a przebieg całego procesu jest niezawodny i automatyczny (nie wymaga ingerencji operatora) dzięki olbrzymiej nadliczbowości obserwacji.

Współczesna fotogrametria, a w tym fotogrametria cyfrowa, nie ogranicza się tylko do opracowania zdjęć lotniczych. Innym, ważnym źródłem danych, o szybko rosnącym znaczeniu, są dane lotniczego skaningu laserowego - ALS, a także dane skaningu naziemnego - TLS. Rośnie również znaczenie danych obrazowych pozyskiwanych z pułapu satelitarnego. Wymienione dane źródłowe są przedmiotem zainteresowania fotogrametrii cyfrowej, a ich cyfrowa postać idealnie przystaje do procesu dalszego, zautomatyzowanego opracowania.

Imponujący jest postęp technologii **aerotriangulacji**. Obecnie łączy się w jeden blok po kilka tysięcy (i więcej) zdjęć, a dokładność otrzymywanych w warunkach produkcyjnych w tym procesie współrzędnych przestrzennych punktów jest na poziomie połowy wymiaru piksela zdjęć. Dla przykładu, dla obszaru Warszawy (około 700 km^2), pokrytego przez 3-4 tys. zdjęć z rozdzielczością (pikselem) 0,10 m oznacza to dokładność około 0,05 m. Warto podkreślić, że ta dokładność jest jednorodna dla całego obszaru (to zaleta opracowań fotogrametrycznych), otrzymana przy bardzo małej liczbie punktów terenowych. Jest to więc dokładność na poziomie dokładności bezpośredniego pomiaru terenowego. Cały proces aerotriangulacji jest zautomatyzowany, realizowany praktycznie bez ingerencji operatora. Taki wynik kilka-kilkanaście lat temu był nie do pomyślenia.

Wśród podstawowych produktów fotogrametrycznych zdecydowanie na czoło wysunęła się **cyfrowa ortofotomapa**, kosztem redukcji opracowań opartych na stereodigitalizacji manualnej. Wszystkie etapy wytwarzania ortofotomapy są obecnie zautomatyzowane (proces aerotriangulacji, generowania NMT i sam proces ortorektyfikacji z mozaikowaniem i korekcją radiometryczną). Czyni to ortofotomapę produktem realizowanym w krótkim cyklu produkcyjnym i tanim, co sprzyja częstej jej aktualizacji.

Stosunkowo łatwy i relatywnie tani dostęp do aktualnych zdjęć lotniczych pozwala tworzyć i utrzymywać w stanie aktualności ortofotomapy w skali krajowej i regionalnej. Znamienny jest tu projekt „globalne ortofoto" firmy Microsoft, zamierzającej w ciągu 2 lat pokryć USA i 14 krajów Europy ortofotomapą o rozdzielczości 0,30 m. Jeśli zestawić rozdzielczość zdjęć lotniczych, wielkość obszaru i czas realizacji to dojdziemy do wniosku, że jest to przedsięwzięcie bezprecedensowe.

Rośnie popularność i zapotrzebowanie na modelowanie przestrzenne, w tym tworzenie wirtualnych, **fotorealistycznych modeli miast** (3D *City Model*). Modele takie tworzy się ze zdjęć lotniczych i danych skaningu laserowego. Pomocne mogą być dane z platform mobilnych MMS i lotnicze zdjęcia nachylone (do tworzenia fotorealistycznych fasad bocznych budynków). W tym zakresie obserwuje się również aktywność fotogrametrów-amatorów.

Przejawy takiej aktywności obserwuje się w portalu Google. Oferuje on darmowe, intuicyjne w użyciu oprogramowanie Google SketchUp, które umożliwia, na bazie zdjęć wykonanych amatorskim aparatem cyfrowym, budowę przestrzennych modeli obiektów (np. budynków) i „wklejanie" ich do wirtualnego globuGoogle Earth.

Ruch ten, coraz powszechniejszy, można określić mianem „**fotogrametrii społecznościowej**" poprzez analogię do podobnych ruchów: „kartografii społecznościowej", czy - szerszego ruchu - „społecznościowej informacji geograficznej" – VGI (ang. *volunteered geographic information*). Jest to zjawisko obserwowane w branży geoinformacyjnej z silną tendencją wzrostową. VGI oznacza zbieranie i rozpowszechnianie danych geograficznych przez indywidualnych wolontariuszy. Przejawem takich ruchów jest WikiMapa, OpenStreetMap, czy Gogle Map Maker. Siłą napędową takich oddolnych inicjatyw jest „Wolne Otwarte Oprogramowanie GIS" (*Open Source*), przy równoczesnym nieograniczonym i łatwym dostępie do GPS i mobilnych środków komunikacji. Profesjonalne środowisko fotogrametryczne nie powinno lekceważyć takich inicjatyw.

Rośnie rola **lotniczego skaningu laserowego**, który staje się najważniejszym źródłem geodanych, konkurującym pod tym względem ze zdjęciami lotniczymi. Zaletą tych danych jest m.in. duża podatność na automatyzację opracowania. Trwają nadal intensywne prace nad rozwojem metod automatycznego opracowania danych LiDAR.

Wart podkreślenia jest rozwój tzw. LiDARa batymetrycznego, przeznaczonego do sondowania przybrzeżnych wód morskich i wód śródlądowych dla opracowania batymetrii dna.

W zakresie opracowań topograficznych tradycyjne mapy zastępują obecnie **bazy danych topograficznych**, stanowiące wejście do systemów GIS, dające nieograniczone możliwości analiz przestrzennych opartych na tych danych. Budowane są geoportale zawierające olbrzymie zbiory danych geoprzestrzennych. Ułatwiony jest do nich dostęp. Popularne stają się **usługi internetowe**, umożliwiające użytkownikom z dostępem do sieci (co obecnie jest standardem), ale bez specjalistycznego oprogramowania i specjalistycznej wiedzy, dostęp do tych danych i tworzenie własnych opracowań na bazie danych rozproszonych w wielu geoportalach.

Aby była możliwa taka wymiana danych pochodzących z różnych źródeł konieczna jest tzw. **infrastruktura danych przestrzennych** – SDI (ang. *Spacial Data Infrastructure*). Karierę zrobiły takie pojęcia jak „harmonizacja danych", „interoperacyjność zbiorów danych i usług danych przestrzennych", czy „harmonizacja baz danych". Przykładem takiej infrastruktury w skali europejskiej jest Infrastruktura Informacji Przestrzennej dla Europy - INSPIRE (ang. **Infrastructure for Spatial Information in the European Community**) (http://inspire.ec.europa.eu). Jest to gigantyczne przedsięwzięcie, ale i dobra ilustracja kierunku rozwoju geoinformacji.

Budowę takich infrastruktur można uznać za najważniejszy kierunek rozwoju geoinformacji, ułatwiający każdemu dostęp do danych i usług.

6.3.4. Przyszłość i wyzwania stojące przed fotogrametrią

Obserwując zapotrzebowanie na geodane i geoinformację, oraz obecny rozwój fotogrametrii, można wskazać prawdopodobne kierunki jej rozwoju w najbliższych latach. Są to:

- rozwój metod automatyzacji procesów obróbki bardzo dużych zbiorów danych,
- doskonalenie metod opracowania chmur punktów (z danych ALS i dopasowania obrazów),
- automatyzacja modelowania przestrzennego i tworzenia fotorealistycznych, wirtualnych modeli miast,
- fuzja danych wieloźródłowych, a w tym danych obrazowych i danych skanerowych,
- rozwój metod i algorytmów automatycznej ekstrakcji obiektów ze zdjęć i danych LiDAR,
- łączenie pakietów oprogramowania do fotogrametrycznego opracowania zdjęć i danych LiDAR z pakietami typu GIS, np. ArcGIS,
- rozwój bezzałogowych lotniczych platform UAV i platform stratosferycznych HALE UAV,
- rozwój infrastruktur danych przestrzennych,
- rozwój fotogrametrii społecznościowej (VGI),
- monitorowanie powierzchni Ziemi z autonomicznych platform satelitarnych i stratosferycznych, zorientowane na wykrywanie zmian na powierzchni Ziemi (ang. C*hange Detection*).

Wśród zadań i wyzwań stojących przed fotogrametrią można wskazać m.in.:

- przezwyciężenie restrykcji prawnych i ograniczeń w zakresie zbierania danych z pułapu lotniczego, platform UAV i mobilnych platform MMS,
- dostarczanie danych satelitarnych po cenach nie stanowiących barier dla większości potencjalnych użytkowników,
- rozwój metod fotogrametrycznych i oprogramowania możliwych do obsługi przez użytkowników nie będących fotogrametrami,
- reakcja w trybie zbliżonych do czasu rzeczywistego (ang. *Real-Time*) na sytuacje kryzysowe i inne pilne zadania wymagające szybkiego reagowania i dostępu do geodanych,
- edukacja studentów w zakresie fotogrametrii i zapobieganie „odkrywania" fotogrametrii na nowo,
- dalszy wzrost zastosowań danych obrazowych.

6.3.5. Trendy światowe a sytuacja krajowa

Odnosząc światowe trendy rozwoju fotogrametrii do uwarunkowań krajowych można zauważyć, że trendy obserwowane w Polsce są generalnie zgodne z obserwowanymi w Europie i świecie.

Patrząc na stan rozwoju technologii fotogrametrycznych i stan pokrycia kraju nowoczesnymi produktami geoinformacyjnym, nie ustępujemy pod tym względem Europie. W minionych 10-15 latach odrobiliśmy zaległości w tym obszarze. Dotyczyć to może również krajowego potencjału produkcyjnego, posiadamy firmy fotogrametryczne, a w tym fotolotnicze, nie ustępujące pod względem stosowanych technologii i używanego sprzętu reszcie świata. W tym zakresie widać globalizację i unifikację w skali światowej.

Dostrzegalne są natomiast różnice kierunków z których pochodzi zapotrzebowanie na dane geoinformacyjne. W Polsce takie zapotrzebowanie płynie z poziomu rządowego (np. GUGiK, ARiMR, KZGW), w mniejszym stopniu jest to poziom wojewódzki, czy poziom samorządowy (starostwa powiatowe, urzędy miast). Zapotrzebowanie zaspokajane jest poprzez realizację dużych projektów o zasięgu ogólnokrajowym (LPIS, BDOT, ISOK, Geoportal, …). Upraszczając, można powiedzieć, że to instytucje rządowe zamawiają takie produktu, konieczne do prawidłowego funkcjonowania państwa, a dopiero później tak pozyskane produkty, łatwo dostępne w państwowym zasobie geodezyjnym, generują wtórny rynek zainteresowania różnych podmiotów samorządowych, naukowych,komercyjnych.

Brak jest jak dotąd silnego oddolnego zapotrzebowania, płynącego z kierunku administracji średniego i niskiego szczebla oraz podmiotów komercyjnych, a zatem brak jest mechanizmów napędzających zapotrzebowanie i rozwój, obserwowanych w praktyce zachodniej.

Niezadowalające jest również zapotrzebowanie na opracowania badawczo-rozwojowe w tym zakresie, adresowane w kierunku ośrodków naukowo-badawczych. Obecny poziom i intensywność kontaktów „nauki" z „przemysłem" trudno uznać za zadawalający.

Przy obecnym dość dobrym pokryciu kraju produktami geoinformacyjnym, będącymi pochodną opracowania zdjęć lotniczych i skaningu laserowego, można prognozować, że w przyszłości wysiłki będą koncentrowały się na zadaniach:

1. Utrzymania istniejących baz danych w stanie aktualności. Dotyczyć to będzie m.in. baz danych obiektów topograficznych, numerycznego modelu terenu (NMT), cyfrowej ortofotomapy.
2. Wzrostu zapotrzebowania na dane coraz dokładniejsze (o rosnącej zdolności rozdzielczej wykorzystywanych zdjęć lotniczych, ortofotomapy, dokładności wysokościowej NMT, dokładności lokalizacyjnej obiektów itd.). Taki trend wskazują badania rynku geoinformacyjnego w USA (załącznik 16.2., rys. 16.1 - 16.4).
3. Informowania potencjalnych użytkowników o zasobie i edukacji w zakresie jego wykorzystania. Dotyczyć to będzie administracji różnego szczebla, podmiotów komercyjnych i zwykłych obywateli. Ważne będzie dotarcie z tą informacją do potencjalnych użytkowników (instytucjonalnych i fizycznych), często nieświadomych korzyści jakie może im dać geoinformacja.

Patrząc na pozycję fotogrametrii w krajach najbardziej rozwiniętych, można przewidywać, że jeszcze przed nami jest upowszechnienie produktów wytwarzanych technikami fotogrametrycznymi oraz wyzwolenie zapotrzebowania na takie produkty.

Fotogrametria w świecie od lat jest z powodzeniem wykorzystywana w pomiarach katastralnych. Podobny trend nie jest obserwowany w kraju, pomimo olbrzymiego zapotrzebowania na prace związane z modernizacją katastru, czy potrzebami prac scaleniowych. Wyraźnie widać tu rozdźwięk między niezaspokojonymi potrzebami, a możliwościami fotogrametrii. Widać to jeszcze wyraźniej przy obecnym poziomie techniki, gdzie zdjęcia wykonywane kamerami cyfrowymi wraz z aerotriangulacją łączącą tysiące zdjęć w jednym procesie technologicznym, pozwalają na masowe wyznaczanie współrzędnych punktów terenowych z dokładnością zbliżoną do dokładności osiąganej pomiarami terenowymi.

Postęp techniczny w zakresie obrazowania satelitarnego i łatwość dostępu do takich obrazów nie znajduje w Polsce jak dotąd adekwatnego zainteresowania takimi danymi, porównywalnego z zainteresowaniem w świecie. Potwierdzeniem takiej oceny może być brak spektakularnego sukcesu stacji odbiorczej SCOR w Komorowie. Tymczasem zaistnienie i stały rozwój komercyjnych systemów satelitarnych o bardzo dużej rozdzielczości (VHRS), stało się przełomem. Przełomowość tego wydarzenia polega na tym, że obrazy z pikselem poniżej 1 metra, pod względem potencjału kartograficznego odpowiadają drobnoskalowym i średnioskalowym zdjęciom lotniczym. Oznacza to, że są one przydatne nie tylko do opracowań tematycznych, ale również do tworzenia na ich podstawie typowych produktów fotogrametrycznych, wytwarzanych dotąd ze zdjęć lotniczych, takich jak cyfrowe ortofotomapy, numeryczny model terenu (NMT), czy bazy danych topograficznych. Systemy te – na etapie pozyskiwania danych pierwotnych – połączyły więc rozłączne dotychczas dwie grupy użytkowników: zorientowanych na interpretację i opracowania tematyczne, oraz zorientowanych na opracowania pomiarowe.

Planowane jest w najbliższych latach umieszczenie w przestrzeni kosmicznej dwóch polskich satelitów teledetekcyjnych. Zaistnieją więc bardziej sprzyjające warunki wykorzystania obrazów satelitarnych do opracowań pomiarowych (fotogrametrycznych) i teledetekcyjnych. Obserwując znaczenie teledetekcji w świecie i porównując je z krajowym, można prognozować również w tej poddyscyplinie znacząco zwiększone i rosnące zainteresowanie odbiorców i adekwatny wzrost opracowań badawczo-rozwojowych. Wzmocni je nasze wstąpienie do Europejskiej Agencji Kosmicznej – ESA, powołanie Polskiej Agencji Kosmicznej oraz rozwój europejskiego programu obserwacji Ziemi Copernicus i ułatwiony dostęp do danych satelitarnych

W praktyce zachodniej fotogrametria znajduje zastosowania w rozwiązywaniu zadań o znaczeniu lokalnym, na ograniczonym obszarze (śledzenie postępu inwestycji, problemy środowiska na lokalnym poziomie, inne aplikacje). Takie zapotrzebowanie nie jest jeszcze obserwowane w naszej krajowej praktyce. Można w tym dostrzegać kolejny trend rozwojowy na przyszłość. Trend ten wzmocni lawinowy rozwój obrazowania z bezzałogowych platform lotniczych (UAV).

Podobnego wzrostu zapotrzebowania można oczekiwać w zakresie zastosowań rozwiązań fotogrametrii naziemnej, a w tym mobilnych platform pomiarowych, łączących tradycyjne sensory fotogrametryczne (kamery cyfrowe) ze skanerami laserowymi i innymi sensorami.

6.4. Wnioski dotyczące wpływu rozwoju fotogrametrii na zmiany w zakresie kompetencji zawodowych

Era fotogrametrii cyfrowej zapoczątkowana kilkanaście lat temu skutkuje niewiarygodnym wzrostem automatyzacji procesów pomiarowych (opracowanie zdjęć z różnych pułapów, danych skaningu laserowego itd.), co zmienia znaczenie i postrzeganie fotogrametrii na tle całej dyscypliny, ale również przewartościowuje rolę fotogrametry w tych procesach.

Wcześniej, fotogrametra musiał posiadać wysokie kwalifikacje techniczne i umiejętności widzenia stereoskopowego, dla mapowego (i innego) opracowania zdjęć analogowych w złożonej technologii, oprzyrządowanej w wyrafinowany sprzęt optyczno-mechaniczno-elektronicznych. Obecnie fotogrametra stał się bardziej operatorem kontrolującym skomputeryzowane systemy i przebiegi procesów wysoce zautomatyzowanych i

przebiegających w znacznym stopniu autonomicznie, to znaczy przy stosunkowo niewielkim udziale i niewielkiej potrzebie interwencji operatora. Przykładem może tu być proces aerotriangulacji czy proces wytwarzania cyfrowej ortofotomapy. Mamy przy tym do czynienia nie z prostą ewolucją starszej techniki. Zmniejszyło się znaczenie umiejętności technicznych, jednocześnie zmienia się „otoczenie" zawodu. Fotogrametria staje się silniej „zanurzona" w szerszy proces nie tylko wytwarzania, ale i aktywnego wykorzystania geoinformacji.

Tradycyjny podział zadań na etap pozyskiwania produktów geoinformacyjnych, co było domeną fotogrametrii, oraz wizualizację, prezentację i eksploatację w środowisku GIS zaciera się i jest zastępowany zintegrowanymi systemami łączącymi te wcześniej rozłączne etapy. Fotogrametra z uczestnika zamkniętego procesu technicznego staje obecnie na styku z odbiorcami wytwarzanych danych geoinformacyjnych, reprezentującymi różne dyscypliny i ich wykorzystaniu dla różnorakich potrzeb związanych z wprowadzaniem ładu przestrzennego, kontrolę zmian środowiskowych i tego co określane się obecnie mianem zrównoważonego rozwoju ekonomicznego.

Do niedawna fotogrametra pozostawał najczęściej aktywny w geodezyjnym środowisku produkcyjnym, obecnie i w przyszłości coraz częściej będzie członkiem interdyscyplinarnych zespołów, umiejscowionych w administracji, czy instytucjach działających na rzecz ochrony środowiska czy rozwoju ekonomicznego. Fotogrametra jest u początku procesów skutkujących decyzjami administracyjnymi o doniosłym znaczeniu społecznym. Ta zmiana umiejscowienia i kontekstu fotogrametrii implikuje zmiany oczekiwań i pożądanych kompetencji zawodowych. Oczekuje się od fotogrametry lepszego rozumienia zachodzących procesów i mechanizmów łączących działania techniczne z ich oddziaływaniem na środowisko i rozwój ekonomiczny, co przekłada się na komfort życia. To problemy ogólnocywilizacyjne.

Geodeta-fotogrametra powinien mieć świadomość swojej roli, czuć odpowiedzialność skutków ekonomicznych i społecznych swoich działań technicznych i mieć kwalifikacje przygotowujące go do tej roli.

Reasumując, rozwój fotogrametrii istotnie zmienia pożądane kompetencje zawodowe, przesuwając je z kompetencji ściśle technicznych w kierunku kompetencji ekologicznych, ekonomicznych i socjalnych. Można tu wskazaćm.in.:

- umiejętność pracy w zespole,
- umiejętność twórczego udziału i kierowania zespołami interdyscyplinarnymi,
- komunikatywność,
- umiejętność korzystania z Internetu (praca w chmurze, korzystanie z geoportali,
- korzystanie z zasobów geodezyjnych i usług sieciowych,
- umiejętności negocjacyjne,
- umiejętność samodzielnego zdobywania wiedzy i samokształcenia,
- umiejętność elastycznego reagowania na zmiany na rynku, kreowanie nowych produktów, doskonalenie metod i technologii.

6.5. Przewidywany rozwój kształcenia w zakresie fotogrametrii

Wyraźnie obserwowane trendy rozwoju fotogrametrii w kraju i świecie i związane z tym zmiany otoczenia tej poddyscypliny i miejsca fotogrametry w procesie wytwarzania i

wykorzystania danych i produktów geoinformacyjnych, naszkicowane w poprzednich rozdziałach (rozdz. 6.2., 6.3.) stawiają nowe wyzwania dla kształcenia w zakresie fotogrametrii i – szerzej – dyscypliny geodezja i kartografia. Wśród treści kształcenia w zakresie wiedzy i umiejętności adekwatnych do przewidywanego rozwoju, wymagających wzmocnienia można wymienić:

1. Media społecznościowe i nowe zastosowania Internetu (korzystanie z geoportali i usług sieciowych, praca w chmurze, fotogrametria społecznościowa – VGI, itp.).
2. Modelowanie geoinformacyjne (GML, UML).
3. Standardy geoinformacyjne i standaryzacja technologii i produktów fotogrametrycznych.
4. Automatyzacja ekstrakcji obiektów ze zdjęć i danych lidarowych, metody sztucznej inteligencji.
5. Wprowadzenie do prawa krajowego i unijnego. Zagadnienia prawne i organizacyjne w geodezji i kartografii.

Proces kształcenia powinien być silniej zorientowany na rozwiązywanie kompleksowych zadań i problemów, a nie (jak to ma miejsce obecnie) na ćwiczenie jednostkowych operacji wyrwanych z szerszego kontekstu. Jedną ze słabości obecnego procesu kształcenia jest jego przeciążenie mnogością przekazywanych informacji, przy niedostatecznym rozumieniu związków tych informacji i ich znaczenia w kontekście postawionego problemu który wymaga rozwiązania. Konieczny jest większy nacisk na wiedzę jako system powiązanych ze sobą elementów, ze zrozumieniem znaczenia tych związków w kontekście postawionego zadania.

Kształcenie powinno być bardziej zorientowane na przewidywaną rosnącą interdyscyplinarność otoczenia fotogrametrii. Student w procesie kształcenia, obok pogłębionej wiedzy z zakresu przedmiotu fotogrametrii, powinien wynieść również bardziej ogólną wiedzę z zakresu dyscyplin z którymi przyjdzie mu się spotkać w praktyce. Odnosi się to do modelu kształcenia wg schematu „T" (ang. *T-shape*), tj. solidna baza właściwa danej dyscyplinie (symbolizowana przez element pionowy „T") i lekka nadbudowa interdyscyplinarna (element poziomy „T").

Proces kształcenia, oprócz konkretnej wiedzy i umiejętności, powinien być zorientowany również na kształcenie „miękkich" kompetencji (określanych w KRK jako kompetencje społeczne). Można tu wymienić:

- umiejętność pracy w zespole, również interdyscyplinarnym,
- umiejętność negocjacji,
- zdolność komunikowania się umiejętność dostosowania przekazu do poziomu odbiorcy,
- umiejętność rozwiązywania problemów.

Tempo rozwoju technicznego i postęp cywilizacyjny każą traktować okres studiów uniwersyteckich i zdobyty dyplom tylko jako pierwszy etap w długim procesie kształcenia. Mówi się o „kształceniu ustawicznym" (ang. *life long learning*). Absolwent studiów uniwersyteckich powinien rozumieć potrzebę dokształcania i mieć świadomość konieczności doskonalenia posiadanych umiejętności i samokształcenia, a nawet przeprofilowania własnego wykształcenia w wyniku zmian na rynku pracy. Bardzo pomocne w tym powinny być studia podyplomowe, kursy, specjalistyczne szkolenia organizowane przez uczelnie i organy administracji publicznej. Tylko elastyczna edukacja może zapewnić zdobycie kwalifikacji i kompetencji, umożliwiających odnalezienie się na konkurującym rynku pracy. Dobrą praktyką w tym zakresie są obliczone na bardzo szeroki krąg odbiorców szkolenia organizowane przeze GUGiK w ramach dużych projektów, np. szkolenia w zakresie wdrażania dyrektywy INSPIRE, szkolenia dotyczące Bazy Danych Obiektów

Topograficznych (BDOT), czy szkolenia w zakresie wykorzystania produktów Informatycznego Systemu Osłony Kraju przed nadzwyczajnymi zagrożeniami (ISOK). Szkolenia takie aktualizują wiedzę zawodową i napędzają korzystanie z najnowszych produktów zasobu geodezyjnego. Taka praktyka powinna być kontynuowana również na innych poziomach administracji.

Uczelnie wyższe powinny być żywo zainteresowane efektami swojej działalności. Można to osiągnąć m.in. poprzez wdrażanie systemu kontroli jakości kształcenia oraz ciągłego śledzenia karier absolwentów. Wnioski powinny przekładać się na korekty procesu kształcenia.

Prawie cały powyższy przewidywany rozwój kształcenia w zakresie fotogrametrii można również odnieść do całej dyscypliny geodezja i kartografia.

6.6. Wykaz wykorzystanych materiałów i literatury

ASPRS Ten-Year Remote Sensing Industry-Phase VI.pdf

Borkowski A., Bujakiewicz A., Ewiak I., Kaczyński R., Pyka K. (2012): *Stan obecny i kierunki rozwoju fotogrametrii, teledetekcji i GIS w świetle XXII Kongresu ISPRS*. Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji, Vol. 24, pp. 31 – 51.

Cichoń M. (2011): Krajowe Ramy Kwalifikacji. Budowa programów studiów na bazie efektów kształcenia. Seminarium szkoleniowo-dyskusyjne, AGH, 20 stycznia 2011.

Dyrektywa 2007/2/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 14 marca 2007 r. ustanawiająca infrastrukturę informacji przestrzennej we Wspólnocie Europejskiej – INSPIRE (*Infrastructure for Spatial Information in the European Community*).

Dyrektywa 2007/60/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 23 października 2007 r. w sprawie oceny ryzyka powodziowego i zarządzania nim (*Assessment and management of flood risks*).

Kaczyński R. (2013): *Trendy w fotogrametrii i teledetekcji w świetle XXII Kongresu ISPRS,* Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji, Vol. 25.

Ocena stanu dyscypliny-synteza5.pdf.

Kraśniewski A.: *Jak przygotowywać programy kształcenia zgodnie z wymaganiami wynikającymi z Krajowych Ram Kwalifikacji dla Szkolnictwa Wyższego?*

Geod-w XXI w Pr IGiK JK-ASU 2000.pdf

Kurczyński Z. (2004): *Stan obrazowania lotniczego i satelitarnego w świetle XX Kongresu MTFiT w Istambule, 2004 r.* Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji, Białobrzegi, vol.14.

Macukow B.: *Ogólne zasady Krajowych Ram Kwalifikacji istotne dla kierunków technicznych*, Politechnika Warszawska.

Madani M. (2001): Importance of Digital Photogrammetry for a complete GIS. 5th Global Spatial Data Infrastructure Conference, Cartagena, Columbia May 21-25, 2001.

Polska 2030. Trzecia fala nowoczesności. Długookresowa Strategia Rozwoju Kraju. Warszawa, Ministerstwo Administracji i Cyfryzacji, 11 stycznia 2013.

Program Operacyjny Infrastruktura i Środowisko 2014-2020. Warszawa, Ministerstwo Infrastruktury I Rozwoju, 8 stycznia 2014.

Program Operacyjny Pomoc Techniczna 2014-2020 (projekt). Warszawa, Ministerstwo Infrastruktury I Rozwoju, 5 grudnia 2013.

Program Operacyjny Wiedza Edukacja Rozwój 2014-2020 po wer. 2014-2020. Wersja z dnia: 08.01.2014 r, Ministerstwo Infrastruktury I Rozwoju.

Krajowa Strategia Rozwoju Regionalnego 2010-2020: regiony, miasta, obszary wiejskie. Warszawa, Ministerstwo Rozwoju Regionalnego, 13 lipca 2010.

Strategia Rozwoju Kraju 2020. Warszawa, Ministerstwo Rozwoju Regionalnego, wrzesień 2012.

Ney B. (2011): Perspektywy rozwoju geodezji jako dyscypliny naukowej, potrzeby w zakresie kształcenia oraz oczekiwania na rynku – analiza szans i zagrożeń. Przegląd Geodezyjny, nr 3.

Porozumienie Konwentu Dziekanów Wydział Geodezyjnych: Geodezja i Kartografia w Polsce – nauka i kształcenie. Warszawa 2013.

Program Operacyjny Inteligentny Rozwój, 2014 – 2020. Styczeń, 2014.

Program Operacyjny Polska Cyfrowa na lata 2014-2020. wersja 4.0. 8 stycznia 2014.

Strategia Sprawne Państwo 2020. Warszawa, Rada Ministrów, 20 grudnia 2012.

Rozporzadzenie_18_04_2002.pdf

Rozporzadzenie_03_11_2003.pdf

Rozporzadzenie_12_07_2007.pdf

Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 3 listopada 2011 r. w sprawie baz danych dotyczących zobrazowań lotniczych i satelitarnych oraz ortofotomapy i numerycznego modelu terenu (Dz.U. z 2011 r. Nr 263 poz. 1571).

Strategia Wydziału GiK PW do 2020 wersja 1.pdf

STATUS ZAWODU GEODETY_2002.pdf

Strategia Wydziału GiK PW do 2020 wersja 1.pdf

Otwarta nauka w Polsce 2014_Diagnoza.pdf

GGIM_Future-trends.pdf

Ustawa z dnia 4 marca 2010 r. o infrastrukturze informacji przestrzennej (Dz.U. z 2010 r. Nr 76 poz. 489).

Wardziak A. (2013): *4.5 tys. indeksów czeka (Oferta studiów na kierunku geodezja i kartografia 2013/2014),* Geodeta, nr 6.

Wardziak A. (2013): *Czy warto się dokształcać? (studia podyplomowe związane z szeroko rozumianą geodezją, oferta 2013/2014)*, Geodeta, nr 9.

Wardziak A., (2013): *Ponad 3 tys. nowych studentów (Rekrutacja na kierunku geodezja i kartografia 2013/2014)*. Geodeta, nr 11.

Strony internetowe:
http://www.codgik.gov.pl
http://www.dlr.de/hr/en/desktopdefault.aspx/tabid-2317/
http://www.geoportal.gov.pl
http://www.gik.pan.pl
http://inspire.ec.europa.eu
http://www.isok.gov.pl
http://www.mapy.isok.gov.pl
http://www.pegasus4europe.com
http://www.ptfit.sgp.geodezja.org.pl
http://www.oeepe.org
http://www.isprs.org
http://www.gik.pw.edu.pl

7. Teledetekcja

(Z. Bochenek, K. Dąbrowska-Zielińska, D. Ziółkowski)

7.1. Zakres problematyki teledetekcji

Słowo teledetekcja zostało utworzone w wyniku połączenia greckiego tele - daleko i łacińskiego detectio - wykrywać, ujawniać. Obecnie pojęciem teledetekcja określa się metody pozyskiwania danych o obiektach, zjawiskach i procesach zachodzących na powierzchni Ziemi za pomocą urządzeń niebędących w bezpośrednim (fizycznym) kontakcie z badanym obiektem, a także metody przetwarzania pozyskanych danych na użyteczne informacje, charakteryzujące te obiekty, zjawiska oraz procesy. Z tej definicji wyłania się zakres problematyki jaką zajmuje się ta naukowo-techniczna poddyscyplina. Generalnie można scharakteryzować, iż zakres badań i prac teledetekcyjnych obejmuje dwa główne kierunki działań:

- Rozwój technik pozyskiwania informacji o powierzchni Ziemi i metod przetwarzania danych teledetekcyjnych
- Rozwój metod interpretacji i analizy danych teledetekcyjnych w celu ich zastosowania w różnych dziedzinach gospodarki narodowej oraz w badaniach naukowych dotyczących poszczególnych komponentów środowiska geograficznego.

Pierwszy kierunek działań obejmuje m.in. prace badawcze i wdrożeniowe związane z tworzeniem i udoskonalaniem urządzeń służących do zdalnego rejestrowania promieniowania elektromagnetycznego. Wśród tych urządzeń wyróżnia się systemy aktywne oraz pasywne. Do systemów aktywnych zaliczamy urządzenia radarowe, emitujące własną wiązkę promieniowania mikrofalowego, sonary emitujące fale akustyczne oraz lidary emitujące wiązkę światła. Wśród systemów pasywnych wyróżniamy kamery fotograficzne, skanery wielospektralne i hiperspektralne w zakresie promieniowania widzialnego i podczerwonego, radiometry w zakresie promieniowania termalnego i mikrofalowego. Rozwój tych urządzeń zmierza w kierunku budowy nowych instrumentów (sensorów) o udoskonalonych parametrach dotyczących rozdzielczości terenowej, rozdzielczości spektralnej oraz dynamiki sygnału.

Równolegle w pierwszym kierunku działań prowadzone są liczne prace badawcze skoncentrowane na opracowaniu optymalnych metod przetwarzania różnych danych teledetekcyjnych, w celu efektywnego wydobycia informacji o obiektach, zjawiskach i procesach zachodzących na powierzchni Ziemi. W ramach tej problematyki są udoskonalane i rozwijane kierunki prac:

- metody wstępnego przetwarzania danych (kalibracji radiometrycznej i geometrycznej)

- metody pełnego przetwarzania służące generowaniu produktów obrazowych gotowych do zastosowania w różnych dziedzinach gospodarki i badaniach środowiska
- metody klasyfikacji różnych typów danych teledetekcyjnych w celu optymalnego scharakteryzowania obiektów i procesów zachodzących na powierzchni Ziemi

Wyżej wymienione prace badawcze mają bardzo szeroki zakres ze względu na różnorodność typów danych stosowanych w teledetekcji. Obejmują one niezależne metody przetwarzania i klasyfikacji następujących typów danych:

- wielospektralne i hiperspektralne dane obrazowe rejestrowane w widmie optycznym pozyskiwane za pomocą skanerów z pułapu lotniczego i satelitarnego
- termalne dane obrazowe rejestrowane w długofalowym zakresie promieniowania podczerwonego
- mikrofalowe dane obrazowe pozyskiwane za pomocą systemów pasywnych (radiometrów mikrofalowych)
- mikrofalowe dane obrazowe rejestrowane przy różnych częstotliwościach i różnej polaryzacji sygnału, pozyskiwane za pomocą systemów aktywnych (radarowych)
- dane obrazowe pochodzące z systemów lidarowych
- dane pochodzące z instrumentów rejestrujących zmiany wysokości powierzchni Ziemi, mórz i oceanów (altimetrów)

Oprócz metod niezależnego przetwarzania i klasyfikacji poszczególnych typów danych są prowadzone liczne prace badawcze nad synergicznym wykorzystaniem danych wieloźródłowych (optycznych, termalnych, radarowych). Ten zakres problematyki badawczej jest określany terminem fuzja danych.

Rozwój technik pozyskiwania danych teledetekcyjnych i metod ich przetwarzania jest ściśle sprzężony z konkretnym wykorzystaniem produktów teledetekcyjnych do analizy różnych komponentów środowiska geograficznego i procesów zachodzących na powierzchni Ziemi. Z punktu widzenia aplikacji problematykę badawczą teledetekcji można podzielić na kilkanaście obszarów badań, obejmujących zastosowania metod teledetekcyjnych do:

- analizy pokrycia terenu i zmian użytkowania ziemi
- monitorowania stanu roślinności
- analizy stanu rozwoju upraw rolniczych
- analizy stanu i kondycji obszarów leśnych
- określania jakości wód powierzchniowych
- badania stanu wód morskich i stref przybrzeżnych
- analizy obszarów miejskich
- analizy stanu i zagrożeń środowiska (susze, powodzie, pożary, erozja gleb)
- badań geologicznych i geomorfologicznych

- badań zmian pokrywy śnieżnej i lodowej
- badania atmosfery
- analizy zmian klimatu
- tworzenia systemów bezpieczeństwa

Problematyka badawcza teledetekcji, z tytułu szerokiego wachlarza prac aplikacyjnych ma charakter interdyscyplinarny, wymagając od zespołów badawczych, w zależności od rodzaju zastosowania, także wiedzy z różnych dziedzin nauk przyrodniczych. Związek teledetekcji z dyscypliną naukowo-techniczną „geodezja i kartografia", aczkolwiek nie tak ścisły jak w przypadku pozostałych poddyscyplin, występuje jednak w kilku obszarach tematycznych. Najsilniejszą relację tematyczną można zaobserwować z poddyscyplina fotogrametria. W szczególności problematyka przetwarzania i analizy wysokorozdzielczych zdjęć satelitarnych oraz interferometria radarowa w zakresie tworzenia Numerycznych Modeli Terenu stanowią przykładowe zagadnienia, których rozwiązanie przy współpracy specjalistów z zakresu fotogrametrii może służyć udoskonalaniu metod teledetekcyjnych. Istnieje także relacja pomiędzy poddyscypliną geodezja i teledetekcja. Relacja ta ma charakter dwukierunkowy: metody interferometrii radarowej są wykorzystywane do uzyskiwania bardzo precyzyjnej informacji o deformacji terenu. Jednocześnie pomiary geodezyjne i grawimetryczne stanowią ważny element walidacji metod opracowywanych na podstawie danych teledetekcyjnych, np. metody określania odkształceń terenu za pomocą satelitarnych danych radarowych oraz metody określania wahań poziomu wód gruntowych. Związek tematyczny występuje również z poddyscypliną kartografia, ze względu na fakt że znaczna większość produktów finalnych dotyczących zastosowań teledetekcji ma postać map tematycznych. Wykorzystanie wiedzy kartograficznej i najnowszych rozwiązań w tym zakresie umożliwia generowanie map tematycznych optymalnie dostosowanych do szerokiego kręgu odbiorców.

W następnym rozdziale zostanie scharakteryzowany obecny stan rozwoju teledetekcji w Polsce w odniesieniu do wyżej wymienionych kierunków prac i obszarów badań, z przedstawieniem głównych ośrodków naukowo-badawczych zajmujących się problematyką teledetekcji w poszczególnych obszarach badawczych.

7.2. Stan obecny teledetekcji jako poddyscypliny naukowo-technicznej w Polsce

7.2.1. Obszary badań

Prace badawcze i aplikacyjne w zakresie wykorzystania metod teledetekcji są prowadzone w Polsce w różnych ośrodkach – instytutach naukowo-badawczych, wydziałach uniwersyteckich i firmach prywatnych. Realizuje się je w ramach unijnych programów międzynarodowych (np. 7 Program Ramowy, Horyzont 2020), programów Europejskiej Agencji Kosmicznej (ESA), programów bilateralnych (np. Program Polsko-Norweskiej Współpracy Badawczej) oraz programów krajowych (np. finansowanych przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju – NCBiR lub Narodowe Centrum Nauki - NCN). Zakres tematyczny prowadzonych prac jest uzależniony od profilu jednostki naukowo badawczej lub firmy. W najszerszym zakresie tematycznym teledetekcyjne prace badawcze i aplikacyjne

są realizowane w Centrum Teledetekcji Instytutu Geodezji i Kartografii w Warszawie – jednostce z prawie 40-letnim doświadczeniem w zakresie wykorzystywania zdjęć lotniczych i satelitarnych do pozyskiwania informacji o obiektach, zjawiskach i procesach zachodzących na powierzchni Ziemi. Tematyczne prace badawcze są prowadzone w różnych uczelniach, na wydziałach geodezji i kartografii oraz geografii, a także w jednostkach branżowych instytutów naukowo-badawczych. Lista ośrodków znajduje się w następnym rozdziale niniejszego opracowania.

Zakres tematyczny obszarów badań realizowanych w polskich ośrodkach naukowo-badawczych pokrywa się w zasadzie z podziałem przedstawionym w poprzednim rozdziale. W dalszej części opracowania zostanie zatem przedstawiony stan prac w Polsce nawiązujący do tego podziału.

7.2.1.1. Analizy pokrycia terenu i zmian użytkowania ziemi

Metodyka wykorzystania zdjęć lotniczych i satelitarnych do kartowania pokrycia terenu i określania zmian użytkowania ziemi jest jedną z najbardziej zaawansowanych i najczęściej stosowanych metod teledetekcji. Obecnie w Polsce najczęściej są stosowane dwie metody do sporządzania map pokrycia terenu i użytkowania ziemi z wykorzystaniem danych teledetekcyjnych. Pierwsza bazuje na wspomaganej komputerowo interpretacji typów pokrycia terenu na wysokorozdzielczych zdjęciach satelitarnych typu Landsat/SPOT o rozdzielczości terenowej 10 – 30 m. Ta technologia została z powodzeniem zastosowana do wykonania map pokrycia terenu dla obszaru całej Polski w ramach programu CORINE Land Cover w latach 1990, 2000, 2006 i 2012. Głównym wykonawcą tych prac był Instytut Geodezji i Kartografii. W ramach tego programu zostały także opracowane mapy zmian pokrycia terenu.

Druga metoda opiera się na półautomatycznej klasyfikacji typów pokrycia terenu na wysokorozdzielczych zdjęciach satelitarnych (o rozdzielczości terenowej 1 - 4 m), z wykorzystaniem zaawansowanych technik rozpoznania klas, bazujących na klasyfikacji obiektowej (z użyciem cech spektralnych, teksturalnych i kontekstualnych obrazu). Technologia ta została opracowana w ramach projektu UE Geoland 2 – „Towards an operational GMES Land Monitoring Core Service" przez zespół badawczy z Instytutu Geodezji i Kartografii oraz z Centrum Badań Kosmicznych w Warszawie. Technologia klasyfikacji obiektowej była także wykorzystywana do sporządzania map pokrycia terenu prowadzonych przez firmy prywatne (Geosystems Polska Sp. z o.o., ProGea Consulting).

Metodę obiektową stosuje się również do klasyfikacji użytkowania terenu z zastosowaniem zdjęć mikrofalowych, co obecnie ma ogromne znaczenie wobec bezpłatnych danych satelitarnych Sentinel1 w Programie COPERNICUS.

Prowadzone są także prace badawcze i aplikacyjne nad wykorzystaniem średniorozdzielczych zdjęć satelitarnych (typu MODIS) do charakteryzowania zmian pokrycia terenu w skali Europy Środkowo-Wschodniej. Prace tego typu były realizowane w Zakładzie Systemów Informacji Geograficznej, Kartografii i Teledetekcji, Instytucie Geografii i Gospodarki Przestrzennej Uniwersytetu Jagiellońskiego oraz w Centrum Teledetekcji Instytutu Geodezji i Kartografii.

W niektórych ośrodkach badawczych są prowadzone badania nad synergicznym wykorzystaniem różnych technik rejestracji obrazu (obrazy rejestrowane w widmie optycznym, obrazy radarowe, lotniczy skaning laserowy) do klasyfikacji typów pokrycia terenu i monitorowania zmian. Przykładem takich prac jest m.in. projekt realizowany w Laboratorium Geomatyki, w Zakładzie Ekologii Lasu na Wydziale Leśnictwa Uniwersytetu Przyrodniczego w Krakowie. Metoda łączenia informacji pochodzących z różnych źródeł takich jak zdjęcia satelitarne wykonane w zakresie optycznym i mikrofalowym daje znacznie lepsze wyniki niż informacje pochodzące z pojedynczego źródła danych.

7.2.1.2. Monitorowanie stanu roślinności

Problematyka monitorowania roślinności naturalnej jest jednym z najbardziej istotnych kierunków prac badawczych i aplikacyjnych. Ze względu na złożoność tej problematyki, związaną z dużą zmiennością środowiska przyrodniczego metodyka badań obejmuje zastosowanie różnych typów danych teledetekcyjnych oraz różne podejścia do analizy tych danych. Duże znaczenie mają badania obszarów bagiennych, które ze względu na ich wrażliwość na zmiany klimatyczne poprzez utratę wody mogą stać się emitorami bardzo dużej ilości gazów cieplarnianych. Stąd zainteresowanie w badaniach światowych tymi obszarami. Dla rozpoznania i monitorowania stanu roślinności na obszarach bagiennych stosuje się wysokorozdzielcze zdjęcia satelitarne (optyczne i radarowe) oraz półautomatyczne metody bazujące na klasyfikacji obiektowej. Zostały one opracowane w Centrum Teledetekcji Instytutu Geodezji i Kartografii w ramach unijnego projektu budowy serwisu do monitorowania obszarów NATURA 2000 w Europie. W Centrum Teledetekcji opracowano również metodykę szacowania bilansu węgla z wykorzystaniem danych satelitarnych (radarowych i optycznych) oraz pomiarów naziemnych, charakteryzującego stan ekosystemów obszarów podmokłych. Bilans węgla jest obliczany z wykorzystaniem modeli do których wprowadza się informację o biomasie (uzyskaną ze zdjęć w zakresie optycznym) oraz informację o wilgotności gleby (uzyskaną ze zdjęć radarowych). Ze względu na możliwość obliczenia biomasy ze zdjęć satelitarnych Sentinel 2 oraz wyznaczenia wilgotności gleby i roślin ze zdjęć satelitarnych Sentinel 1 o różnych polaryzacjach przyszła metodyka stałego monitorowania obszarów bagiennych będzie oparta na tych dwóch typach danych. Modele przedstawiające zmiany w środowisku bagiennym związane są z problematyką zmian klimatu - ważnym obszarem badań będącym przedmiotem zainteresowania w skali światowej.

Metodyka klasyfikacji i monitorowania stanu roślinności na obszarach górskich jest rozwijana z wykorzystaniem lotniczych danych hiperspektralnych oraz półautomatycznych sposobów klasyfikacji danych, m.in. z zastosowaniem sztucznych sieci neuronowych. Przykładem tej metodyki są wyniki projektów realizowanych w Zakładzie Geoinformatyki, Kartografii i Teledetekcji Wydziału Geografii i Studiów Regionalnych Uniwersytetu Warszawskiego.

Ważnym obszarem badań jest także wykorzystanie danych teledetekcyjnych do opracowania metod dotyczących monitorowania upraw roślin energetycznych i szacowania ich wielkości biomasy. Prace tego typu są prowadzone obecnie w Centrum Teledetekcji IGiK z wykorzystaniem zdjęć satelitarnych Landsat 8, a w przyszłości zdjęć z satelitów Sentinel 1 i Sentinel 2. Problematyka związana z energetyką odnawialną wchodzi w Polsce w fazę dynamicznego rozwoju, w związku z dyrektywą Unii Europejskiej dotyczącą zmniejszenia emisji gazów cieplarnianych o 20% w stosunku do roku 1990, zmniejszenia zużycia energii o 20% w porównaniu z prognozami dla UE na 2020 r., zwiększenia udziału odnawialnych

źródeł energii do 20% całkowitego zużycia energii w UE, w tym zwiększenia wykorzystania odnawialnych źródeł energii w transporcie do 10%. Stąd też rozwój metod teledetekcyjnych związanych z szacowaniem wielkości biomasy pochodzącej ze źródeł odnawialnych wpisuje się w aktualne potrzeby polskiej gospodarki.

7.2.1.3. Wykorzystanie teledetekcji dla potrzeb rolnictwa

Wykorzystanie danych i metod teledetekcyjnych do analizy środowiska rolniczego stanowi bardzo ważny element problematyki teledetekcji. Badania i zastosowania w tym zakresie rozwijają się w kilku kierunkach. W Centrum Teledetekcji Instytutu Geodezji i Kartografii został opracowany system monitorowania kondycji upraw rolniczych na obszarze całego kraju z wykorzystaniem niskorozdzielczych obrazów satelitarnych NOAA AVHRR. System ten dostarcza od 17 lat produktów mapowych charakteryzujących stan rozwoju upraw w Polsce, użytecznych dla Departamentu Rolnictwa Głównego Urzędu Statystycznego. W Centrum Teledetekcji opracowano także metodę określania plonu roślin uprawnych z wykorzystaniem wskaźników roślinnych wyznaczonych ze współczynników odbicia w zakresie czerwonym i podczerwonym oraz emisji w zakresie dalekiej podczerwieni termalnej pozyskiwanych ze zdjęć satelitarnych. Na podstawie tej metody utworzono modele prognozowania niedoborów wody i sporządzania w cyklu dekadowym map wskazujących na redukcję plonów wskutek niedoborów wody. Równolegle została opracowana metoda szacowania redukcji plonów upraw rolniczych z powodu wymarzania roślin ozimych. W ramach prac badawczych Centrum Teledetekcji utworzono również metodę określania wilgotności gleby i wielkości biomasy bazującą na danych pozyskiwanych za pomocą najnowszej generacji skanerów mikrofalowych, uzupełnianą danymi z optycznych skanerów wielospektralnych. Metoda ta umożliwia monitorowanie z dużą częstotliwością czasową aktualnych warunków wilgotnościowych gleby i wielkości biomasy na dużych obszarach upraw rolnych. Źródłem informacji są m.in. obrazy rozkładu temperatury oraz wskaźników zieleni są opracowywane dla Polski na podstawie zdjęć z satelity Terra MODIS.

Prace badawcze związane z wykorzystaniem wysokorozdzielczych obrazów radarowych TerraSAR-X do klasyfikacji typów upraw są rozwijane w Centrum Teledetekcji IGiK oraz w Katedrze Fotogrametrii i Teledetekcji Wydziału Geodezji i Gospodarki Przestrzennej Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego. Równolegle opracowuje się technologie wykorzystujące wysokorozdzielcze zdjęcia satelitarne w zakresie optycznym do praktycznej kontroli stanu upraw rolniczych i warunków środowiska na obszarach rolnych dla potrzeb Wspólnej Polityki Rolnej (CAP). Przykładem takich prac jest projekt zrealizowany w Zakładzie Fotogrametrii, Teledetekcji i Systemów Informacji Przestrzennej Wydziału Geodezji i Kartografii Politechniki Warszawskiej. Prowadzone są także szczegółowe prace badawcze nad określaniem typów gleb i ich parametrów za pomocą nowoczesnych technik teledetekcyjnych, w tym danych hiperspektralnych. Projekty w tym zakresie są realizowane w Zakładzie Gleboznawstwa i Teledetekcji Gleb Wydziału Nauk Geograficznych i Geologicznych Uniwersytetu Adama Mickiewicza w Poznaniu. Prace badawcze nad wykorzystaniem wysokorozdzielczych zdjęć satelitarnych do monitorowania środowiska rolniczego są prowadzone w Katedrze Geodezji Rolnej, Katastru i Fotogrametrii Wydziału Inżynierii Środowiska i Geodezji Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie.

7.2.1.4. Wykorzystanie teledetekcji na potrzeby leśnictwa

Zastosowanie teledetekcji dla monitorowania obszarów leśnych było przedmiotem prac badawczych już w latach dziewięćdziesiątych XX wieku. W wyniku tych prac prowadzonych w Instytucie Geodezji i Kartografii opracowano metody określania stanu zdrowotnego drzewostanów na podstawie analizy spektrostrefowych zdjęć lotniczych oraz wysokorozdzielczych zdjęć satelitarnych (Landsat, SPOT). Prace te są obecnie kontynuowane w IGiK, z wykorzystaniem obrazów optycznych o różnej rozdzielczości do określania wpływu zmian klimatycznych na drzewostany oraz obrazów radarowych do badania struktury i kondycji lasów. Ta metodyka była rozwijana w projektach prowadzonych w różnych ośrodkach badawczych związanych z problematyką leśnictwa. W Zakładzie Systemów Informacji Przestrzennej, Kartografii i Teledetekcji Instytutu Geografii i Gospodarki Przestrzennej Uniwersytetu Jagiellońskiego jest realizowany projekt integrujący wysokorozdzielcze dane satelitarne, zdjęcia lotnicze oraz dane ze skaningu laserowego do określania przyczyn zmian powierzchni lasów na obszarach górskich (projekt FORECOM). W tym ośrodku prowadzi się także badania nad teledetekcyjną metodą monitorowania regeneracji drzewostanów. W Laboratorium Geomatyki Katedry Ekologii Lasu Wydziału Leśnictwa Uniwersytetu Przyrodniczego w Krakowie opracowano metodę charakteryzowania struktury drzewostanów za pomocą lotniczych zobrazowań laserowych. W tym ośrodku w ramach projektu FOREMMS opracowano system geoinformacyjny wspomagający działania decydentów, właścicieli obszarów leśnych i naukowców w zarządzaniu i pozyskiwaniu informacji o dynamice zmian zachodzących w ekosystemach leśnych Europy, bazujący na obrazach satelitarnych MODIS / Landsat oraz danych hiperspektralnych i radarowych. Rozwijane są metody wykorzystujące synergicznie obrazy optyczne oraz obrazy radarowe o różnej długości fali i różnej polaryzacji do określania biomasy lasów – przykładem tych działań jest projekt GlobBiomass, w którym uczestniczy Centrum Teledetekcji Instytutu Geodezji i Kartografii.

W Zakładzie Zarządzania Zasobami Leśnymi Instytutu Badawczego Leśnictwa jest opracowywana zintegrowana metodyka inwentaryzacji obszarów leśnych, bazująca na wykorzystaniu zdjęć lotniczych, obrazów satelitarnych, technologii GPS oraz danych ze skaningu laserowego (LIDAR). W Zakładzie Geoinformatyki, Kartografii i Teledetekcji Wydziału Geografii i Studiów Regionalnych Uniwersytetu Warszawskiego przeprowadzono prace badawcze nad łącznym wykorzystaniem wysokorozdzielczych zdjęć satelitarnych oraz naziemnych pomiarów hiperspektralnych do określania kondycji drzewostanów na obszarach górskich. Działania zmierzające do budowy systemu monitorowania lasów z wykorzystaniem danych teledetekcyjnych były prowadzone w ramach projektu unijnego GMES Forest Monitoring, przy współudziale firmy Geosystems Polska. Celem tego projektu było opracowanie propozycji zestawu usług, bazujących na zobrazowaniach satelitarnych, przeznaczonych dla administracji na poziomie centralnym, stanowiących wsparcie dla wdrażania polityki w zakresie ochrony ekosystemów leśnych, w tym analizę strategii w odniesieniu do globalnej polityki ochrony środowiska i wdrażania wymogów UNFCCC. Głównym elementem projektu było dostarczenie informacji odnośnie zmian powierzchni lasów (potencjału absorbcji atmosferycznego dwutlenku węgla przez lasy) - istotnej dla przyznawania limitów emisji, które w przypadku niepełnego ich wykorzystania są przedmiotem obrotu na rynku międzynarodowym.

Prace badawcze ukierunkowane na wykorzystanie wysokorozdzielczych zdjęć satelitarnych i zdjęć lotniczych do analizy struktury drzewostanów są prowadzone w Katedrze Urządzania Lasu, Geomatyki i Ekonomiki Leśnictwa Wydziału Leśnictwa Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie.

Prace aplikacyjne mające na celu analizę uszkodzeń drzewostanów na obszarze nadleśnictwa za pomocą zdjęć lotniczych i wskaźników roślinnych były wykonywane przez firmę prywatną MGGP Aero Sp. z o.o..

7.2.1.5. Analizy jakości wód powierzchniowych

Problematyka analizy jakości wód powierzchniowych z wykorzystaniem danych teledetekcyjnych była podejmowana w kilku ośrodkach naukowo-badawczych. W Centrum Teledetekcji Instytutu Geodezji i Kartografii opracowano w ramach projektu Europejskiej Agencji Kosmicznej metodykę modelowania jakości wód za pomocą modeli SWAT i MONERIS, wykorzystującą jako warstwy informacyjne informacje o użytkowaniu ziemi i numerycznym modelu terenu pochodzące z danych teledetekcyjnych. Bardzo ważny element modelowania stanowi informacja o zanieczyszczeniu azotanami i fosforanami wód pochodzącymi ze spływu wód z terenów rolniczych. W Katedrze Geoinformacji, Fotogrametrii i Teledetekcji Środowiska Wydziału Geodezji Górniczej Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie opracowano w ramach projektu SaLMaR system monitorowania zanieczyszczeń wód w zbiornikach z wykorzystaniem hiperspektralnych i termalnych danych teledetekcyjnych. Metodyka określania jakości wód śródlądowych z wykorzystaniem super- i hiperspektralnych danych satelitarnych została opracowana w Zakładzie Fotogrametrii i Teledetekcji Wydziału Geodezji i Kartografii Politechniki Warszawskiej; w tym ośrodku prowadzono także prace nad wykorzystaniem obrazów radarowych do określenia stopnia zlodzenia rzek. Prace badawcze zmierzające do opracowania teledetekcyjnej metodyki określania zanieczyszczeń wód były także prowadzone w Katedrze Teledetekcji i Fotogrametrii Wydziału Inżynierii Lądowej i Geodezji Wojskowej Akademii Technicznej. Analizy zmian stosunków wodnych w dolinach rzek z wykorzystanie zdjęć lotniczych i satelitarnych prowadzono również w Zakładzie Geoinformatyki, Kartografii i Teledetekcji Wydziału Geografii i Studiów Regionalnych Uniwersytetu Warszawskiego.

7.2.1.6. Analizy stanu wód morskich i stref przybrzeżnych

Jednostką wiodącą w zakresie prowadzenia prac badawczych i aplikacyjnych nad stosowaniem teledetekcji w badaniach mórz jest Pracownia Teledetekcji i Analizy Przestrzennej Zakładu Oceanografii Fizycznej Instytutu Oceanografii Uniwersytetu Gdańskiego. W tej jednostce są opracowywane i udoskonalane metody przetwarzania niskorozdzielczych obrazów satelitarnych (NOAA AVHRR, SeaWiFS, Meteosat, MSG) w celu sporządzania map tematycznych charakteryzujących procesy zachodzące w wodach morskich. Opracowana metodyka umożliwia generowanie map obrazujących przestrzenny rozkład różnych parametrów charakteryzujących stan wód – temperatury, zanieczyszczeń, zakwitu fitoplanktonu, etc. W ramach projektu Unii Europejskiej SATBAŁTYK jest realizowana budowa systemu satelitarnej kontroli wód Morza Bałtyckiego.

Prace badawcze i aplikacyjne związane z budową systemu monitorowania jakości wód przybrzeżnych (na przykładzie Zalewu Wiślanego) z wykorzystaniem superspektralnych zdjęć satelitarnych (CHRIS/PROBA) były prowadzone przez zespół badawczy z Zakładu

Fotogrametrii i Teledetekcji Wydziału Geodezji i Kartografii Politechniki Warszawskiej oraz z Katedry Fotogrametrii i Teledetekcji Wydziału Geodezji i Gospodarki Przestrzennej Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego. Prace te wykazały możliwość monitorowania parametrów jakości wód przybrzeżnych, takich jak przezroczystość, zawartość zawiesiny i zawartość chlorofilu.

Prace nad wykorzystaniem danych teledetekcyjnych do monitorowania zmian strefy przybrzeżnej południowego Bałtyku były prowadzone w Zakładzie Teledetekcji i Kartografii Morskiej Instytutu Nauk o Morzu Wydziału Nauk o Ziemi Uniwersytetu Szczecińskiego

7.2.1.7. Analizy obszarów miejskich

Problematyka wykorzystania danych teledetekcyjnych do analizy obszarów miejskich jest rozwijana w kilku ośrodkach naukowo-badawczych. W Centrum Teledetekcji Instytutu Geodezji i Kartografii są prowadzone prace nad wykorzystaniem wysokorozdzielczych zdjęć satelitarnych (QuickBird, IKONOS) i metod klasyfikacji obiektowej do określania struktury obszarów miejskich wyrażanej gęstością i typem zabudowy. Zdjęcia lotnicze i satelitarne były stosowane w pracach Zakładu Geoinformatyki, Kartografii i Teledetekcji Wydziału Geografii i Studiów Regionalnych Uniwersytetu Warszawskiego, związanych z określaniem struktury zabudowy wybranych dużych miast Polski (Warszawa, Łódź, Płock, Białystok). W ostatnich latach są rozwijane zastosowania techniki skaningu laserowego (LiDAR) do tworzenia trójwymiarowych modeli miast (firma ProGea Consulting, Zakład Teledetekcji i Fotogrametrii Wydziału Inżynierii Lądowej i Geodezji Wojskowej Akademii Technicznej). W ramach projektu Europejskiej Agencji Kosmicznej UrbanSAT w Zespole Obserwacji Ziemi Centrum Badań Kosmicznych przeprowadzono badania nad utworzeniem systemu monitorowania satelitarnego dla potrzeb planowania przestrzennego na obszarach metropolitalnych miast Polski. Przeprowadzono również prace aplikacyjne związane z kartowaniem terenów zielonych na obszarach miejskich z wykorzystaniem techniki lotniczego skaningu laserowego (firma MGGP Aero Sp. z o.o.).

7.2.1.8. Analizy stanu i zagrożeń środowiska

Problematyka określania zagrożeń środowiska z wykorzystaniem technik teledetekcji obejmuje szeroki wachlarz zagadnień, ze względu na różnorodność zagrożeń (powodzie, susze, pożary, erozja gleb). W Centrum Teledetekcji Instytutu Geodezji i Kartografii zostały opracowane metody wyznaczania i monitorowania poszczególnych typów zagrożeń. Opracowano metodę kartowania obszarów podlegających powodzi i zagrożonych nadmiernym uwilgotnieniem terenu, z wykorzystaniem wysokorozdzielczych zdjęć satelitarnych oraz obrazów radarowych. Została utworzona metoda określania suszy atmosferycznej na podstawie informacji o temperaturze powierzchni pozyskiwanej z niskorozdzielczych zdjęć satelitarnych, sprzężonej z danymi meteorologicznymi dotyczącymi wielkości opadów. W ramach projektu Europejskiej Agencji Kosmicznej jest opracowywana metoda kartowania obszarów objętych pożarami oraz określania intensywności pożarów i charakteru regeneracji obszarów po-pożarowych, z wykorzystaniem nisko- i wysokorozdzielczych zdjęć satelitarnych oraz obrazów radarowych.

W Zakładzie Geoinformatyki, Kartografii i Teledetekcji Wydziału Geografii i Studiów Regionalnych Uniwersytetu Warszawskiego zostały przeprowadzone badania nad zastosowaniem analizy danych hiperspektralnych do określania zagrożeń środowiska

związanych z zanieczyszczeniem gleb i roślinności metalami ciężkimi. W Zespole Obserwacji Ziemi Centrum Badań Kosmicznych w ramach projektu SPECTROP-L opracowano prototyp hiperspektralnego systemu obrazującego, który może służyć do monitorowania zagrożeń środowiska z pułapu lotniczego. W Laboratorium Geomatyki Katedry Ekologii Lasu Wydziału Leśnictwa Uniwersytetu Przyrodniczego w Krakowie przeanalizowano zastosowanie różnych technik geoinformatycznych (GIS, fotogrametria cyfrowa, teledetekcja satelitarna, naziemny i lotniczy skaning laserowy, GPS) w do oceny stanu i ochrony środowiska przyrodniczego. W Instytucie Geodezji i Geoinformatyki Wydziału Inżynierii Kształtowania Środowiska i Geodezji Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu zrealizowano projekt InSAR-LIDAR, integrujący dane z interferometrii radarowej i lotniczego skaningu laserowego do badania zagrożeń związanych z osuwiskami ziemi oraz projekt dotyczący teledetekcyjnego monitorowania erozji gleb. Prace aplikacyjne związane z inwentaryzacją obszarów katastrof naturalnych (huragany, pożary, powodzie) są prowadzone przez firmę ProGea Consulting.

7.2.1.9. Wykorzystanie teledetekcji w badaniach geologicznych i geomorfologicznych

Prace badawcze nad wykorzystaniem nowoczesnych technik teledetekcyjnych były prowadzone do badań związków osiadania gruntu ze strukturami geologicznymi były prowadzone przez Państwowy Instytut Geologiczny. Zastosowano w tych pracach technikę interferometrycznych obrazów radarowych i wyznaczono związki pomiędzy anomaliami osiadania a granicami geologicznymi. W Katedrze Geoinformacji, Fotogrametrii i Teledetekcji Środowiska Wydziału Geodezji Górniczej i Inżynierii Środowiska Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie zrealizowano projekt dotyczący oceny struktur geologicznych w zamkniętych systemach geotermalnych z wykorzystaniem danych teledetekcyjnych. Prace związane z synergicznym wykorzystaniem zdjęć lotniczych, satelitarnych i materiałów kartograficznych do utworzenia geomorfologicznej mapy Polski przeprowadzono w Zakładzie Geoinformatyki, Kartografii i Teledetekcji Wydziału Geografii i Studiów Regionalnych Uniwersytetu Warszawskiego. Dane teledetekcyjne wykorzystywano także w pracach związanych z analizą zmienności krajobrazu w Katedrze Geomatyki Wydziału Nauk o Ziemi Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu.

7.2.1.10. Zastosowanie teledetekcji do badań atmosfery

Problematyka wykorzystania danych teledetekcyjnych do analizy stanu atmosfery obejmuje dwa główne kierunki badań. Pierwszy z nich to charakterystyka stanu zachmurzenia na obszarze Polski z wykorzystaniem niskorozdzielczych zdjęć satelitarnych. Prace tego typu były prowadzone w Ośrodku Teledetekcji Satelitarnej Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej w Krakowie; wykorzystywano w nich długookresowe serie czasowe zdjęć pozyskiwanych przez satelity serii NOAA. Drugim kierunkiem badań jest określenie zależności między typem zachmurzenia a wielkością strumieni promieniowania i potencjałem energii słonecznej. Prace badawcze w tym zakresie są prowadzone w ramach grantu realizowanego w Centrum Teledetekcji Instytutu Geodezji i Kartografii oraz w ramach projektu SCARF realizowanego przez Zespół Obserwacji Ziemi Centrum Badań Kosmicznych.

7.2.1.11. Zastosowanie teledetekcji do badań zmian klimatu

Problematyka zmian klimatu obejmuje szereg interakcji pomiędzy zmieniającymi się parametrami meteorologicznymi a elementami środowiska przyrodniczego. Prace badawcze nad określeniem tych zależności są prowadzone w kilku ośrodkach naukowo-badawczych. W Centrum Teledetekcji Instytutu Geodezji i Kartografii w ramach polsko-norweskiej współpracy badawczej są realizowane dwa projekty ukierunkowane na określenie wpływu zmian klimatu na ekosystemy roślinne. Jeden z nich dotyczy zależności pomiędzy zimowymi ociepleniami klimatu a kondycją drzewostanów usytuowanych w różnych obszarach klimatycznych. Drugi projekt obejmuje relacje pomiędzy zmianami klimatu a warunkami rozwoju roślinności łąkowej oraz wpływu tych zmian na stosunki wodne i wielkość biomasy. W obu projektach są wykorzystywane wieloźródłowe obrazy satelitarne o różnej rozdzielczości terenowej oraz dane naziemne służące do kalibracji otrzymanych zależności.

Do monitorowania zmian klimatycznych wykorzystuje się modele do obliczenia bilansu węgla dla obszarów bagiennych z wykorzystaniem obrazów radarowych, opracowane w Centrum Teledetekcji Instytutu Geodezji i Kartografii. W pracach tych duże znaczenie mają pomiary grawimetryczne służące do wyznaczenia wahań zwierciadła wody gruntowej.

Prace badawcze nad określeniem zależności pomiędzy fluktuacjami klimatycznymi a parametrami charakteryzującymi powierzchnię morza (pokrycie lodem, zjawisko upwellingu przybrzeżnego) są prowadzone w Pracowni Teledetekcji i Analizy Przestrzennej Zakładu Oceanografii Fizycznej Instytutu Oceanografii Uniwersytetu Gdańskiego.

Niskorozdzielcze zdjęcia satelitarne z satelitów serii NOAA, Meteosat i MSG są operacyjnie stosowane przez Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej do tworzenia baz danych charakteryzujących przebieg zmian klimatycznych na obszarze Polski.

7.2.1.12. Zastosowanie teledetekcji do tworzenia systemów bezpieczeństwa

Wykorzystanie danych teledetekcyjnych do budowy systemów bezpieczeństwa i wczesnego ostrzegania o zagrożeniach stanowi istotny element efektywnego działania tych systemów. Prace badawcze nad włączeniem różnych technik teledetekcji do tego typu systemów są obecnie prowadzone w projektach unijnych G-Sextant i G-Next, których współwykonawcą jest Zespół Obserwacji Ziemi Centrum Badań Kosmicznych.

Prace badawcze i aplikacyjne nad wykorzystaniem różnego typu zobrazowań dla potrzeb rozpoznania wojskowego i tworzenia europejskich systemów bezpieczeństwa są również prowadzone w Zakładzie Fotogrametrii i Teledetekcji Wydziału Inżynierii Lądowej i Geodezji Wojskowej Akademii Technicznej. Przykładem tych działań jest udział w realizacji międzynarodowego traktatu „Open Skies” i własne projekty badawcze związane z wykorzystaniem obrazów wielospektralnych pozyskiwanych z latających pojazdów bezzałogowych do kartowania terenów niedostępnych.

7.2.1.13. Prace badawcze związane z opracowaniem optymalnych metod przetwarzania danych teledetekcyjnych

Prace naukowe ukierunkowane na tworzenie i udoskonalanie metod przetwarzania oraz klasyfikacji różnych typów danych teledetekcyjnych są prowadzone w kilku ośrodkach naukowo-badawczych. W zakresie metod wstępnego przetwarzania obrazów w Centrum Teledetekcji Instytutu Geodezji i Kartografii przeprowadzono prace nad utworzeniem optymalnych algorytmów korekcji radiometrycznej (z uwzględnieniem wpływu atmosfery) niskorozdzielczych zdjęć satelitarnych. Prace tego typu były również realizowane w Pracowni Teledetekcji i Analizy Przestrzennej Zakładu Oceanografii Fizycznej Instytutu Oceanografii Uniwersytetu Gdańskiego oraz w Ośrodku Teledetekcji Satelitarnej Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej w Krakowie. Metody pełnego przetwarzania obrazów radarowych w celu otrzymania optymalnych produktów do dalszych prac są badane w ośrodkach zajmujących się wykorzystaniem tych obrazów do analiz środowiska – w Centrum Teledetekcji Instytutu Geodezji i Kartografii, w Zespole Obserwacji Ziemi Centrum Badań Kosmicznych, w Katedrze Fotogrametrii i Teledetekcji Wydziału Geodezji i Gospodarki Przestrzennej Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego.

Prowadzone są także prace nad utworzeniem optymalnych metod klasyfikacji wielospektralnych obrazów optycznych oraz obrazów radarowych. Badane są różne podejścia do klasyfikacji danych, zarówno pikselowej jak i obiektowej (analiza spektralnego zmieszania, analiza za pomocą drzewa decyzyjnego, analiza za pomocą sieci neuronowych, analiza morfologiczna obrazu, analiza wielofraktalna) w celu optymalizacji wyników klasyfikacji. Równolegle prowadzi się badania nad łącznym wykorzystaniem obrazów optycznych i radarowych do klasyfikowania elementów pokrycia powierzchni ziemi. Prace w tym zakresie są prowadzone w Centrum Teledetekcji Instytutu Geodezji i Kartografii, w Zespole Obserwacji Ziemi Centrum Badań Kosmicznych, w Zakładzie Fotogrametrii i Teledetekcji Wydziału Geodezji i Kartografii Politechniki Warszawskiej, w Zakładzie Geoinformatyki, Kartografii i Teledetekcji Wydziału Geografii i Studiów Regionalnych Uniwersytetu Warszawskiego oraz w innych ośrodkach zajmujących się wykorzystaniem danych teledetekcyjnych do analizy poszczególnych elementów środowiska geograficznego.

Istotnym elementem prac badawczych, obserwowanym w szczególności w ostatnich latach, jest rozwój metod przetwarzania dużych zbiorów danych obrazowych, związany z analizą długofalowych obserwacji powierzchni Ziemi za pomocą zdjęć satelitarnych. Opracowuje się złożone metody korekcji i filtracji danych w celu umożliwienia prawidłowej analizy serii obrazów; są również rozwijane metody automatyzacji przetwarzania dużych zbiorów danych obrazowych, służące w niedalekiej przyszłości do tworzenia serwisów informacyjnych o stanie środowiska geograficznego, bazujących na danych teledetekcyjnych.

Silnie rozwijającym się w ostatnim latach typem badań są prace związane z utworzeniem optymalnych metod przetwarzania i analizy obrazów radarowych. Badania te są realizowane w dwóch kierunkach; pierwszy z nich dotyczy wykorzystania obrazów radarowych o różnych polaryzacjach i długościach fal do analizy środowiska geograficznego, drugi zaś obejmuje badania w zakresie interferometrii radarowej, służące analizie deformacji powierzchni ziemi oraz zmian wysokości elementów pokrycia terenu.

7.2.2. Ośrodki naukowe

Ze względu na interdyscyplinarny charakter teledetekcji ośrodki naukowo-badawcze zajmujące się tą problematyką zostały przedstawione w dwóch grupach. Pierwsza grupa obejmuje jednostki, których działalność jest związana z geodezją i kartografią jako dyscypliną naukowo-techniczną. W drugiej grupie znajdują się jednostki znajdujące się na wydziałach uniwersyteckich o charakterze geograficznym lub przyrodniczym. Wykaz jednostek związanych z geodezją i kartografią został oparty na raporcie Ocena stanu dyscypliny-synteza5.pdf przygotowanego dla Komitetu Geodezji Polskiej Akademii Nauk.

Grupa I

Centrum Teledetekcji Instytutu Geodezji i Kartografii

Zakład Fotogrametrii, Teledetekcji i Systemów Informacji Przestrzennej Wydziału Geodezji i Kartografii Politechniki Warszawskiej

Zakład Teledetekcji i Fotogrametrii Wydziału Inżynierii Lądowej i Geodezji Wojskowej Akademii Technicznej

Katedra Geoinformacji, Fotogrametrii i Teledetekcji Środowiska Wydziału Geodezji Górniczej Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie

Katedra Fotogrametrii i Teledetekcji Wydziału Geodezji i Gospodarki Przestrzennej Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie

Zakład Geomatyki i Gospodarki Przestrzennej Wydziału Leśnictwa Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

Katedra Geodezji Rolnej, Katastru i Fotogrametrii Wydziału Inżynierii Środowiska i Geodezji Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie

Instytut Geodezji i Geoinformatyki Wydziału Inżynierii Kształtowania Środowiska i Geodezji Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu

Grupa II

Zakład Geoinformatyki, Kartografii i Teledetekcji Wydziału Geografii i Studiów Regionalnych Uniwersytetu Warszawskiego

Zespół Obserwacji Ziemi Centrum Badań Kosmicznych Polskiej Akademii Nauk

Ośrodek Teledetekcji Satelitarnej Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej w Krakowie

Zakład Systemów Informacji Przestrzennej, Kartografii i Teledetekcji Instytutu Geografii i Gospodarki Przestrzennej Uniwersytetu Jagiellońskiego

Pracownia Teledetekcji i Analizy Przestrzennej Zakładu Oceanografii Fizycznej Instytutu Oceanografii Uniwersytetu Gdańskiego

Zakład Teledetekcji i Kartografii Morskiej Instytutu Nauk o Morzu Wydziału Nauk o Ziemi Uniwersytetu Szczecińskiego

Katedra Geomatyki Wydziału Nauk o Ziemi Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu

Zakład Gleboznawstwa i Teledetekcji Gleb Wydziału Nauk Geograficznych i Geologicznych Uniwersytetu Adama Mickiewicza w Poznaniu

Laboratorium Geomatyki Katedry Ekologii Lasu Wydziału Leśnictwa Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie

Zakład Zarządzania Zasobami Leśnymi Instytutu Badawczego Leśnictwa

Państwowy Instytut Geologiczny

Geosystems Polska Sp. z o.o.

ProGea Consulting

MGGP Aero Sp. z o.o.

7.2.3. Związki z geoinformacją

Geoinformacja to według definicji opublikowanej w monografii IGiK „Infrastruktura informacji przestrzennej w ujęciu systemowym" informacja o obiektach, zjawiskach i procesach geograficznych powstająca w wyniku przetworzenia danych geograficznych. W nawiązaniu do tej definicji można stwierdzić, iż wszelkie typy danych i produktów teledetekcyjnych mają charakter geoinformacji. Dane teledetekcyjne z natury rzeczy mają bowiem charakter przestrzenny, obrazując fragment powierzchni Ziemi, który po przetworzeniu geometrycznym ma postać danych geograficznych, tzn. danych przestrzennych opisanych określonym odwzorowaniem kartograficznym. Stwierdzenie to dotyczy wszystkich typów danych teledetekcyjnych, rejestrowanych przez systemy pasywne i aktywne (dane rejestrowane w widmie optycznym, dane mikrofalowe, dane pozyskiwane za pomocą skaningu laserowego). Typ odwzorowania kartograficznego jest uzależniony od charakteru opracowania (lokalny, regionalny, europejski); zwykle dane teledetekcyjne są przetwarzane do odwzorowania najczęściej stosowanego na obszarze Polski (układ 1992 – Transverse Mercator, GRS 1980). Transformacji danych teledetekcyjnych do określonego typu odwzorowania dokonuje się za pomocą specjalistycznych programów do korekcji geometrycznej obrazów, wykorzystując w tym celu referencyjne materiały kartograficzne o wysokiej dokładności terenowej.

Rozpatrując zagadnienie związków teledetekcji z geoinformacją od strony dostarczanej informacji należy stwierdzić, że produkty teledetekcyjne – przetworzone obrazy lotnicze i satelitarne, mapy klasyfikacyjne, mapy zmian środowiska geograficznego – dostarczają szerokiej informacji o obiektach, zjawiskach i procesach geograficznych. Przetworzone obrazy satelitarne i lotnicze stanowią bogate źródło informacji o pokryciu terenu i użytkowaniu ziemi, stanowiąc zarazem punkt wyjścia do sporządzania map tematycznych charakteryzujących różne elementy środowiska geograficznego (mapy klasyfikacyjne obszarów miejskich, obszarów rolniczych, obszarów leśnych etc.). Jednocześnie, długofalowe serie danych teledetekcyjnych (np. pozyskiwane w cyklu dziennym obrazy satelitarne Polski) umożliwiają analizę zjawisk i procesów zachodzących na powierzchni ziemi, np. analizę rozwoju roślin uprawnych, monitorowanie zjawisk suszy rolniczej,

monitorowanie procesu degradacji środowiska, monitorowanie zasięgu katastrof naturalnych (powodzie, pożary).

Zatem reasumując należy stwierdzić, iż teledetekcja jako poddyscyplina naukowo-techniczna dostarcza metody przetwarzania obrazowych danych przestrzennych oraz produkty generowane na podstawie tych danych, które ze swej istoty stanowią geoinformację, wzbogacając wiedzę o powierzchni ziemi dostarczaną przez inne poddyscypliny geodezji i kartografii.

7.2.4. Kompetencje zawodowe (zawód wyuczony)

W wyniku procesu kształcenia na Wydziale Geodezji i Kartografii PW absolwent studiów o specjalności Fotogrametria i teledetekcja powinien charakteryzować się następującymi kompetencjami:

- Uporządkowana wiedza o metodach i technologiach pozyskiwania i przetwarzania danych obrazowych i wektorowych oraz modelowania kartograficznego danych na potrzeby tworzenia systemów informacji przestrzennej
- Zaawansowana wiedza z zakresu cyfrowego przetwarzania i interpretacji obrazów lotniczych i satelitarnych
- Pogłębiona wiedza na temat zastosowań fotogrametrii i teledetekcji, w tym w zakresie wykorzystania metod i technologii do pozyskiwania danych dla budowy baz danych topograficznych i tematycznych
- Aktualna wiedza o stanie pokrycia kraju produktami pochodnymi opracowania zdjęć lotniczych i satelitarnych oraz standardach stosowanych w tym zakresie w kraju i w Europie
- Umiejętność oceny przydatności wykorzystania nowych technologii, urządzeń i metod do realizacji złożonych zadań z zakresu fotogrametrii i teledetekcji oraz oceny poziomu innowacyjności
- Umiejętność dobrania i zastosowania odpowiednich metod przetwarzania cyfrowego obrazów satelitarnych w zależności od postawionego zadania i zastosowania oraz rodzaju wykorzystywanych danych (dane optyczne, termalne, radarowe)
- Umiejętność integrowania produktów pochodzących z danych wieloźródłowych

7.3. Światowe trendy rozwoju teledetekcji

Opisując światowe trendy w rozwoju teledetekcji należy zwrócić uwagę na trzy główne obszary, w obrębie których ten rozwój zachodzi. Zaliczyć do nich należy:

1. Trendy w zakresie udoskonalania dotychczasowych możliwości obrazowania z pułapu satelitarnego i lotniczego (budowa nowych satelitów i sensorów)

2. Trendy w zakresie tworzenia nowych i udoskonalania istniejących dotychczas metod badawczych oraz synergii między nimi.

3. Wzrost operacyjności technologii i transfer do gospodarki, budowa serwisów informacyjnych

7.3.1. Trendy w zakresie udoskonalania dotychczasowych możliwości obrazowania z pułapu satelitarnego i lotniczego

Analiza rozwoju technologii w zakresie możliwości obrazowania jest jednym z prostszych i najbardziej skutecznych sposobów przewidywania trendów rozwoju teledetekcji w ciągu najbliższych kilku czy nawet kilkunastu lat. Wynika to z faktu, że proces umieszczenia nowego satelity, od planów, poprzez stworzenie jego projektu, budowę, testy i wyniesienie na orbitę, jest procesem wieloletnim. Plany poszczególnych agencji kosmicznych takich jak mission_profile.pdf, czy ESA odnośnie wyniesienia na orbitę kolejnych satelitów są znane z wyprzedzeniem nawet 10 letnim. Plany te oczywiście ulegają pewnym modyfikacjom, odnośnie terminów wyniesienia na orbitę poszczególnych satelitów, rezygnacji z niektórych projektów bądź pojawienia się nowych. Zmiany te nie mają jednakże większego wpływu na charakter ogólnego trendu.

Do końca 2013 roku zostało wyniesionych na orbitę prawie 350 satelitów, których zadaniem była bądź jest obserwacja Ziemi. W samym roku 2014 zostało bądź będzie wyniesionych na orbitę kolejne 44 tego typu satelity a do roku 2020 kolejne 34. Satelity te różnią się między sobą typem sensorów i przeznaczeniem. Analizując te parametry a także programy kosmiczne poszczególnych Agencji oraz ich współpracę można zaobserwować kilka zasadniczych trendów.

Pierwszym z nich jest tworzenie całych konstelacji wielu satelitów o różnym przeznaczeniu, rejestrujących dane w zbliżonym do siebie czasie, których celem jest jednoczesne lub prawie jednoczesne zebranie jak największej ilości informacji dotyczących stanu atmosfery, oceanów i lądów. Łączna analiza tych danych pozwala lepiej zrozumieć procesy zachodzące na Ziemi, zwłaszcza te o długoterminowym bądź dynamicznym charakterze, jak zmiany klimatyczne, czy warunki pogodowe. Do projektów takich można zaliczyć działający obecnie, prowadzony przez Amerykańską Agencję Kosmiczną NASA program EOS (Earth Observing System), czy też jego następcę Future_of_NPOESS.pdf (National Polar-orbiting Operational Environmental Satellite System). Programy te, o ogromnym znaczeniu dla obserwacji Ziemi, mają mniejsze znaczenie dla zastosowań geodezyjnych, niemniej jednak szczegółowe informacje dotyczące stanu poszczególnych warstw atmosfery w skali globalnej mogłyby być wykorzystywane do modelowania opóźnienia sygnału w atmosferze a tym samym zastosowane również w pomiarach geodezyjnych. Spośród sensorów rejestrujących dane w ramach tych konstelacji satelitów, z punktu widzenia Geodezji największe znaczenie mają altymetry laserowe i radarowe dostarczające dane o ukształtowaniu oceanów i lądolodów oraz ich zmianach.

Dla geodezji zdecydowanie większe znaczenie mają trendy występujące w budowaniu nowych satelitów służących obserwacji powierzchni Ziemi. W tym przypadku możemy rozpatrywać zagadnienie z od strony rodzaju obrazujących sensorów (radarowe, optyczne, hiperspektralne) bądź też od strony ich rozdzielczości przestrzennej.

Bardzo wyraźny w ostatnich latach jest wzrost znaczenia i możliwości teledetekcji radarowej. W ostatnich kilku latach pojawiło się na orbicie wiele nowych satelitów radarowych działających w różnych zakresach fal: pasmo X - konstelacja TerraSAR-X/Tandem-X (DLR),

konstelacja CosmoSkyMed (ASI), konstelacja SAR-Lupe, pasmo C - Radarsat-2 (CSA), Sentinel-1 (ESA), pasmo L - ALOS-2 (JAXA). Planowane są na następne lata kolejne misje takie jak: Tandem-L, SAOCOM 1A i 1B, Konstelacja Radarsat, konstelacja Cosmo-SkyMed drugiej generacji, BIOMASS. Bardzo istotny jest fakt, że w przypadku satelitów radarowych pojawienie się nowych satelitów na orbicie wiąże się w wielu przypadkach z bardzo istotnym postępem technologicznym. Wyraża się on poprzez zwiększenie możliwości manewrowych satelitów i ich współdziałania w konstelacjach, co pozwala nie tylko zwiększyć częstotliwość rejestracji obrazów radarowych dla dowolnego obszaru (kilka godzin w przypadku konstelacji Cosmo_SkyMed), ale zwiększa również zdecydowanie zakres stosowalności istniejących metod badawczych (np. interferometrii radarowej), czy też wręcz umożliwia zastosowanie nowych, przewidywanych do tej pory jedynie metod, jak tomografia radarowa (faza badawcza konstelacji TerraSAR/Tandem-X, czy też przyszły satelita BIOMASS). Wzrastają również możliwości satelitów w zakresie rejestracji danych w różnych polaryzacjach (tryby pracy w pełnej polaryzacji lub polaryzacja kompaktowa (np. ALOS-2) czy o różnej rozdzielczości przestrzennej (nawet 1 metr (TerraSAR-X, Cosmo-SkyMed). Obecnie jednym z głównych priorytetów przy projektowaniu misji radarowych jest możliwość wykorzystania rejestrowanych danych do analiz interferometrycznych oraz zwiększenia możliwości operacyjnego stosowania tej technologii. Rozwój tych metod jest szczególnie istotny z punktu widzenia geodezji, jako że pozwala w sprzyjających warunkach prowadzić badania deformacji powierzchni Ziemi na dużych obszarach z dokładnością rzędu nawet kilku dziesiątych części milimetra. Jest również wykorzystywana do generowania dokładnych globalnych Numerycznych Modeli Pokrycia Terenu (misje SRTM, Tandem-X).

Nieco inaczej wygląda sytuacja w przypadku satelitów działających w zakresie optycznym (widmo widzialne i podczerwone). Rozwój w tym obszarze polega obecnie przede wszystkim na zwiększeniu operacyjności dostępnej technologii. Pojawianie się kolejnych satelitów na orbicie działających w tym zakresie nie jest związane z powstawaniem nowych przełomowych rozwiązań dających możliwość wygenerowania zupełnie nowych produktów, czy opracowanie bardzo nowatorskich metod badawczych, jak to ma miejsce w przypadku teledetekcji mikrofalowej. Siła rozwoju tego sektora polega przede wszystkim na zwiększeniu częstotliwości rejestracji danych oraz zwiększeniu ich dostępności dla coraz szerszego grona użytkowników. W bardzo znaczący sposób przyczynia się to do możliwości operacyjnego wykorzystania technologii, zwiększenia transferu tej technologii do sektora przedsiębiorstw, tworzenia serwisów monitoringu środowiska i generowania różnych produktów, które mają znaczenie użytkowe dla coraz szerszego grona odbiorców.

Powyższe stwierdzenia nie dotyczą technologii hiperspektralnej, która chociaż działa w zakresie optycznym, jest obecnie, biorąc pod uwagę pułap satelitarny, na zupełnie innym etapie rozwoju. Przez ostatnie kilkanaście lat działały na orbicie tylko dwa sensory hiperspektralne (Hyperion) umieszczony na satelicie EO-1 (NASA) oraz CHRIS na satelicie PROBA (ESA). Obecnie planowane jest wyniesienie na orbitę nowych tego typu urządzeń (EnMAP – DLR, HyspIRI – NASA), mają one jednakże jak na razie istotne znaczenie wyłącznie z punktu widzenia naukowego.

Odrębną kwestią są trendy zachodzące w obszarze satelitów charakteryzujących się bardzo wysoką rozdzielczością przestrzenną. Są to satelity, które oprócz bardzo wysokiej rozdzielczości przestrzennej (nawet ok. 40 cm w zakresie panchromatycznym), charakteryzują się bardzo małym zasięgiem obrazowanej sceny (szerokość pasa obrazowania do kilkunastu kilometrów) oraz małą ilością kanałów spektralnych (maksymalnie

3 – 4 kanały w zakresie widzialnym i bliskiej podczerwieni - wyjątek stanowi satelita Worldview-2: 8 kanałów spektralnych). Są one wykorzystywane głównie do celów zarządzania kryzysowego, tworzenia wysokorozdzielczych NMT, wizualizacji terenu a także wykrywania istotnych aczkolwiek zachodzących na stosunkowo małym obszarze zmian. Jest to jednocześnie typ danych, które są stosunkowo najczęściej wykorzystywane operacyjnie w gospodarce. Trend, jaki można zaobserwować w przypadku pozyskiwania tych danych, jest związany przede wszystkim z dążeniem do maksymalnego skrócenia czasu pozyskania obrazu dla dowolnego fragmentu powierzchni Ziemi od momentu zgłoszenia zapotrzebowania oraz zwiększenia możliwości pod względem częstotliwości rejestracji tych danych. Odbywa się to poprzez zwiększenie możliwości manewrowych satelitów oraz poprzez tworzenie całych konstelacji identycznych satelitów. Oprócz rozwiązań technologicznych stosuje się również rozwiązania prawne, jakim jest np. CHARTER - umowa między agencjami kosmicznymi odnośnie udostępniania danych w przypadku katastrof naturalnych lub innych sytuacji kryzysowych. Jeśli chodzi o inne parametry obrazowania to nie widać, żeby w najbliższym czasie miały zajść jakieś istotne zmiany. W przypadku zwiększania rozdzielczości przestrzennej przez wiele lat ograniczeniem były wewnętrzne regulacje amerykańskie, zabraniające udostępniania dla celów cywilnych obrazów o rozdzielczości przestrzennej lepszej niż 0,5 metra. Ponieważ poza Stanami Zjednoczonymi brak jest obecnie cywilnych satelitów, które miałyby techniczną możliwość uzyskania zdolności rozdzielczej lepszej niż 0,5 metra, regulacje te obowiązywały praktycznie na całym świecie. W ostatnim czasie próg ten został przełamany poprzez zaoferowanie obrazów o rozdzielczości przestrzennej 0,43 m. Należy się w związku z tym spodziewać, że w najbliższych, o ile tylko będzie takie zapotrzebowanie ze strony rynku, pojawi się możliwość pozyskiwania danych o jeszcze wyższej rozdzielczości przestrzennej. W przypadku zwiększania rozdzielczości spektralnej tych danych podstawowym ograniczeniem jest obecnie brak odpowiednio dużego zapotrzebowania ze strony rynku.

Wraz z pojawieniem się na orbicie konstelacji TerraSAR-X/Tandem-X oraz Cosmo-SkyMED, w grupie satelitów o bardzo wysokiej rozdzielczości przestrzennej znalazły się również sensory radarowe (rozdzielczość przestrzenna 1m w trybie spotlight). Podlegają one tym samym trendom co satelity optyczne w zakresie zwiększania szybkości i częstotliwości pozyskiwania danych dla dowolnego fragmentu powierzchni Ziemi. Podstawową różnicą jest natomiast ciągły rozwój technologii w zakresie pozyskiwania obrazów opisany powyżej.

W ostatnich latach bardzo istotnym trendem w obszarze pozyskiwania danych teledetekcyjnych jest rozwój technologii UAV. Bardzo szybki rozwój technologiczny w obszarze bezzałogowych środków latających, postępująca miniaturyzacja urządzeń obrazujących w połączeniu ze stosunkowo niskimi kosztami tego typu rozwiązań stało się przyczyną bardzo dynamicznego rozwoju tego segmentu rynku. W najbliższych latach należy się spodziewać kontynuacji tego trendu. Obecnie urządzenia bezzałogowe są wyposażone w systemy rejestrujące obraz w zakresie optycznym lub termalnym. Pojawiają się również pierwsze rozwiązania pozwalające korzystać z technologii hiperspektralnej.

7.3.2. Trendy w zakresie tworzenia nowych i udoskonalania istniejących dotychczas metod badawczych oraz synergii między nimi

Możliwości w zakresie udoskonalania i tworzenia nowych metod badawczych są ściśle związane z postępem w zakresie możliwości obrazowania omówione w poprzednim podrozdziale. Wśród panujących obecnie trendów należy wymienić przede wszystkim:

- silny rozwój metod w zakresie teledetekcji radarowej, zwłaszcza interferometrii radarowej i wzrost znaczenia tych metod

- w zakresie danych optycznych: rozwój metod klasyfikacji i ekstrakcji cech z obrazów a także automatyzacja tych procesów

- zwiększenie ilości prac bazujących na synergii danych optycznych i radarowych

- poszukiwanie rozwiązań w zakresie łącznego wykorzystywania danych teledetekcyjnych oraz danych pochodzących z innych źródeł (np. geodezyjnych)

W ostatnich latach obserwuje się trend dynamicznego rozwoju metod badawczych bazujących na danych radarowych. Jest to związane ze wspominanym już wzrostem możliwości obrazowania w tych zakresach z pułapu satelitarnego, którego wynikiem jest powstawanie zupełnie nowych produktów radarowych, pozwalających na powstawanie nowych algorytmów i metod badawczych. Plany poszczególnych agencji w tym zakresie na najbliższe lata wskazują na to, że trend ten będzie się utrzymywał. Rozwój ten jest szczególnie dobrze widoczny w obszarze interferometrii radarowej służącej głównie do badania powolnych deformacji gruntu oraz generowania globalnych numerycznych modeli terenu, ale również do pozyskiwania informacji o innych wybranych parametrach środowiska, jak np. wielkość biomasy lasów. Postęp, jaki się dokonuje w przypadku tych metod jest związany zarówno z nowymi możliwościami pozyskiwania danych satelitarnych, jak również z powstawaniem nowych algorytmów. Biorąc pod uwagę pierwszy z wymienionych wyżej aspektów, za znaczące kroki milowe należy uznać pojawienie się satelitów wysokorozdzielczych TerraSAR-X/TanDEM-X i CosmoSkymed rejestrujących dane w paśmie X. Bardzo wysoka rozdzielczość tych danych (nawet 1 m w trybie spotlight) pozwoliła uzyskać ogromny wzrost gęstości pomiarów, w terenach zabudowanych nawet do kilkudziesięciu tysięcy punktów na km2. Dodatkowo, wykorzystanie krótkich fal pasma X przyczyniło się do zwiększenia dokładności pomiarów, mogącej dochodzić obecnie w sprzyjających warunkach nawet do 0.2 mm na rok. Wraz z pojawieniem się na orbicie satelitów TerraSAR-X/TanDEM-X wyposażonych w tryb pracy interferometrii podłużnej, stało się możliwe analizowanie prędkości przemieszczeń szybko poruszających się obiektów np., analiza prądów morskich, czy ruchu ulicznego. Drugim istotnym krokiem milowym, będzie wyniesienie na orbitę obu satelitów z serii Sentinel-1 (pierwszy jest na niej od maja 2014 roku). Duża częstotliwość przelotów (co 6 dni) w połączeniu z bardzo szerokim pasem obrazowania (250 km) i przy zachowaniu dobrej rozdzielczości przestrzennej powinna pozwolić na prowadzenie jednolitych badań interferometrycznych na dużych obszarach również tych, na których obecnie możliwości są ograniczone ze względu na brak tak zwanych naturalnych trwałych reflektorów. Bardzo istotnym aspektem jest również poprawa w nowszych typach satelitów powtarzalności orbit, oraz innych technicznych aspektów obrazowania mających wpływ na jakość dalszych opracowań.

W ostatnich latach nastąpił również bardzo silny rozwój algorytmów, zwłaszcza w obszarze interferometrii wieloczasowej. Za najbardziej istotne osiągnięcia należy uznać bez wątpienia algorytmy łączące dwa główne nurty analiz: PSI i SBAS, do których należy zaliczyć np. SqueeSAR. Daje on znacznie większą niż dotychczas gęstość pomiarów, zwiększając zakres stosowalności metody w aspekcie przestrzennym. Znaczący postęp dokonał się również w zakresie wykrywania ruchów nieliniowych. Coraz większego znaczenia zaczyna nabierać nurt integracji pomiarów interferometrycznych z innymi technikami geodezyjnymi, głównie z pomiarami z permanentnych sieci GNSS. Wykorzystuje się je m.in. do walidacji wyników oraz do modelowania składowej atmosferycznej sygnału interferometrycznego. Wydaje się, że przez najbliższe lata to właśnie rozwój algorytmów i integracja pomiarów interferometrycznych z innymi danymi będzie największym motorem rozwoju interferometrii w zakresie służącym do pomiarów deformacji.

Analizując nowe możliwości obrazowania satelitów radarowych planowanych do wyniesienia na orbitę przez najbliższe kilka lat, można się spodziewać, że dadzą one bardzo silny impuls do rozwoju innego obszaru zastosowań zobrazowań radarowych, mianowicie modelowania różnych parametrów środowiska, z których największe znaczenie wydają się mieć biomasa lasów oraz wilgotność gleby w skali globalnej. Będzie to możliwe za sprawą zwiększenia możliwości rejestracji danych w trybie pełnopolaryzacyjnym (lub kompaktowym) w różnych długościach fal, w trybie bistatic mode dostarczających danych interferometrycznych pozbawionych niekorzystnego efektu dekorelacji czasowej a także rejestracji danych spełniających wymogi tomografii radarowej.

Wzrost znaczenia teledetekcji mikrofalowej widoczny jest również w obszarze prac o charakterze aplikacyjnym. Ich znaczenie stale wzrasta. Wyraźnym trendem jest również wzrost zainteresowania rozwiązaniami bazującymi na łącznym zastosowaniu obrazów radarowych i optycznych. Wśród prac o charakterze aplikacyjnym bardzo silny jest obecnie również trend związany z dostarczaniem produktów o zasięgu globalnym. Dotyczy to zwłaszcza tych produktów, które mają bardzo istotne znaczenie w modelowaniu globalnych zmian klimatycznych (np. biomasa lasów, wilgotność gleby), czy też dla zagadnień społecznych (monitoring rozwoju osadnictwa, ze szczególnym uwzględnieniem wielkich miast, produkcja żywności, itp.).

W przypadku obrazowania powierzchni Ziemi w zakresie optycznym, nie należy spodziewać się w najbliższych latach przełomowych rozwiązań. Jest to związane z bardzo wysokim stopniem operacyjności tej technologii. Wśród naukowych prac badawczych dotyczących rozwiązań metodologicznych zdecydowanie dominują artykuły poświęcone udoskonalaniu dotychczas stosowanych algorytmów w zakresie klasyfikacji obrazu oraz ekstrakcji cech (ang. feature extraction). Dominujące wydają się być rozwiązania z zakresu klasyfikacji obiektowej oraz łączenia klasyfikacji obiektowej z klasyfikacją pikselową.

7.3.3. Wzrost operacyjności technologii i transfer do gospodarki, budowa serwisów informacyjnych

Ostatnią grupą trendów zachodzących w teledetekcji są te związane ze wzrostem operacyjności technologii, transferem technologii oraz produktów wytworzonych metodami teledetekcyjnymi, czyli tak zwanej geoinformacji do gospodarki a także coraz większe nastawienie na zagadnienia globalne i integrację prowadzonych badań oraz proponowanych

rozwiązań. Są one widoczne we wszystkich aspektach badań teledetekcyjnych poczynając od etapu pozyskiwania danych, czyli tak zwanym segmencie kosmicznym, do dostarczenia finalnego produktu. Mają swoje odzwierciedlenie również w zmianie struktury podmiotów zajmujących się teledetekcją. Część z tych zagadnień została już wspomniana powyżej przy okazji omawiania zagadnień związanych z pozyskiwaniem danych i rozwojem metod.

Bardzo istotnym trendem, pokrywającym się z trendami występującymi w całej gospodarce jest postępująca koncentracja rynku. Odbywa się to w dwojaki sposób, albo poprzez łączenie się poszczególnych podmiotów w większe firmy , albo poprzez zawiązywanie konsorcjów i porozumień o współpracy, zarówno pomiędzy przedsiębiorstwami jak i przedsiębiorstwami i instytucjami badawczymi. Dobrymi przykładami odnośnie pierwszych metod koncentracji są przejęcia firm w segmencie satelitów wysokorozdzielczych (np. Airbus Group - EADS), czy też firm zajmujących się produkcją komercyjnego oprogramowania teledetekcyjnego (np. Trimble, Exelis). Jako przykład zawiązywania konsorcjów można podać chociażby wspomniany już powyżej CHARTER, czy też inne porozumienia między poszczególnymi agencjami kosmicznymi zawiązywane w celu wspólnej budowy poszczególnych sensorów satelitów, czy całych ich konstelacji. Tego typu konsorcja i inne porozumienia są zawiązywane również między mniejszymi instytucjami badawczymi oraz przedsiębiorstwami. Jest to częściowo proces samoistny, a częściowo stymulowany poprzez odpowiednie działania prawne. Jako przykład można podać chociażby reguły panujące w konkursach na projekty badawcze Horyzont 2020, czy wcześniejsze programy ramowe, w których wnioski badawcze musiały być składane przez minimum trzy różne instytucje pochodzące z trzech różnych krajów.

Drugim ze wspomnianych wyżej trendów jest dążenie do wzrostu operacyjności technologii w obszarze badań teledetekcyjnych oraz zwiększenia wykorzystania geoinformacji pochodzącej ze źródeł teledetekcyjnych w sektorze usług i w administracji. Trend ten przejawia się m.in. poprzez wzrost udziału prywatnego sektora przedsiębiorstw w prowadzeniu i finansowaniu badań teledetekcyjnych, czy też powstawaniu spółek spin-off wdrażających do gospodarki rozwiązania bazujące na tych metodach. Drugim aspektem tego trendu jest powstawanie międzynarodowych programów dostarczających usług w postaci różnego rodzaju serwisów monitoringu, takich jak Globalny System Obserwacji Ziemi GEOSS, czy europejski program Copernicus. Programy te mają dostarczać zintegrowanej informacji o zjawiskach i procesach zachodzących na powierzchni ziemi, mórz i oceanów i w atmosferze poprzez funkcjonowanie tematycznych serwisów wykorzystujących wieloźródłowe dane pochodzące z teledetekcji oraz dane z monitoringu naziemnego. Stopień operacyjności tych serwisów będzie wzrastać w miarę rozwoju automatycznych technologii przetwarzania i analizy danych. Czynnikiem stymulującym będzie także zwiększona dostępność do bezpłatnych danych satelitarnych (planowanych m.in. dla satelitów serii ESA Sentinel) oraz zwiększona częstotliwość ich pozyskiwania. Te trendy rozwojowe będą służyć ewolucji rynku odbiorców produktów bazujących na informacjach pozyskiwanych za pomocą teledetekcji oraz przedsiębiorstw zaangażowanych w rozwój sektora kosmicznego – zjawisku obserwowanemu już w Stanach Zjednoczonych, a spodziewanemu wkrótce w krajach europejskich.

7.4. Wnioski dotyczące wpływu rozwoju teledetekcji na zmiany w zakresie kompetencji zawodowych

Trendy rozwoju teledetekcji w Europie i na świecie wyznaczają kierunki zmian w zakresie kompetencji zawodowych osób kształcących się na specjalności Teledetekcja Wydziału Geodezji i Kartografii Politechniki Warszawskiej. Rozwój systemów obrazowania za pomocą sensorów satelitarnych nowej generacji (optycznych i mikrofalowych) i konstelacji satelitów teledetekcyjnych poszerzy wiedzę o nowych technologiach rejestracji obrazów, Równolegle następuje dynamiczny rozwój w zakresie wykorzystania bezzałogowych pojazdów latających (dronów) do pozyskiwania szczegółowych informacji o terenie z niskiego pułapu lotniczego, co również znajdzie odzwierciedlenie w programie kształcenia.

W ostatnich latach obserwuje się silny trend w zakresie nowych metod analizy danych teledetekcyjnych, bazujących na synergicznym wykorzystaniu obrazów optycznych i radarowych, jak również łącznego wykorzystywania danych teledetekcyjnych oraz danych pochodzących z innych źródeł (np. geodezyjnych). Rozwijane są metody modelowania procesów zachodzących na powierzchni ziemi, np. zmian klimatu z wykorzystaniem seryjnych danych teledetekcyjnych Ten trend również będzie miał wpływ na rozszerzenie wiedzy związanej z analizą i klasyfikacją danych teledetekcyjnych zwiększając kompetencje zawodowe osób kształcących się w specjalności teledetekcja.

Istotnym trendem rozwoju teledetekcji, obserwowanym w ostatnich latach, jest wzrost operacyjności tworzonych technologii w kierunku budowy serwisów służących monitorowaniu różnych elementów środowiska geograficznego. Ten trend łączy się ze stopniowym transferem opracowywanych technologii do gospodarki i tworzeniem produktów globalnych niezbędnych do monitorowania Ziemi w skali europejskiej (Program Copernicus). Planuje się rozwój systemów informacji w Polsce, bazujących na danych teledetekcyjnych, które będą służyć w różnych dziedzinach gospodarki narodowej – dla potrzeb rolnictwa, leśnictwa, ochrony środowiska, gospodarki wodnej, planowania przestrzennego. W związku z tymi tendencjami rozwojowymi zostaną zmodyfikowane kompetencje zawodowe osób kształcących się w specjalności teledetekcja, ze względu na większą wagę w programach kształcenia problematyki związanej z operacyjnością metod teledetekcyjnych oraz z interdyscyplinarnym charakterem teledetekcji.

7.5. Przewidywany rozwój kształcenia w zakresie teledetekcji

Główne elementy w programach kształcenia na uczelniach technicznych, dotyczące specjalności teledetekcja obejmują przekazanie odpowiedniej wiedzy i umiejętności praktycznych w zakresie metod przetwarzania, analizy i wykorzystania zdjęć lotniczych i satelitarnych w celu:

- analizy stanu istniejącego - do zasilania i aktualizacji baz danych przestrzennych,
- analizy zmian pokrycia i zagospodarowania terenu oraz oceny wpływu tych zmian na inne elementy środowiska przyrodniczego,
- automatyzacji pozyskiwania informacji tematycznej.

Obecne programy kształcenia określają poziom wiedzy oraz umiejętności praktycznych, jakie powinien uzyskać absolwent uczelni, bazujący w głównej mierze na aktualnym stanie rozwoju teledetekcji w Polsce. Jednakże najnowsze trendy rozwoju technik i zastosowań

teledetekcji na świecie wyznaczają kierunki zmian, które w najbliższych latach będą wprowadzane do przyszłych programów edukacji. Wśród tych kierunków można wyróżnić:

- rozwój metod przetwarzania obrazów radarowych – polarymetrycznych i interferometrycznych z wykorzystaniem specjalistycznych pakietów oprogramowania,
- rozwój metod łączenia różnych typów danych teledetekcyjnych oraz danych pochodzących z innych źródeł (np. geodezyjnych, kartograficznych, grawimetrycznych),
- rozwój metod wielowymiarowej analizy danych wielospektralnych i hiperspektralnych oraz nowoczesnych sposobów klasyfikacji danych,
- rozwój metod modelowania zmian środowiska z wykorzystaniem wieloźródłowych danych teledetekcyjnych.

Wyżej wymienione kierunki rozwoju kształcenia dotyczą zmian programów edukacyjnych wydziałów geodezyjnych uczelni technicznych, na których znajduje się specjalizacja teledetekcja. Wzbogacają one wiedzę studentów odnośnie podstaw fizyczno-matematycznych oraz rozwiązań technologicznych dotyczących przetwarzania wieloźródłowych danych teledetekcyjnych nowej generacji. Wydziały geodezyjne uczelni technicznych ze swym dużym naukowym potencjałem w tym zakresie stanowią odpowiednie miejsce do kształcenia absolwentów o specjalności teledetekcja, dostarczając niezbędnej wiedzy o charakterze matematyczno-technicznym.

Jednakże elementem kształcenia nowych adeptów o specjalności teledetekcja powinno być nie tylko przekazanie odpowiedniego zasobu wiedzy obejmującej techniczne aspekty metod przetwarzania i analizy danych teledetekcyjnych, co w bardzo dobrym stopniu mogą zapewnić studia o charakterze technicznym, jak np. geodezja, lecz również wykształcenie podejścia naukowego do kompleksowego rozwiązywania zadań i problemów związanych z analizą środowiska geograficznego. Ten drugi aspekt kształcenia w zakresie teledetekcji jest obecny na wydziałach przyrodniczych. , Teledetekcja jest przykładem dziedziny interdyscyplinarnej, w której łączenie różnych kompetencji oraz informacji pochodzących z różnych źródeł stanowi nierozłączny element optymalizacji rozwiązań służących generowaniu finalnych produktów tematycznych, bazujących na zdjęciach lotniczych i satelitarnych. Stąd też wśród proponowanych kierunków zmian w programach edukacji uczelni technicznych znajduje się sugestia poszerzenia tych programów o metody modelowania zmian środowiska z wykorzystaniem wieloźródłowych danych teledetekcyjnych. Pozwoli to na zwiększenie obszaru zazębiania się wiedzy i umiejętności studentów kształconych w zakresie teledetekcji na różnych typach uczelni, co umożliwi tworzenie silnych interdyscyplinarnych zespołów badawczych będących w stanie rozwijać teledetekcję zarówno w aspekcie metodycznym jak i interpretacyjnym.

Wprowadzenie zmian w programach kształcenia uwzględniających wyżej wymienione trendy rozwojowe umożliwi dostosowanie kompetencji zawodowych absolwentów o specjalności teledetekcja do zakresu zadań, jakie rysują się w związku ze wzrostem operacyjności technologii bazujących na danych teledetekcyjnych oraz ich zróżnicowania w zależności od zastosowań w różnych dziedzinach gospodarki narodowej.

7.6. Wykaz wykorzystanych materiałów i literatury

mission_profile.pdf

109th Congress, 2nd Session, House of Representatives. Hearing before the Committee on Science, *Future_of_NPOESS.pdf*. June 8, 2006. Serial No. 109-53. Government Printing Office, Washington, D.C., 2007

Materiały informacyjne o działalności naukowo-badawczej instytucji zajmujących się problematyką teledetekcji zamieszczone na stronach internetowych:

Centrum Teledetekcji Instytutu Geodezji i Kartografii
http://www.igik.edu.pl/pl/teledetekcja

Zakład Geomatyki i Teledetekcji, Wydział Geografii i Studiów Regionalnych, Uniwersytet Warszawski
http://www.wgsr.uw.edu.pl/wydzial/struktura/zgkit

Zakład Fotogrametrii, Teledetekcji i Systemów Informacji Przestrzennej, Wydział Geodezji i Kartografii, Politechnika Warszawska
http://www.gik.pw.edu.pl/index.php/katedry-zaklady

Zakład Teledetekcji i Fotogrametrii, Wydział Inżynierii Lądowej i Geodezji, Wojskowa Akademia Techniczna
http://www.wig.wat.edu.pl/index.php/struktura/2012-07-27-13-41-48/instytut-geodezji/492-katedry-i-zakady/zakady/112-zaklad-teledetekcji-i-fotogrametrii

Zespół Obserwacji Ziemi, Centrum Badań Kosmicznych Polskiej Akademii Nauk
http://zoz.cbk.waw.pl/index.php/pl/

Pracownia Teledetekcji i Analizy Przestrzennej, Zakład Oceanografii Fizycznej, Instytut Oceanografii, Uniwersytet Gdański
http://www.ocean.ug.edu.pl/pages/wersja-polska/zaklady/zof/ptiap.php

Katedra Fotogrametrii i Teledetekcji, Wydział Geodezji i Gospodarki Przestrzennej, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie
http://www.wgigp.uwm.edu.pl/?q=obszary-i-problemy-badawcze

Katedra Geoinformacji, Fotogrametrii i Teledetekcji Środowiska, Wydział Geodezji Górniczej, Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie
http://twiki.fotogrametria.agh.edu.pl/bin/view/StronaGlowna/WebHome

Zakład Geomatyki i Gospodarki Przestrzennej, Wydział Leśnictwa, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie
http://wl.sggw.pl/faculty/structure/urzadzanie/zaklad-geomatyki-i-gospodarki-przestrzennej/

Katedra Geodezji Rolnej, Katastru i Fotogrametrii, Wydział Inżynierii Środowiska i Geodezji, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie
http://matrix.ur.krakow.pl/~isig/kgr/

Instytut Geodezji i Geoinformatyki, Wydział Inżynierii Kształtowania Środowiska i Geodezji, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
http://www.aqua.up.wroc.pl/nauka/15212/granty.html

Ośrodek Teledetekcji Satelitarnej, Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej w Krakowie
http://www3.imgw.pl/wl/internet/zz/oddzialy/krakow/struktura/zbs.html

Zakład Systemów Informacji Przestrzennej, Kartografii i Teledetekcji, Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej, Uniwersytet Jagielloński
http://www.gis.geo.uj.edu.pl/ZGIS/badania/projekty.htm

Zakład Teledetekcji i Kartografii Morskiej, Instytut Nauk o Morzu, Wydział Nauk o Ziemi, Uniwersytet Szczeciński
http://www.us.szc.pl/main.php/wnoz

Katedra Geomatyki, Wydział Nauk o Ziemi, Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu
http://geo.umk.pl/wydzial/jednostki-naukowe/katedra-geomatyki-i-kartografii/publikacje-geomatyki

Zakład Gleboznawstwa i Teledetekcji Gleb, Wydział Nauk Geograficznych i Geologicznych, Uniwersytet Adama Mickiewicza w Poznaniu
http://ztg.amu.edu.pl/

Laboratorium Geomatyki, Katedra Ekologii Lasu, Wydział Leśnictwa, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie
http://wl.ur.krakow.pl/index/site/709

Zakład Zarządzania Zasobami Leśnymi, Instytut Badawczy Leśnictwa
https://www.ibles.pl/web/zz/start

Państwowy Instytut Geologiczny
http://www.pgi.gov.pl/

Geosystems Polska Sp. z o.o.
http://www.geosystems.pl/

ProGea Consulting
http://www.progea.pl

Ocena stanu dyscypliny-synteza5.pdf.

Strony internetowe z informacjami o trendach rozwojowych:

https://earth.esa.int/web/guest/missions/esa-future-missions

https://earth.esa.int/web/guest/missions/esa-operational-eo-missions

https://eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions

http://eospso.gsfc.nasa.gov/

http://www.dlr.de/dlr/en/desktopdefault.aspx/tabid-10376

http://global.jaxa.jp/projects/index.html

http://www.asc-csa.gc.ca/eng/

http://www.asi.it/en

https://www.disasterscharter.org/web/guest/home

http://www.copernicus.eu/

http://www.epa.gov/geoss/

8. Kartografia (M. Baranowski)

8.1. Zakres problematyki kartografii

Badania naukowe w zakresie **kartografii** prowadzone są przez zespoły wywodzące się ze środowisk nauk technicznych oraz nauk przyrodniczych. W przeszłości agenda badawcza każdej z tych grup różniła się znacząco. W obrębie badań dyscypliny naukowej **geodezji i kartografii** poza kartografią matematyczną przeważał nurt technologiczny związany z kartografią topograficzną i wielkoskalową, natomiast w ramach dziedziny **nauk o Ziemi** zajmowano się częściej metodyką prezentacji kartograficznej, procesem przekazu informacji, kartowaniem tematycznym czy kartoznawstwem. Obszary badawcze obu wyróżnionych wyżej środowisk znacząco zbliżyły się do siebie wraz z rozwojem technik komputerowych i ich stosowania w kartografii, a także z upowszechnieniem zastosowań systemów informacji geograficznej i rozkwitem badań geoinformacyjnych nazywanych od ćwierćwiecza nauką o geoinformacji.

8.1.1. Definicje

Definiowanie istoty kartografii zmienia się w czasie zgodnie z poszerzającym się obszarem badań i zakresem jej zastosowań. Kartografia posiada grecki źródłosłów *khartes* – mapa, *graphein* – pisać. Przez wiele lat obiektem badań kartografii i związanej z nią działalności praktycznej była mapa. Dzisiaj jest ona tylko jedną z form reprezentacji informacji o przestrzeni geograficznej, choć jako taka posiada również wiele nowych postaci i znaczeń.

Poniżej przestawiono kilka wybranych definicji kartografii cytowanych w literaturze przedmiotu.

Kartografia to nauka, sztuka i technologia opracowania map oraz ich badania jako dokumentów nauki i dzieł sztuki ***(ICA)***

Kartografia jest dyscypliną związaną z projektowaniem, produkcją, rozpowszechnianiem i badaniami map ***(ICA, 1995)***

Kartografia jest nauką metodyczną o modelowaniu i obrazowaniu czasoprzestrzennych struktur informacyjnych w postaci map opisujących wielowymiarową rzeczywistość (ziemską, kosmiczną), która stanowi domenę celowych działań człowieka: przedmiot ustawicznego poznania i zaspokajania potrzeb. ***(Makowski, 2005)***

Kartografia to nauka, technika i sztuka wykonywania i użytkowania map. Dobry kartograf może mieć nie tylko dobrą wiedzę naukową i techniczną, ale musi także rozwijać umiejętności w sztuce kiedy dobiera typy linii, kolorów i tekstów. ***(Rystedt, 2014)***

Zmiana oblicza współczesnej kartografii skłania do przedstawienia nowych jej definicji. Autor podjął taką próbę w 2014 roku przy okazji 300 seminarium Zakładu Kartografii Uniwersytetu Warszawskiego. Odniósł się przy tym do kartografii jako nauki i zdefiniował ją następująco:

Kartografia jest nauką zajmującą się modelowaniem przestrzeni geograficznej – związanym z przekazem geoinformacji – oraz badaniem procesów poznawania świata poprzez mapę i inne geoprzedstawienia *(Baranowski, 2014)*

Powyższe rozumienie kartografii jako nauki będzie podstawą dalszej części niniejszego rozdziału.

8.1.2. Problematyka

Współczesna kartografia jest kształtowana przede wszystkim przez dynamiczny rozwój technik komputerowych, ale również przez znaczące powiązania z innymi obszarami badań wychodzące poza dotychczasowe związki z geodezją, fotogrametrią, geografią czy geologią. Właśnie owa multidyscyplinarność w znaczącym stopniu wpływa na obecne oblicze tej poddyscypliny. Na tę multidyscyplinarność składają się nie tylko coraz liczniejsze obszary zastosowań i praktykowania kartografii, ale także wprowadzanie do jej warsztatu badawczego nowych trendów rozwojowych informatyki, teorii informacji, sztucznej inteligencji, psychologii, socjologii, fizjologii zmysłów czy badań historycznych.

Sfera badań naukowych w zakresie kartografii wymaga ciągłego porządkowania, uwzględniającego szybkie zmiany zakresu tej sfery. W niniejszej ekspertyzie przedstawiono najistotniejsze obszary badawcze kartografii bez próby ich hierarchizowania czy analizy powiązań, które bardziej przystają do ujęć podręcznikowych. Poniżej omówiono problematykę jaka stanowi przedmiot badań współczesnej kartografii, stosując nazwy jej działów i nurtów badawczych występujących w literaturze przedmiotu. Część z nich posiada wspólne obszary dociekań naukowych, a niekiedy autorzy zakładają pełne zawieranie się jednej problematyki w drugiej.

Jednym z tradycyjnych działów kartografii jest **kartografia matematyczna**. Stanowi ona podstawę teoretyczną odwzorowań i układów współrzędnych stosowanych przy opracowywaniu map.

Drugim obszarem badań w kartografii, który jest uprawiany przez kartografów jest **kartografia teoretyczna**, której podstawy, jako **kartologii** stworzył polski uczony Lech Ratajski. Zajmuje się ona badaniem podstaw teoretycznych kartografii, w tym procesem przekazu kartograficznego.

Kolejny dział kartografii wyodrębniony wiele dziesięcioleci temu to **kartografia topograficzna**, powiązana z praktyką opracowywania map topograficznych. W ostatnim ćwierćwieczu kartografia topograficzna związana jest metodyką modelowania obiektów topograficznych na potrzeby tworzenia referencyjnych baz danych przestrzennych.

Ważnym działem kartografii jest **metodyka redakcji i opracowania map i atlasów** badająca i rozwijająca metody prezentacji kartograficznej – w tym modelowanie znaków kartograficznych – oraz metody i techniki procesu przygotowania map. Obecnie ten dział jest silnie powiązany z kartograficznymi podstawami rozwijania systemów informacji geograficznej (GIS).

Procesy dostosowywania poziomu uogólnienia reprezentacji obiektów i zjawisk do danej formy i skali map były zawsze w centrum uwagi badań kartograficznych. Obecnie problematyka ta stanowi jądro nurtu badawczego zwanego **generalizacją kartograficzną i wieloreprezentacją**. Wiąże się on z modelowaniem danych przestrzennych i zastosowaniami sztucznej inteligencji (m.in. zastosowania sieci neuronowych, rozpoznawanie obrazów, itp.).

Od końca lat osiemdziesiątych ubiegłego wieku dynamicznie rozwija się relatywnie nowa gałąź kartografii, jaką jest **geowizualizacja**. Jej przedmiotem są metody przekształcania danych geograficznych na postać map i innych form przedstawiania obiektów, zjawisk i procesów przestrzennych, często nazywanych wspólnie geoprzedstawieniami. Istotne znaczenie w tych badaniach mają modelowanie trzeciego wymiaru, metody i techniki wirtualnej rzeczywistości, a także wizualizacja zjawisk dynamicznych (czynnik czasu).

Jeden z nurtów badań nad geowizualizacją związany z zastosowaniami multimediów w kartografii wyodrębnił się w nową gałąź zwaną **kartografią multimedialną**. Jej głównym przedmiotem badań są rozwiązania metodyczne i technologiczne poszerzające strumień informacji i wzmacnianie przekazu kartograficznego. Ewolucja kartografii multimedialnej od prezentacji opartych na aplikacjach off-line – rozpowszechnianych głównie na krążkach CDROMów – do aplikacji internetowych stworzyła liczne powiązania tej gałęzi z inną zwaną **kartografią internetową**. Ta ostatnia poza stosowaniem multimediów wiąże się obecnie z wykorzystywaniem sieciowych zasobów danych przestrzennych i ich wizualizacją w aplikacjach geoportalowych.

Innymi technologiami, które wpłynęły w głównej mierze na rozwój kolejnej gałęzi współczesnej kartografii są technologie nawigacji satelitarnej oraz telefonii bezprzewodowej. Tą gałęzią jest **kartografia mobilna** przeżywająca obecnie swój dynamiczny rozkwit związany z szybkim rozpowszechnieniem się spersonalizowanych bezprzewodowych urządzeń telekomunikacyjnych. Według Reichenbachera (2004) jest to dziedzina kartografii zajmująca się teorią i technologiami dotyczącymi dynamicznej wizualizacji danych przestrzennych oraz ich wykorzystania przy użyciu urządzeń mobilnych, w dowolnym miejscu i dowolnym czasie, ze szczególnym uwzględnieniem rzeczywistego kontekstu i preferencji użytkownika.

W ostatnich latach pojawiło się w literaturze pojęcie **wszechobecnej kartografii** (ang. ubiquitous cartography). Według Fairbairna (2005) to termin używany w odniesieniu do technologicznego i społecznego rozwoju, możliwego dzięki mobilnym i bezprzewodowym technologiom, które pozwalają odbierać dane, prezentować je, analizować i operować na danych kartograficznych dostarczanych do użytkownika znajdującego się w odległej lokalizacji. Problematyka wszechobecnej kartografii wiąże kartografię mobilną z kartografią społecznościową.

Nowym nurtem w obrębie badań kartograficznych jest **kartografia społecznościowa** często powiązana z **neokartografią**. Nurt ten został zainspirowany poprzez duże zainteresowanie sieciowymi serwisami mapowymi oraz aplikacjami, które pozwalają na opracowywanie własnych map przez osoby nie będące kartografami. Przedmiotem badań omawianego nurtu są powstające opracowania tego typu, monitorowanie rozwoju kartografii społecznościowej, procesy wspólnego opracowywania map (ang. collaborative mapping), a także metody i

rozwiązania technologiczne wspomagające amatorów-kartografów i promujące dobre praktyki w tym zakresie.

Wśród innych działów współczesnej kartografii należy wymienić badania nad historią kartografii, kartografią atlasową (atlasy elektroniczne), kartografią tyflologiczną, a także badania wspierające rozwój kartografii tematycznej w jej licznych zastosowaniach branżowych i przedmiotowych. Istotnym działem badań kartograficznych jest również **kartoznawstwo** dostarczające wiedzę o mapach, ich formach i właściwościach. Utraciły dawne znaczenie badania związane z reprodukcją map czy z procesami wydawniczymi.

8.2. Stan obecny kartografii jako poddyscypliny naukowo-technicznej w Polsce

8.2.1. Obszary badań

Problematyka badań naukowych w zakresie kartografii prowadzonych w Polsce pokrywa się z głównymi nurtami tej dziedziny na świecie. Część z tych badań nawiązuje do wysokiego poziomu prac naukowych w innych krajach. W następnym podrozdziale („Ośrodki naukowe") omówiono specjalizację poszczególnych zespołów badawczych. Poniżej natomiast przedstawiono obszary badań reprezentowane w polskiej nauce.

W zakresie kartografii matematycznej prowadzone są badania związane ze stosowanymi w Polsce odwzorowaniami kartograficznymi, a także z analizą zniekształceń współczesnych i historycznych map.

Problematyka kartografii teoretycznej jest nadal obecna w badaniach polskich uczonych. Występują w nich następujące wątki badawcze jak:

- kartosemiotyka,
- język mapy,
- modelowanie kartograficzne,
- kompleksowe modelowanie kartograficzne dla celów nawigacyjnych,
- percepcja map (w tym statystycznych),
- informacyjność map turystycznych,
- kartograficzne metody badań w kształtowaniu środowiska przyrodniczego,
- badania geokompozycji.

Współczesne badania nawiązujące do kartografii topograficznej są silnie powiązane z nauką o geoinformacji i dotyczą modelowania obiektów topograficznych, metod wizualizacji danych topograficznych z wykorzystaniem standardowych zestawów znaków kartograficznych (ang. *styled layer descriptor – SLD*), a także konstruowania baz danych w tym zakresie.

Prace naukowe w zakresie metodyki redakcji i opracowania map dotyczą:

- badań poszczególnych metod prezentacji kartograficznej (Atlas Metod Kartograficznych),

- budowy modeli kartograficznych obszarów wysokogórskich,
- metod kartowania zmian środowiska morskiego,
- metod kartowania dynamiki zmian linii brzegowej, w tym zjawiska erozji,
- redakcji map i atlasów (w tym dla terenów zurbanizowanych),
- metod redakcji map geologicznych.

Zespoły badawcze zajmujące się kartografią wspomagają duże przedsięwzięcia realizowane na polu kartografii urzędowej i zasobów informacyjnych wchodzących w skład infrastruktury informacji przestrzennej. Do takich prac należą opracowania naukowych podstaw generalizacji kartograficznej i wieloreprezentacji.

Badania w zakresie geowizualizacji oraz kartografii multimedialnej obejmują teorię błędów projektowania wizualizacji kartograficznych, a także metodykę animacji kartograficznych. Z kolei prace naukowe w obszarze kartografii internetowej dotyczą między innymi projektowania i realizacji atlasów internetowych (np. Internetowy Atlas Polski).

W ramach badań nad kartografią mobilną prowadzone są prace nad metodyką prezentacji kartograficznych w mobilnych systemach lokalizacyjnych i nawigacyjnych.

Rozwijane są badania nad metodyką kartografii szkolnej, w tym z zastosowaniem multimedialnych form przekazu kartograficznego.

Szeroki zakres zastosowań kartografii w zakresie zobrazowań tematycznych wiąże się również z metodyką kartografii geologicznej oraz kartografii gospodarczej i społecznej.

W kilku ośrodkach prowadzone są prace badawcze nad historią kartografii, a także kartografią historyczną, w tym określaniu potencjału map dawnych w badaniach nad środowiskiem.

8.2.2. Ośrodki naukowe

Z uwagi na interdyscyplinarność kartografii, w niniejszym podrozdziale przedstawiono ośrodki naukowe w dwóch grupach obszarów wiedzy (zgodnie z nomenklaturą w Rozp_MNiSW_DYSCYPLINY_NAUKOWE.pdf.), a mianowicie nauk technicznych i nauk przyrodniczych.

Nauki techniczne

1. **Instytut Geodezji i Kartografii** w Warszawie,
    - **Zakład Kartografii** (metodyka kartograficzna, kartografia matematyczna, mapy obrazowe, redakcja map tematycznych, generalizacja kartograficzna);
    - **Zakład Systemów Informacji Przestrzennej i Katastru** (metodyka kartograficzna, metodyka animacji kartograficznych, efektywność statycznego i dynamicznego przekazu kartograficznego, teoria błędów projektowania wizualizacji kartograficznych, generalizacja kartograficzna i wieloreprezentacja, analizy rozwiązań prawnych i organizacyjnych);
2. **Politechnika Warszawska, Wydział Geodezji i Kartografii, Zakład Kartografii** (kartografia matematyczna, generalizacja kartograficzna, wieloreprezentacja,

modelowanie kartograficzne, kartografia mobilna, kartografia multimedialna, kartografia internetowa, kartografia społecznościowa)

3. **Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Wydział Inżynierii Kształtowania Środowiska i Geodezji, Instytut Geodezji i Geoinformatyki, Zakład Fotogrametrii i Kartografii** (modelowanie zjawisk przestrzennych, monitoring zjawisk przyrodniczych i antropogenicznych z wykorzystaniem technik satelitarnych, geodezyjnych, fotogrametrycznych i kartografii, optymalizacja technologii pozyskiwania, przetwarzania i udostępniania geodanych, generalizacja map topograficznych)
4. **Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica, Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska, Katedra Analiz Środowiskowych, Kartografii i Geologii Gospodarczej, Pracownia Kartografii Geologicznej** (kartografia geologiczna, tektonika, kartografia geomorfologiczna);
5. **Akademia Morska w Szczecinie, Wydział Nawigacyjny, Instytut Geoinformatyki, Zakład Geodezji i Hydrografii, Zakład Kartografii i Geoinformatyki** (kompleksowe modelowanie kartograficzne dla celów nawigacyjnych, optymalizacja wizualizacji)

Nauki przyrodnicze

6. **Uniwersytet Warszawski, Wydział Geografii i Studiów Regionalnych, Zakład Geoinformatyki, Kartografii i Teledetekcji** (metodyka kartograficzna – Atlas Metod Kartograficznych, metodyka animacji kartograficznych, redakcja map i atlasów, percepcja map, generalizacja kartograficzna)
7. **Polska Akademia Nauk, Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania im. Stanisława Leszczyckiego, Zespół Systemów Informacji Geograficznej i Kartografii** (metodyka kartografii gospodarczej i społecznej, metodyka kartografii atlasowej, redakcja map i atlasów m. in. Atlas Rzeczypospolitej Polskiej, Internetowy Atlas Polski, Atlas Polskiej Wsi, Atlas Warszawy)
8. **Uniwersytet Wrocławski, Wydział Nauk o Ziemi i Kształtowania Środowiska, Instytut Geografii i Rozwoju Regionalnego, Zakład Geoinformatyki i Kartografii** (redakcja map i atlasów – m. in. Atlas Śląska Dolnego i Opolskiego, generalizacja kartograficzna, metodyka kartografii szkolnej)
9. **Uniwersytet Marii Skłodowskiej-Curie w Lublinie, Wydział Nauk o Ziemi i Gospodarki Przestrzennej, Zakład Kartografii** (metodyka prezentacji kartograficznej, wizualizacja kartograficzna, historia kartografii, problemy prezentacji dynamiki zjawisk na mapach, informacyjność map turystycznych, generalizacja kartograficzna, percepcja map statystycznych, kartoznawstwo, redakcja map i atlasów, kartowanie na podstawie danych satelitarnych)
10. **Uniwersytet im. A. Mickiewicza w Poznaniu, Wydział Nauk Geograficznych i Geologicznych, Instytut Geografii Fizycznej i Kształtowania Środowiska Przyrodniczego, Zakład Kartografii i Geomatyki** (kartograficzne metody badań w kształtowaniu środowiska przyrodniczego, wizualizacja kartograficzna, geowizualizacja, kartografia mobilna i multimedialna, historia kartografii, potencjał map dawnych w badaniach nad środowiskiem)
11. **Uniwersytet Jagielloński, Wydział Biologii i Nauk o Ziemi, Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej, Zakład Systemów Informacji Geograficznej, Kartografii i Teledetekcji** (wizualizacja kartograficzna, budowa modeli kartograficznych obszarów wysokogórskich, kartoznawstwo - kartografia terenów wysokogórskich)

12. **Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu, Wydział Nauk o Ziemi , Zakład Kartografii, Teledetekcji i Systemów Informacji Geograficznej, Katedra Geomatyki i Kartografii** (geokompozycje, wizualizacja kartograficzna, multimedia, kartografia historyczna, kartografia w zarządzaniu kryzysowym, kartografia atlasowa, projektowania i realizacja atlasów internetowych)
13. **Uniwersytet Gdański, Instytut Geografii, Zakład Limnologii, Pracownia Kartografii, Teledetekcji i Systemów Informacji Geograficznej** (kartografia teoretyczna, kartosemiotyka, język mapy, kartografia matematyczna)
14. **Uniwersytet Szczeciński, Wydział Nauk o Ziemi, Instytut Nauk o Morzu, Zakład Teledetekcji i Kartografii Morskiej** (kartowanie zmian środowiska morskiego z wykorzystaniem danych satelitarnych, kartowanie dynamiki zmian linii brzegowej, erozji, wizualizacje kartograficzne)
15. **Akademia Pomorska w Słupsku, Instytut Geografii Studiów Regionalnych, Zakład Geoekologii i Geoinformacji, Pracownia Kartografii i Geoinformacji** (historia kartografii)

Ponadto problematyka kartograficzna uprawiana jest – głównie w zakresie zastosowań – w następujących ośrodkach naukowych:

- Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, Zakład Geomatyki i Gospodarki Przestrzennej, Katedra Urządzania Lasu, Geomatyki i Ekonomiki Leśnictwa (mapy leśne),
- Uniwersytet Łódzki, Wydział Nauk Geograficznych, Instytut Geografii Miast i Turyzmu, Zakład Geoinformacji (redakcja map i atlasów terenów zurbanizowanych – Atlas miasta Łodzi),
- Państwowy Instytut Geologiczny (metody redakcji map geologicznych),
- Uniwersytet Warszawski, Wydział Geologii, Instytut Geologii Podstawowej, Zakład Tektoniki i Kartografii Geologicznej (mapy geologiczne).

8.2.3. Związki z geoinformacją

Z kartografii pochodzi jeden z trzech nurtów rozwojowych systemów informacji geograficznej (GIS), obok teorii i praktyki baz danych oraz analiz przestrzennych, bazujących na rozwoju metod ilościowych i modelowania w geografii. W literaturze przedmiotu nazywa się te nurty (trendy) rozwojowe – odpowiednio – kartograficznym, bazodanowym i analitycznym. Kartografia wniosła do tych systemów:

- bogatą metodykę modelowania obiektów i zjawisk przestrzennych,
- metody prezentacji kartograficznej wykorzystywane we współczesnej geowizualizacji,
- standaryzację informacji geograficznej (dzisiejsze standardy w informacji geograficznej stanowią pochodną wieloletnich badań środowiska kartografów w tym zakresie),
- główny strumień ich zasilania w pierwszym okresie rozwoju GIS poprzez digitalizację map.

Od początku rozwoju systemów informacji geograficznej, a później nauki o geoinformacji nasileniu podlega przenikanie się i splecenie ich z kartografią. Kartografia posiada wspólną i wzajemnie inspirującą 2009_ICA_ResearchAgenda.pdf z nauką o geoinformacji.

W zakresie modelowania przestrzeni geograficznej obie te dziedziny współdzielą obszar badań związany z formalizacją opisu obiektów i zjawisk przestrzennych. Domeną kartografii jest w tym obszarze problematyka przekazu informacji, natomiast nauka o geoinformacji koncentruje się na definiowaniu struktur danych.

Współczesna kartografia nie istnieje bez związków z geoinformacją. Jednocześnie współtworzy ona metodykę badań geoinformacyjnych i czerpie z nich inspirację do rozwoju. Przemiany we współczesnej kartografii związane są przede wszystkim z synergicznym rozwojem nauki o geoinformacji. Istota mocnych powiązań leży dzisiaj zarówno w definiowaniu, jak i w wykorzystaniu danych przestrzennych przez obie dyscypliny.

Debata naukowa na temat związków między GIS i kartografii trwa od wielu lat. W panelu dyskusyjnym na temat "Czy GIS zabił kartografię?" zorganizowanym w 1996 roku w Charlotte stwierdzono, że „Nie, GIS nie zabił kartografii; oni się pobrali" (Olson, 1996). Daniel Sui stwierdził (Sui, 2004), że uznając znaczenie wizualizacji i map, GIS i kartografia są nadal w miesiącu miodowym.

8.2.4. Kompetencje zawodowe (zawód wyuczony)

Absolwent specjalizacji kartografia powinien posiadać:

- znajomość metod numerycznego opracowania wyników pomiarów geodezyjnych, teledetekcyjnych i fotogrametrycznych oraz ich prezentacji,
- umiejętność pozyskiwania danych dla systemów informacji przestrzennej, tworzenia systemów i ich prowadzenia na różnych poziomach administracji kraju,
- znajomość metod i technologii wykonywania map gospodarczych, zasadniczych, topograficznych i tematycznych.

Ponadto w zakresie umiejętności spoza specjalizacji, podobnie jak to ma miejsce przy pozostałych poddyscyplinach:

- potrafi myśleć i działać w sposób kreatywny i przedsiębiorczy,
- ma świadomość ważności i rozumie pozatechniczne aspekty i skutki działalności inżynierskiej i związanej z tym odpowiedzialności za podejmowane decyzje,
- potrafi współpracować w grupie,
- ma świadomość odpowiedzialności za przekazane wyniki prac geodezyjnych i kartograficznych oraz potencjalnych skutków jakie mogą one wywołać,
- umiejętność współpracy ze specjalistami z zakresu inżynierii, ekologii, geologii, gospodarki przestrzennej i innych dziedzin.

Absolwent studiów II stopnia powinien posiadać umiejętności w zakresie:

- samodzielnej pracy badawczej, w tym samodzielnego planowania i realizacji projektów badawczych oraz analizowania ich wyników,
- korzystania z literatury światowej,
- współpracy z partnerami naukowymi krajowymi i zagranicznymi,
- samokształcenia się.

8.3. Światowe trendy rozwoju kartografii

Od wielu lat obserwowany jest renesans kartografii, który zawdzięczamy przede wszystkim:

- rozwojowi technologii przetwarzania i rozpowszechniania danych przestrzennych;
- poszerzaniu różnorodności form prezentacji informacji przestrzennej;
- wzrostowi roli powszechnie dostępnych map w życiu codziennym;
- znaczącemu poszerzaniu pól zastosowań map.

Ewolucja agendy badawczej kartografii obserwowana w ostatnim półwieczu zmieniła znacząco oblicze tej poddyscypliny. W latach 60' XX wieku agenda badawcza kartografii obejmowała głównie takie nurty naukowe, jak:

- metodyka prezentacji kartograficznej,
- teoria przekazu kartograficznego (mapa mentalna),
- kartograficzna metoda badań,
- automatyzacja opracowania map

Natomiast w latach 10' XXI w. agenda ta zawierała, przede wszystkim:

- metody geowizualizacji i kartografii multimedialnej,
- kartografię internetową,
- kartograficzne badania na polu SDI,
- kartografię społecznościową,
- metody generalizacji i wieloreprezentacji,
- standardy geoinformacyjne (głównie serii ISO 19100, inspirowane przez OGC).

Jak wcześniej zauważono większość współczesnych badań kartograficznych jest silnie powiązana z geomatyką; stąd powracający od lat 90' pomysł na dodanie w nazwie Międzynarodowej Asocjacji Kartograficznej (MAK) członu geoinformacji (GI). Nowy periodyk tej organizacji nosi nazwę "International Yearbook for Cartography and GI Science".

Od końca XX w. silniej akcentowany był w MAK wątek programowy (Rhind, 1991). Kolejne lata przyniosły dojrzałą ukształtowaną agendę badawczą kartografii, która obejmowała również naukę o geoinformacji. Agenda ta stała się stymulatorem dynamicznego rozwoju problematyki badawczej tej dziedziny, skutkującą, m. in. wzrostem liczby komisji problemowych MAK do 28.

W perspektywie najbliższych dziesięciu lat tendencje rozwojowe będą miały takie trendy badawcze jak:

- analiza geoprzestrzenna i modelowanie kartograficzne,
- geowizualizacja (w tym z zastosowaniem wymiaru trzeciego i czasu), analityka wizualna i wizualizacja poznawcza,
- badania użyteczności i użytkowania map i geoinformacji,
- badania relacji map – społeczeństwo,

- rozwój metod generalizacji kartograficznej z wykorzystaniem metod sztucznej inteligencji,
- metodyka opracowania map dla różnych grup użytkowników (osoby niewidome i niedowidzące, itd.),
- kartografia internetowa i multimedialna, a także zastosowania rozszerzonej rzeczywistości,
- kartografia społecznościowa,
- neokartografia,
- nawigacja i jej wyzwania dla kartografii,
- otwarte technologie geoinformacyjne,
- standardy kartograficzne w kontekście geoinformacyjnych (głównie serii ISO 19100, inspirowane przez OGC),

Wzrost interdyscyplinarności badań z udziałem kartografii stanowi źródło jej rozwoju. Powiązania z socjologią, fizjologią percepcji map, procesami decyzyjnymi (rola kartografa w korygowaniu błędnych przekazów), poznawaniem i monitorowaniem zjawisk i procesów prowadzą do rozszerzenia agendy badawczej kartografii. Nowego znaczenia będzie nabierać „kartograficzna metoda badań", wzmocniona bogatym oprogramowaniem i pozwalająca zgłębić istotę i związki między obiektami, zjawiskami i procesami przestrzennymi obserwowanymi i modelowanymi przy użyciu instrumentarium kartograficznego.

8.4. Wnioski dotyczące wpływu rozwoju kartografii na zmiany w zakresie kompetencji zawodowych

Rozwój agendy badawczej kartografii znacząco zmienił już dzisiaj zakres kompetencji zawodowych absolwenta ze specjalnością kartografia[1]. Podobnie silne związki współczesnej kartografii z technologiami informatycznymi, w tym głównie z GIS poszerzają sfery jej zastosowań, do czego muszą być przygotowani absolwenci tej specjalności. Do niedawna zakres wiedzy i umiejętności związanych z wykorzystaniem techniki komputerowej nie wykraczał poza podstawy użytkowania komputera. Dzisiaj absolwent posiada znajomość funkcjonowania specjalistycznych pakietów oprogramowania z zakresu systemów informacji geograficznej, komputerowej redakcji map czy grafiki komputerowej.

W wielu ośrodkach kształcenie nowych kompetencji zawodowych w zakresie kartografii już następuje i dlatego niektóre z poniżej wymienionych kwalifikacji i umiejętności niekoniecznie będą w tych ośrodkach wymagały znaczącego rozszerzenia programu studiów. Wśród tych nowych umiejętności i nabytej wiedzy należałoby wymienić:

1. Praktyczna znajomość pakietu GIS (niekoniecznie komercyjnego)
2. Wiedza na temat dostępnego oprogramowania otwartego w zakresie GIS i kartografii
3. Znajomość współczesnych metod geowizualizacji danych

1 W wieku ośrodkach akademickich nazwy specjalności związanych z kartografią są bardziej złożone i obejmują również inne poddyscypliny, jak teledetekcję, systemy informacji geograficznej, geomatykę czy geoinformatykę. W niniejszym rozdziale skoncentrowano się na kompetencjach związanych kartografią, stąd użyto powyższej nazwy specjalności.

4. Posługiwanie się aplikacjami stosującymi techniki multimedialne w kartografii
5. Posługiwanie się pakietami grafiki komputerowej
6. Znajomość modeli danych przestrzennych
7. Wiedza na temat modelowania geoinformacyjnego, w tym stosowanych narzędzi (UML, itp.)
8. Znajomość standardów geoinformacyjnych, ze szczególnym uwzględnieniem tych związanych z przekazem informacji
9. Wiedzę na temat dostępnych zasobów informacji przestrzennej i sposobów ich organizacji
10. Wiedza na temat neokartografii i udziału kartografów w jej kształtowaniu
11. Znajomość środowiska produkcyjnego opracowywania baz danych przestrzennych i map

Ponadto absolwent specjalności kartografia, podobnie jak wszystkich pozostałych powinien posiadać tzw. umiejętności miękkie z zakresu zarządzania, psychologii czy socjologii.

8.5. Przewidywany rozwój kształcenia w zakresie kartografii

Dynamicznie zmieniająca się agenda badawcza kartografii, a przede wszystkim nowe metody i rozwiązania technologiczne stanowią poważne wyzwanie dla nauczycieli akademickich. Przy takim tempie przyrostu dorobku poddyscypliny naukowej jaką jest kartografia, prowadzący zajęcia na uczelniach powinni co roku dokonywać weryfikacji i aktualizacji treści tych zajęć. Te zmiany oblicza współczesnej kartografii będą również wymuszały przeprowadzanie coraz częstszych strukturalnych modernizacji programów nauczania poprzez łączenie niektórych przedmiotów, a także wprowadzanie nowych.

Istotnym elementem kształcenia są umiejętności praktyczne, które absolwent będzie mógł wykorzystać w swojej pracy zawodowej. Tego typu umiejętności są kształtowane we wszystkich ośrodkach akademickich, również w zakresie posługiwania się aplikacjami z zakresu GIS czy kartografii. Poznanie konkretnego systemu czy pakietu w trakcie studiów powoduje, że nabyte wiedza i umiejętności pozwolą na łatwe opanowywanie posługiwania się innymi narzędziami, które posiadają podobną funkcjonalność.

W procesie kształcenia kartografów powinna być (i w wielu ośrodkach jest) przekazywana wiedza o strukturach i modelach danych wykorzystywanych w różnych dziedzinach kartografii. Dotyczy to zarówno zasobów danych referencyjnych, jak i danych specjalistycznych wykorzystywanych do różnego rodzaju opracowań tematycznych. Istotne znaczenie w procesie kształcenia będą miały modele danych pozyskiwanych i przetwarzanych w czasie rzeczywistym. Są one wykorzystywane w dziale kartografii mobilnej, ale również przy wizualizacji wyników monitoringu zjawisk szybkozmiennych.

W kontekście ww. omawianych modeli danych należy również przewidzieć wzbogacenie zajęć o zagadnienia związane z narzędziami formalnymi modelowania geoinformacyjnego. Znajomość języków modelowania typu UML czy GML ułatwi posługiwanie się zasobami informacyjnymi, które są i będą nimi opisywane. Tego typu zajęcia na specjalności kartograficznej są przykładem poszerzenia wiedzy i umiejętności informatycznych studentów.

Rozwój metodyki i technik geowizualizacji, a także kartografii multimedialnej (traktowanej przez wielu badaczy jako odrębny dział) powinien znajdować odzwierciedlenie w stale

rozszerzanym i modyfikowanym programie kształcenia. W tym kontekście ważne są również zajęcia praktyczne związane z narzędziami grafiki komputerowej oraz aplikacjami multimedialnymi, które już dzisiaj są prowadzone w wybranych ośrodkach akademickich.

Kolejny trend rozwojowy w kartografii jakim jest kartografia społecznościowa również powinien znaleźć szersze odzwierciedlenie w kształceniu kartografów. Zajęcia z kartografii społecznościowej i neokartografii powinny uczyć jak działają grupy zainteresowanych w internecie oraz jak kartografowie mogą je wspomagać, wpływając na rozpowszechnianie się dobrych praktyk w tym zakresie.

Zapewne część zdobyczy naukowych w obszarze kartografii nie znajdzie bezpośrednio swojego miejsca w programach nauczania. Dotyczy to tych działów, które mają charakter teoretyczny, a także związane są z rozwojem warsztatu badawczego. Ogólna wiedza o tego typu badaniach powinna być również przekazywana (przykładowo podczas zajęć seminaryjnych) z myślą również o studentach, którzy w przyszłości wybiorą karierę naukową. Dotyczy to m. in. problematyki teorii kartografii, w tym wiedzy o przekazie kartograficznym, ale także najnowszych osiągnięć generalizacji kartograficznej, w tym z zastosowaniem technik sztucznej inteligencji.

Niektóre ośrodki akademickie przygotowują absolwentów już dzisiaj do wielu zadań z zakresu kartografii wykonywanych poza branżą geodezyjną. Dzięki temu mają oni większe szanse na zatrudnienie po ukończeniu studiów. Ten trend powinien być szerzej rozwijany w nadchodzącej przyszłości. Odgrywa on szczególne znaczenie w sytuacji braku dostatecznej chłonności rynku pracy w sektorze branży geodezyjnej.

8.6. Wykaz wykorzystanych materiałów i literatury

Baranowski M., (2000): *Przyszłość geomatyki w badaniach geograficznych i w kartografii*, Kartografia polska u progu XXI wieku, XXVII Ogólnopolska Konferencja Kartograficzna, GUGiK

Baranowski M., (2006): *Metody geowizualizacji*, Roczniki Geomatyki t. IV, s. 29-34, PTIP

Baranowski M., (2014): *Związki agendy badawczej kartografii z geomatyką*, 300 Seminarium Zakładu Kartografii Uniwersytetu Warszawskiego

Carter J. R. (2004): *Cartography is Alive (Thank God!),* Cartographic Perspectives 49: s 4-9.

Fairbairn D. (2005): *Lecturer's appointment helps map future of geomatics*. (*cytowane źródło internetowe, obecnie niedostępne*)

Gartner G. (2007): *Semantic wayfinding with ubiquitous cartography*, Proceedings of ICC 2007, Moscow

Gotlib D., (2008): *Nowe oblicza kartografii – Internet a kartografia*, Polski Przegląd Kartograficzny, T. 40, nr 3, s. 237 – 246

Gotlib D., (2011): *Metodyka prezentacji kartograficznych w mobilnych systemach lokalizacyjnych i nawigacyjnych*, Prace naukowe Politechniki Warszawskiej – Geodezja, z. 48

Koch T. (2004): *Response to "Cartography is Dead (Thank God!)",* Cartographic Perspectives 48: s 4-6.

Ocena stanu dyscypliny-synteza5.pdf.

Kowalski P.J., (2008): *Kartowanie idei - rola kartografii w internecie społecznościowym*. Referat wygłoszony w czasie XXXII Ogólnopolskiej Konferencji Kartograficznej w Nałęczowie w 2007 roku (źródło: http://zk.gik.pw.edu.pl/PIK/Kartonet/KartoWeb20. pdf, data pobrania 14.03.2008)

Meng L., Zipf A., Reichenbacher T. (editors) (2005): *Map-based Mobile Services Theories, Methods and Implementations*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg

Olson J. (1996): *Has GIS killed cartography?*, Proceedings of the Annual Conference of the Association of American Geographers, Charlotte

Olson J. M. (2004): *Cartography 2003*, Cartographic Perspectives 47: ss. 4-12

Reichenbacher T. (2004): *Mobile Cartography - Adaptive Visualisation of Geographic Information on Mobile Devices*, Dissertation, Department of Cartography, Technische Universität München, München: Verlag Dr. Hut, 2004

Sui D. Z. (2004): *GIS, Cartography, and the "Third Culture": Geographic Imaginations in the Computer Age*. The Professional Geographer, 56: ss. 62–72

Virrantaus K., Fairbairn D., Kraak M-J (2009): *ICA Research Agenda on Cartography and GI Science*, The Cartographic Journal Vol. 46 No. 2 pp. 63–75

Wood D. (2003): *Cartography is Dead (Thank God!),* Cartographic Perspectives 45: ss. 4-7.

.

Linki internetowe

http://www.vicchi.org/2011/03/07/after-neogeography-here-comes-neocartography/

http://neocartography.icaci.org/mission-and-aims/

http://icaci.org/files/documents/reference_docs/2009_ICA_ResearchAgenda.pdf

9. Nauka o geoinformacji (M. Baranowski)

9.1. Zakres problematyki nauki o geoinformacji

Wydzielenie **nauki o geoinformacji** jako poddyscypliny geodezji i kartografii może budzić refleksje nie zawsze pozytywne. Autor stanął przed zadaniem wyodrębnienia części dyscypliny, która w ostatnich dziesięcioleciach silnie wpływa na kierunki rozwoju pozostałych poddyscyplin. Zostały wzięte pod uwagę następujące uwarunkowania interakcji pomiędzy problematyką badań geoinformacyjnych a badań omówionych poprzednich rozdziałach.

1. Dzisiejsze oblicze geodezji i kartografii zostało ukształtowane przy istotnym udziale osiągnięć technologicznych, ale i metodycznych związanych z informacją przestrzenną;
2. Każda z pozostałych poddyscyplin jakie zostały wyodrębnione w niniejszym opracowaniu rozwija się przy znaczącym udziale powyższych osiągnięć, ale i współkształtuje postęp w tej technologii i metodyce badań geoinformacyjnych;
3. Często środowiska badaczy wywodzących się z tych poddyscyplin prowadzą badania naukowe w tym samym obszarze problematyki związanej z geoinformacją i występuje wówczas dylemat „do której z poddyscyplin geodezji i kartografii przypisać te badania"; tworzy się przy tym pewnego rodzaju współzawodnictwo, bazujące na tzw. „myśleniu grupowym", którego jednym z objawów jest odmowa prawa do włączania tego typu badań do innej niż „nasza" poddyscypliny.

Zdaniem autora badacze zajmujący się geoinformacją nierzadko wchodzą na obszar badań nauki o geoinformacji. Zatem kartografowie, fotogrametrzy czy geodeci, ale także geografowie, geolodzy, statystycy, epidemiolodzy, biolodzy i inni naukowcy stosujący geoinformację często stają przed zadaniem poszerzenia swoich badań o nurty naukowe pochodzące z nauki o geoinformacji. Co więcej mają oni swój udział w rozwijaniu tej nauki. Bywa też tak, że naukowcy, o których jest mowa wykorzystują w swoim warsztacie badawczym jedynie narzędzia geoinformatyczne, jakimi są na przykład pakiety GIS; wtedy są oni użytkownikami rozwiązań technologicznych, które zaspokajają ich potrzeby odnośnie stosowania geoinformacji bez potrzeby wnikania w warsztat badawczy przygotowujące te rozwiązania.

Rozważano inne podejście, sprowadzające całą problematykę geoinformacyjną jedynie do wymiaru technologicznego. Spłyciłoby to jednak bogatą gamę wyzwań naukowych z tego zakresu do rozwiązań z poziomu wsparcia technicznego. Badania będące przedmiotem nauki o geoinformacji często prowadzone są na pograniczu danej poddyscypliny (lub dyscypliny) i informatyki i nie chodzi tu o sferę jedynie zastosowań narzędzi geoinformatycznych.

Na początku lat dziewięćdziesiątych XX wieku Michael Goodchild z University of California Santa Barbara zaproponował wprowadzenie terminu nauki o informacji geograficznej (ang. *geographic information science, GISc*) i wyodrębnienie obszaru badań naukowych o takiej

nazwie (Goodchild, 1992). Obszar ten obejmował zbiór podstawowych zagadnień badawczych z zakresu systemów informacji geograficznej (GIS). Wówczas zawierał on problematykę badań związanych ze zbieraniem danych i pomiarami, pozyskiwaniem danych, statystyką przestrzenną, modelowaniem danych i teoriami danych przestrzennych, strukturami danych, algorytmami i przetwarzaniem danych, wyświetlaniem informacji przestrzennej, narzędziami analitycznymi oraz zagadnieniami instytucjonalizacji, zarządzania i z zakresu etyki (Goodchild, 1992).

W 2008 podczas Międzynarodowego Sympozjum nt. Nauki o Informacji Geograficznej (Twenty years of progress GIScience in 2010 Goodchild.pdf) podjęto próbę podsumowania osiągnięć tej dziedziny w okresie niespełna 20 lat. Wśród najistotniejszych obszarów badań, jednocześnie wyznaczających zakres problematyki nauki o informacji geograficznej, wymieniono wówczas następujące nurty poznawcze:

- Specyfikacje typów danych przestrzennych, w tym obiektowych i obiektowo-relacyjnych baz danych;
- Specyfikacje relacji przestrzennych;
- Metody symulacji warunkowych;
- Algebra rastrowa i automaty komórkowe;
- Metody lokalnych statystyk przestrzennych (autokorelacji i ważonej przestrzennie regresji);
- Standaryzacja znaków i narzędzi interfejsów użytkownika;
- Standaryzacja formatów, specyfikacji, metadanych, itp.;
- Prace Open Geospatial Consortium;
- Metody generalizacji danych przestrzennych;
- Rozwój świadomości przestrzennej (geo-przeglądarki, społeczna informacja przestrzenna [VGI]);
- Serwisy lokalizacyjne (LBS – Location –Based Services);
- Zastosowania sztucznej inteligencji.

Mniej wierne tłumaczenie angielskiego terminu *geographic information science* na *nauka o geoinformacji* (zamiast *nauka o informacji geograficznej*) zdaniem autora lepiej oddaje w języku polskim interdyscyplinarny charakter tego obszaru badań. Dlatego też ten ostatni termin będzie stosowany w niniejszym opracowaniu.

Badania naukowe w zakresie **nauki o geoinformacji** prowadzone są przez zespoły wywodzące się ze środowisk nauk ścisłych, nauk technicznych oraz nauk przyrodniczych. Własna domena i agenda badawcza nauki o geoinformacji uzasadnia jej wydzielenie. Znajduje to odzwierciedlenie w powstaniu społeczności naukowców zajmujących się nauką o geoinformacji.

Podsumowując można określić domenę i agendę badawczą nauki o geoinformacji następująco, cytując artykuł *Domena badawcza nauki o geoinformacji* (Baranowski, 2014). „Rozwój poddyscypliny jest silnie powiązany z postępem w technologiach informacyjno-komunikacyjnych, a jednym z jej przedmiotów są systemy informacji geograficznej. Obejmuje ona swoim zakresem badań zagadnienia modelowania geoinformacyjnego, analiz przestrzennych i zarządzania informacją przestrzenną. Bada również sfery aplikacji

internetowych i mediów społecznościowych w kontekście geoinformacji. Jej badania podstawowe dotyczą między innymi redefinicji sformalizowanego opisu obiektów, zjawisk i procesów przestrzennych. Jednocześnie nauka o geoinformacji stanowi wsparcie badawcze procesów implementacji infrastruktury informacji przestrzennej w zakresie standardów, metodyki interoperacyjności i harmonizacji, a także specyfikacji danych. Również projektowanie systemów informacji przestrzennej korzysta z jej osiągnięć. Ponadto do jej domeny zaliczane są badania LBS i mobilny GIS, a także prace naukowe nad doskonaleniem interfejsów użytkownika, np. przy opracowaniu geoportali. Istotną rolę odgrywa ona w rozwoju geoprzestrzennego wolnego oprogramowania, które „zwrotnie" stanowi również wsparcie narzędziowe jej badań."

9.1.1. Definicje

W poniższym wyróżnieniu przedstawiono najbardziej reprezentatywne dla tej poddyscypliny definicje.

*Nauka o informacji geograficznej jest częścią nauki o informacji, badającą w sposób systematyczny naukowe prawa w zakresie natury i właściwości informacji geograficznej (**Goodchild, 1992**)*

*Nauka o informacji geograficznej (GI Science) może być zdefiniowana jako obszar badań podstawowych, które poszukują redefinicji koncepcji geograficznych i ich zastosowań w kontekście systemów informacji geograficznej (GIS). GI Science również bada wpływ GIS na obywateli i społeczeństwo oraz wpływ społeczeństwa na GIS. GI Science poddaje ponownemu badaniu niektóre z najbardziej fundamentalnych zagadnień w obszarach tradycyjnie ukierunkowanych przestrzennie takich jak geografia, kartografia i geodezja, jednocześnie absorbując najnowsze zdobycze nauki o poznaniu i nauki o informacji. (**Mark, 2000**)*

9.2. Stan obecny nauki o geoinformacji jako poddyscypliny naukowo-technicznej w Polsce

9.2.1. Obszary badań

Badania w zakresie nauki o geoinformacji prowadzone w Polsce mają krótką historię. Do niedawna często miały one charakter doraźny i mocno utylitarny. Obserwujemy również znaczne rozproszenie problematyki badań. Najdłużej uprawiane są wątki badawcze związane z projektowaniem narzędziowych systemów informacji geograficznej (GIS) oraz ich konkretnych implementacji w postaci systemów informacji przestrzennej (SIP). Nieco tylko krócej prowadzone są badania w zakresie modelowania geoinformacyjnego, które obecnie stanowią najliczniej reprezentowaną sferę dociekań naukowych w tej poddyscyplinie.

W następnym podrozdziale przedstawiono konkretne obszary badań w dziedzinie nauki o geoinformacji w poszczególnych ośrodkach naukowych.

9.2.2. Ośrodki naukowe

1. **Instytut Geodezji i Kartografii w Warszawie,**

   - **Zakład Systemów Informacji Przestrzennej i Katastru** (nowe rozwiązania w zakresie analiz przestrzennych, analizy światowego dorobku w zakresie infrastruktur informacji przestrzennej, geoportali, baz danych topograficznych i tematycznych, koncepcja, metodyka projektowania i realizacji systemów informacji przestrzennej, baz danych, baz metadanych, metodyka generowania danych przestrzennych i informacji przestrzennej na podstawie danych teledetekcyjnych, integracja danych przestrzennych pochodzących z różnych źródeł, analizy zmian użytkowania ziemi, analizy rozwiązań prawnych i organizacyjnych);

   - **Zakład Kartografii** (metodyka projektowania i realizacji systemów informacji przestrzennej, baz danych, metadanych, metodyka generowania danych przestrzennych i informacji przestrzennej na podstawie danych teledetekcyjnych, integracja danych przestrzennych pochodzących z różnych źródeł, projektowanie i realizacja geoportali);

2. **Politechnika Warszawska, Wydział Geodezji i Kartografii,**

   - **Zakład Fotogrametrii, Teledetekcji i Systemów Informacji Przestrzennej** (projektowanie systemów informacji przestrzennej, baz danych, metodyka generowania danych przestrzennych i informacji przestrzennej na podstawie danych teledetekcyjnych, integracja danych przestrzennych pochodzących z różnych źródeł);

   - **Zakład Kartografii** (projektowanie baz danych topograficznych, generalizacja danych przestrzennych, modelowanie geoinformacyjne, standaryzacja baz danych, badania LBS)

3. **Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Wydział Inżynierii Kształtowania Środowiska i Geodezji, Instytut Geodezji i Geoinformatyki, Zakład Fotogrametrii i Kartografii** (modelowanie zjawisk przestrzennych, monitoring zjawisk przyrodniczych i antropogenicznych z wykorzystaniem technik satelitarnych, geodezyjnych, fotogrametrycznych i kartografii, optymalizacja technologii pozyskiwania, przetwarzania i udostępniania geodanych, generalizacja danych przestrzennych z wykorzystaniem sieci neuronowych, implementacja geoinformacyjnych usług sieciowych, budowa precyzyjnych numerycznych modeli terenu, rozwój wolnego oprogramowania)

4. **Politechnika Wrocławska, Wydział Geoinżynierii, Górnictwa i Geologii, Zakład Geodezji i Geoinformatyki Z-2** (projektowanie i budowa systemów informacji przestrzennej dla wspomagania prac górniczych i geoinżynieryjnych, wykorzystanie narzędzi analitycznych w badaniach i modelowaniu zjawisk przyrodniczych i

społecznych, integracja danych z systemów monitoringu obiektów naturalnych i inżynierskich)

5. **Akademia Górniczo – Hutnicza im. Stanisława Staszica,**

   - **Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska, Katedra Analiz Środowiskowych, Kartografii i Geologii Gospodarczej, Pracownia Kartografii Geologicznej** (kartografia geologiczna, tektonika, kartografia geomorfologiczna, analizy litologiczne i sedymentologiczne, analiza zagrożeń naturalnych, analiza zmian pod wpływem antropopresji);

   - **Wydział Geodezji Górniczej i Inżynierii Środowiska, Katedra Geoinformacji, Fotogrametrii i Teledetekcji Środowiska** (analizy zmian przestrzennych struktury użytkowania i funkcji krajobrazu w oparciu o dane teledetekcyjne, geowizualizacje 3D, analizy metod cyfryzacji);

   - **Wydział Geodezji Górniczej i Inżynierii Środowiska, Katedra Geomatyki** (automatyzacja zasilania i aktualizacji danych, generalizacja, metodyka harmonizacji baz danych, projektowanie systemów monitoringu górniczego, inżynieryjnego i leśnego)

6. **Uniwersytet Warmińsko – Mazurski, Wydział Geodezji i Gospodarki Przestrzennej, Instytut Geodezji, Katedra Geodezji Szczegółowej** (projektowanie, realizacja i aktualizacja baz danych, teoretyczne i praktyczne problemy informacji geograficznej: transformacje UML- GML, zagadnienia niepewności danych, dokładność wielkoskalowych map cyfrowych, przetwarzanie danych w chmurze, harmonizacja zbiorów danych przestrzennych)

7. **Wojskowa Akademia Techniczna im. Jarosława Dąbrowskiego, Wydział Inżynierii Lądowej i Geodezji, Zakład Systemów Informacji Geograficznej - ZIG** (modelowanie geoinformacyjne, metodyka pozyskiwania i przetwarzania danych przestrzennych dla potrzeb bezpieczeństwa i obronności kraju, systemy monitoringu przepraw, targeting)

8. **Akademia Morska w Szczecinie, Wydział Nawigacyjny**, **Instytut Geoinformatyki, Zakład Geodezji i Hydrografii, Zakład Kartografii i Geoinformatyki** (projektowanie i realizacja systemów informacji przestrzennej, analizy przestrzenne (2D, 3D, 4D), NMT, modele hydrograficzne, integracja danych nawigacyjnych, metody sztucznej inteligencji w nawigacji i GIS, Nawigacyjne Systemy Wspomagania Decyzji, generalizacja danych batymetrycznych, integracja danych satelitarnych w systemach nawigacyjnych)

9. **Akademia Marynarki Wojennej im. Bohaterów Westerplatte**,

   - **Wydział Nawigacji i Uzbrojenia Okrętowego**, **Instytut Nawigacji i Hydrografii Morskiej**

     - **Pracownia Hydrografii** (symulatory hydrograficznych map elektronicznych, modele portów do symulatorów nawigacyjnych, systemy monitoringu basenów portowych);

- **Pracownia Systemów Antykolizyjnych** (systemy monitorowania ruchu statków, metody automatycznej identyfikacji jednostek);
- **Pracownia Urządzeń i Systemów Nawigacyjnych** (symulatory map elektronicznych, aplikacje do automatyzacji nawigacji radarowej, systemy wizualizacji radarowej, systemy monitorowania ruchu statków, systemy bezpiecznego postoju w porcie w warunkach zagrożenia terrorystycznego);

- **Wydział Dowodzenia i Operacji Morskich** (systemy informacyjne bezpieczeństwa)

10. **Uniwersytet Warszawski, Wydział Geografii i Studiów Regionalnych**

- **Zakład Geoinformatyki, Kartografii i Teledetekcji** (analizy przestrzenne dla ochrony środowiska, monitoringu, planowania przestrzennego z wykorzystaniem hiperspektralnych danych teledetekcyjnych);
- **Pracownia Systemów Informacji Przestrzennej** (analizy: procesów społecznych i gospodarczych, zmian użytkowania ziemi, prognozowanie zmian użytkowania ziemi, numeryczne bazy roślinności)

11. **Polska Akademia Nauk, Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania im. Stanisława Leszczyckiego, Zespół Systemów Informacji Geograficznej i Kartografii** (analizy przestrzenne zjawisk społecznych i gospodarczych)

12. **Uniwersytet Wrocławski, Wydział Nauk o Ziemi i Kształtowania Środowiska, Instytut Geografii i Rozwoju Regionalnego, Zakład Geoinformatyki i Kartografii** (metodyka przetwarzania danych przestrzennych i czasowo – przestrzennych, integracja danych przestrzennych z różnych źródeł, zastosowania GIS, generalizacja, systemy metadanych)

13. **Uniwersytet Marii Skłodowskiej-Curie w Lublinie, Wydział Nauk o Ziemi i Gospodarki Przestrzennej, Zakład Kartografii** (metodyka prezentacji kartograficznej, wizualizacja kartograficzna, generalizacja kartograficzna, problematyka pola podstawowego, percepcja map statystycznych, kartowanie na podstawie danych satelitarnych)

14. **Uniwersytet im. A. Mickiewicza w Poznaniu, Wydział Nauk Geograficznych i Geologicznych,**

- **Instytut Geografii Fizycznej i Kształtowania Środowiska Przyrodniczego, Zakład Kartografii i Geomatyki** (pozyskiwanie i zarządzanie danymi przestrzennymi, LBS);
- **Instytut Geoekologii i Geoinformacji, Pracownia Analiz Geoinformacyjnych** (projektowanie i budowa systemów wspierających monitoring środowiska – Zintegrowany Monitoring Środowiska Przyrodniczego, serwisów internetowych m. in. Geomorfometria Polski)

15. **Uniwersytet Jagielloński, Wydział Biologii i Nauk o Ziemi, Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej, Zakład Systemów Informacji Geograficznej, Kartografii i Teledetekcji** (badania przemian środowiska oraz relacji człowiek –

środowisko: analizy zmian użytkowania ziemi, modelowanie fragmentacji i powiązywalności krajobrazu; wpływ rozwoju teorii i technologii informacji geograficznej na geografię: pozyskiwanie, analiza i wizualizacja danych przestrzennych; e-nauczanie w dydaktyce GIS)

16. **Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu, Wydział Nauk o Ziemi , Zakład Kartografii, Teledetekcji i Systemów Informacji Geograficznej, Katedra Geomatyki i Kartografii** (geokompozycje, wizualizacja kartograficzna, multimedia, kartografia w zarządzaniu kryzysowym, projektowanie i realizacja atlasów internetowych)

17. **Uniwersytet Gdański, Instytut Geografii, Zakład Limnologii, Pracownia Kartografii, Teledetekcji i Systemów Informacji Geograficznej** (integracja danych teledetekcyjnych w systemach informacji przestrzennej)

18. **Uniwersytet Szczeciński, Wydział Nauk o Ziemi**, **Instytut Nauk o Morzu**, **Zakład Teledetekcji i Kartografii Morskiej** (analizy zmian środowiska morskiego z wykorzystaniem danych satelitarnych, analizy dynamiki zmian linii brzegowej, erozji, wizualizacje kartograficzne)

19. **Uniwersytet Łódzki, Wydział Nauk Geograficznych, Instytut Geografii Miast i Turyzmu, Zakład Geoinformacji** (zastosowanie systemów informacji geograficznej w geografii urbanistycznej, analizy zmian przestrzeni miejskiej i użytkowania ziemi)

20. **Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, Zakład Geomatyki i Gospodarki Przestrzennej, Katedra Urządzania Lasu, Geomatyki i Ekonomiki Leśnictwa** (analizy przestrzenne środowiska leśnego, systemy informacji przestrzennej dla wspomagania gospodarki leśnej)

9.2.3. Kompetencje zawodowe (zawód wyuczony)

W pierwszej połowie drugiego dziesięciolecia XXI wieku absolwent kierunku geodezja i kartografia powinien posiadać następujące umiejętności, wiedzę i kompetencje w zakresie problematyki nauki o geoinformacji:

- znajomość metod numerycznego opracowania wyników pomiarów geodezyjnych, teledetekcyjnych i fotogrametrycznych oraz ich prezentacji,
- umiejętność pozyskiwania danych dla systemów informacji przestrzennej, tworzenia systemów i ich prowadzenia na różnych poziomach administracji kraju,
- umiejętność obsługi wybranego pakietu systemu informacji geograficznej,
- znajomość problematyki wolnego oprogramowania.

Ponadto w zakresie umiejętności o charakterze ogólnym, podobnie jak to ma miejsce przy pozostałych poddyscyplinach:

- potrafi myśleć i działać w sposób kreatywny i przedsiębiorczy,
- ma świadomość ważności i rozumie pozatechniczne aspekty i skutki działalności inżynierskiej i związanej z tym odpowiedzialności za podejmowane decyzje,
- potrafi współpracować w grupie,

- ma świadomość odpowiedzialności za przekazane wyniki prac geodezyjnych i kartograficznych oraz potencjalnych skutków jakie mogą one wywołać,
- umiejętność współpracy ze specjalistami z zakresu inżynierii, ekologii, geologii, gospodarki przestrzennej i innych dziedzin.

Absolwent studiów II stopnia powinien posiadać umiejętności w zakresie:

- samodzielnej pracy badawczej, w tym samodzielnego planowania i realizacji projektów badawczych oraz analizowania ich wyników,
- korzystania z literatury światowej,
- współpracy z partnerami naukowymi krajowymi i zagranicznymi,
- samokształcenia się.

9.3. Światowe trendy rozwoju nauki o geoinformacji

Dokument GGIM_Future-trends.pdf opracowany przez **UN Committee of Experts on Global Geospatial Information Management** przedstawia między innymi następujące kierunki rozwoju geoinformacji:

1. informacja geograficzna stanie się wszechobecna,
2. niszowe technologie geoprzestrzenne wejdą do głównego nurtu, umożliwią szybką dystrybucję i absorbcję informacji, a reagowanie na te informacje będzie znacznie szybsze dzięki wszechobecności urządzeń rejestrujących – wszystko i wszyscy będą zlokalizowanie; Twenty years of progress GIScience in 2010 Goodchild.pdf ujmuje to następująco: będziemy wiedzieć gdzie wszystko się znajduje, w każdej chwili,
3. większy popyt na geoinformację oznacza zwiększenie popytu na przeszkolonych specjalistów; wzmocni to pozycję uczelni oferujących studia w zakresie nauki o geoinformacji czy geoinformatyki,
4. więcej sensorów pozyskiwania informacji (np. upowszechnienie UAV),
5. oddziaływanie przemian na krajowe agencje kartograficzne (NMA),
   - włączenie się sektora prywatnego jako aktywnego „gracza” na polu geoinformacji;
   - sektor prywatny zaczyna stanowić wyzwanie dla NMA w obszarze gromadzenia i obsługi danych, szczególnie dla rozwiązań transgranicznych;
   - podejmowanie działań państwa na rzecz społeczeństwa obywatelskiego;
   - więcej publicznych środków będzie wydatkowanych na geoinformację.
6. pojawi się więcej rozwiązań mieszanych łączących precyzyjne dane przestrzenne z danymi użytkowników pozyskanymi w czasie rzeczywistym i dostępnymi za pośrednictwem mediów społecznościowych; nowe zastosowania internetowe,
7. procesy społeczne i cywilizacyjne będą miał znaczący wpływ na przemiany w nauce o geoinformacji
   - więcej ludzi zacznie korzystać z technologii lokalizacyjnych;
   - zasoby pochodzące z crowdsourcingu (VGI) będą nabierać znaczenia.

8. rozszerzający się wpływ technologii mobilnych (popularność smartfonów, np. geocaching).

Ponadto zdobycze technologii informacyjno-komunikacyjnych (ICT) będą miały istotny wpływ na oblicze nauki o geoinformacji. Dotyczyć to będzie przede wszystkim następujących trendów i działań:

- Przystosowanie do przetwarzania w „Grid" (sieć jako komputer – wirtualny komputer),
- Powszechność przetwarzania w chmurze,
- Postępy w definiowaniu i rozwoju ontologii, w tym Semantic Web i jego mechanizmy „linked data" (RDF, RDFS, OWL, i in.),
- Metodyka eksploracji danych (KDD – Knowledge Discovery in Databases),
- Metodyka bardzo dużych baz danych (VLDB),
- Metodyka usług dostępnych „na żądanie",
- Modelowanie geoinformacyjne (GML, UML, itp.),
- Technologie „rozszerzonej rzeczywistości".

Kolejne lata po osiągnięciu pełnej gotowości w funkcjonowaniu infrastruktur informacji przestrzennej przyniosą zapewne rozwój nowych rozwiązań informatycznych, które wpłyną na zmiany w przepisać implementacyjnych IIP. Powstanie wtedy metodyka modernizacji i rozwijania infrastruktur informacji przestrzennej.

Integracja GIS z mediami społecznościowymi stworzy szereg nowych horyzontów badawczych w zakresie wsparcia obywateli w stosowaniu technologii geoinformacyjnych i poprawy jakości i wiarygodności pozyskiwanych przez nich danych. Obywatel jako sensor informacji przestrzennej będzie coraz ważniejszym ogniwem w sieci kształtowanej przez społeczeństwo informacyjne.

Znaczenia będą nabierać również technologie przetwarzania zjawisk dynamicznych i rejestracji obiektów, zjawisk i procesów w czasie rzeczywistym.

9.4. Wnioski dotyczące wpływu rozwoju nauki o geoinformacji na zmiany w zakresie kompetencji zawodowych

Wpływ na umiejętności zawodowe

- Modelowanie geoinformacyjne
- Znajomość standardów geoinformacyjnych
- Umiejętność programowania
- Znajomość wolnego oprogramowania z zakresu GI
- Umiejętności internetowe (praca w chmurze, korzystanie z geoportali, przetwarzanie sieciowe – grid, wirtualny komputer…).

9.5. Przewidywany rozwój kształcenia w zakresie nauki o geoinformacji

Zdobycze nauki o geoinformacji w polskim systemie kształcenia na poziomie wyższym wykorzystywane są na różnych specjalizacjach, takich jak przykładowo *systemy informacji geograficznej* (UJ), *kartografia i systemy informacji geograficznej* (PW), *systemy informacji przestrzennej* (PW) czy *geoinformatyka, kartografia, teledetekcja* (UW). Popyt na specjalistów wzmocni pozycję uczelni oferujących studia w zakresie nauki o geoinformacji czy geoinformatyki.

Przemiany w kształceniu powinny obejmować:

- Rozszerzenie zajęć z modelowania geoinformacyjnego
- Wprowadzenie zajęć ze standardów geoinformacyjnych
- Wprowadzenie zajęć z programowania, w tym w GIS
- Zwiększenie interdyscyplinarności studiów
- Zajęcia z wolnego oprogramowania
- Zajęcia z zakresu wspierania VGI

9.6. Wykaz wykorzystanych materiałów i literatury

Baranowski M. (2014): *Domena badawcza nauki o geoinformacji*, tekst na prawach maszynopisu

Goodchild M. F. (1990): *Keynote address: Spatial information science*, Fourth International Symposium on Spatial Data Handling (Zurich, July 1990) (1990), vol. 1, pp. 3–14.

Goodchild M. F. (1991): *Keynote address—progress on the GIS research agenda*. Second European GIS Conference, Brussels (Utrecht, 1991), EGIS Foundation, pp. 342–350.

Goodchild M. F. (1992): *Geographical information science*. International Journal of Geographical Information Systems 6, 1 (1992), 31–45

Goodchild M. F. (2007): *Citizens as Sensors: the World of Volunteered Geography* GeoJournal 69 (4) (November 20): 211–221.

Goodchild M. F. (2008): *Commentary: Whither VGI?* GeoJournal 72 (3-4) (July 26): 239–244.

Goodchild M. F. (2009): *NeoGeography and the Nature of Geographic Expertise*, Journal of Location Based Services 3 (2) (June): 82–96.

Twenty years of progress GIScience in 2010 Goodchild.pdf

Kennedy M. D., Dangermond J. (Foreword by), Goodchild M. F. (Afterword by), (2011): *Introducing Geographic Information Systems with ArcGIS: A Workbook Approach to Learning GIS*, 3rd Edition

Ocena stanu dyscypliny-synteza5.pdf.

Longley P. A., Goodchild M., Maguire D. J., Rhind D. W., (2011): *Geographic Information Systems and Science 3e*, John Wiley & Sons Ltd, Chichester, England

Mark D. M. (2000): *Geographic information science: Critical issues in an emerging crossdisciplinary research domain*. Journal of the Urban and Regional Information Systems Association 12, 1, ss. 45–54.

Mark D. M. (2003): *Geographic information science: Defining the field. In Foundations of Geographic Information Science*, M. Duckham, M. F. Goodchild, and M. F.Worboys, Eds. Taylor and Francis, New York, ss. 1–18.

GGIM_Future-trends.pdf

Źródła internetowe

http://www.geocomputation.org/what.html

10. Wpływ prawa unijnego i innych działań podejmowanych w UE na rozwój dyscypliny w Polsce (D. Dukaczewski)

Jak wynika z przeprowadzonej kwerendy prawo Unii Europejskiej wywiera dosyć duży wpływ na rozwój dyscypliny będącej przedmiotem badania. Należy jednak podkreślić, iż jedynie część spośród badanych poddyscyplin została w nim przywołana bezpośrednio. Dlatego też podczas analizy regulacji prawnych Unii Europejskiej dokonano rozróżnienia aktów na dwie grupy. Do pierwszej z nich zaliczono regulacje prawne przywołujące przedmiotowe poddyscypliny w sposób bezpośredni (*explicite*). Do drugiej zaś – te dokumenty prawne, które zawierają regulacje mogące mieć pośredni wpływ (wyrażony *implicite*) na daną poddyscyplinę. Nie wszystkie spośród wymienionych poniżej regulacji prawnych wywierają bezpośredni wpływ na rozwój naukowy poddyscyplin. Należy jednak podkreślić, iż poprzez rozszerzenie sfery infrastruktury przyczyniają się do tworzenia bazy informacyjnej badań podstawowych.

10.1. Wpływ prawa unijnego wyrażony explicite

W stosunkowo najszerszym zakresie prawo Unii Europejskiej wspiera *explicite* kwestie związane z wykorzystaniem danych satelitarnych do szeregu zastosowań dotyczących:

1. Statystyk rolnych:

- European Parliament legislative resolution *on the proposal for a European Parliament and Council decision on the continued application of aerial surveys and remote sensing techniques to the agricultural statistics for 2004-2007 and amending European Parliament and Council Decision 1445/2000/EC* (COM (2003) 218 — C5-0196/2003 — 2003/0085(COD)) Dz. U. UE C 74E z 24.03.2004, s. 46—46;
- *CELEX_32003D2066_PL_TXT.pdf,* Dz. U. UE L 309 z 26.11.2003*,s.* 109;
- CELEX_52007DC0552_PL_TXT.doc;

2. Kontroli działalności rolniczej w ramach wspólnej polityki rolnej:

- CELEX_52008AP0010_PL_TXT.pdf Dz. U. UE C 41E z 19.02.2009, s. 104—106;
- CELEX_32008R0078_PL_TXT.pdf, Dz. U. UE L 25 z 30.01.2008, s. 1—2;

3. Kontroli działalności połowowej:

- CELEX_32003R1461_PL_TXT.pdf, s. 14—16;
- CELEX_52004PC0724_PL_TXT.pdf/* COM/2004/0724 końcowy - CNS 2004/0252 */28/10/2004;

- Rezolucja legislacyjna Parlamentu Europejskiego *w sprawie wniosku dotyczącego rozporządzenia Rady w sprawie elektronicznego rejestrowania i sprawozdawczości dotyczącej działalności połowowej i systemów teledetekcji* (COM(2004)0724 - C6-0187/2004 - 2004/0252(CNS)) Dz. U. UE C 193E z 17.08.2006, s.. 67—69;
- *CELEX_32006R1966_PL_TXT.pdf* Dz. U. UE L 409 z 30.12.2006, s. 1—10;
- *CELEX_32007R1303_PL_TXT.pdf ,* Dz. U. UE L 290 z 08.11.2007, s. 3—13;

oraz zasad jej finansowania:

- CELEX_32004D0930_PL_TXT.pdf) Dz. U. UE L 396 z 31.12.2004, s. 51—60;
- CELEX_32006D0392_PL_TXT.pdf Dz. U.UE L 152 z 07.06.2006;
- CELEX_32008D0860_PL_TXT.pdf Dz. U. UE L 303 z 14.11.2008, s. 13—24;
- *l_33620091218pl00420049.pdf.* (notyfikowana jako dokument nr C(2009) 9935) Dz. U. UE L 336 z 18.12.2009, s. 42—49;
- CELEX_32010D0352_PL_TXT.pdf) Dz. U. UE L 160 z 26.06.2010, str. 11—25;
- CELEX_32011D0431_PL_TXT.pdf Dz. U. UE L 188 z 19.07.2011, s. 50—60;

4. Satelitarnych systemów monitorowania statków:

- *CELEX_32003R2244_PL_TXT.pdf,* Dz. U. UE L 333 z 20.12.2003, s. 98—108;

Wsparcie to ma charakter organizacyjny i finansowy, zobowiązuje bowiem władze publiczne krajów członkowskich UE do stosowania określonych rozwiązań, które mogą zostać zapewnione przez teledetekcję. Równocześnie wpływa ono stymulująco na rozwój dyscypliny w zakresie doskonalenia metodologii badawczych prac stosowanych.

Regulacje prawne Unii Europejskiej powodują również konieczność wdrażania aparatu sprawozdawczo – kontrolnego. W przypadku zadań teledetekcji wspieranych przez prawo UE, kwestii tych dotyczy m. in. dokument prawny:

- *CELEX_52010DC0436_PL_TXT.doc*;

Prawo Unii Europejskiej wspiera również *explicite* działania teledetekcji, nauki o geoinformacji i kartografii w zakresie Globalnego Monitoringu Środowiska i Bezpieczeństwa (GMES) oraz programu Copernicus. Związane z tym kwestie zostały omówione w następujących dokumentach prawnych:

- *GMES.doc*/* COM/2004/0065 final */ Dz. U. UE C 92 z 16.04.2004, s. 2—11;
- CELEX_52005DC0565_PL_TXT.pdf;
- *c_33920101214pl00140019.pdf (lata 2011–2013)* COM(2009) 223 wersja ostateczna – 2009/0070 (COD) Dz. U. C 339 z 14.12.2010, s. 14—19;
- CELEX_32014R0377.pdf, s. 44—66.

Dwa pierwsze akty przyczyniły się do wytyczenia kierunków rozwoju teledetekcji, związanych z możliwością realizacji zadań zaplanowanych w ramach programu GMES. W ramach realizacji początkowych operacji projektu Globalny Monitoring Środowiska i Bezpieczeństwa (GMES), określonych w trzecim dokumencie, w Polsce (oraz w innych krajach Unii

Europejskiej) wykonano m. in. kartowanie CORINE Land Cover 2012 oraz zrealizowano projekt HRL (High Resolution Layers). Ostatni dokument prawny ma fundamentalne znaczenie dla rozwoju teledetekcji do roku 2020.

Kwerenda prawa Unii Europejskiej wykazała, że w chwili obecnej nauka o geoinformacji i kartografia są wzmiankowane *explicite* w Komunikacie Komisji do Parlamentu Europejskiego, Rady, Europejskiego Komitetu Ekonomiczno-Społecznego i Komitetu Regionów CELEX_52014DC0254_PL_TXT.pdf w kontekście ich wkładu w kartowanie mórz i oceanów.

Geodezja została wymieniona *expressis verbis* w *Zielona_Ksiega_w_sprawie_zastosowan_nawigacji_satelitarnej.pdf* oraz *tren_2007_01105_03_00_pl_tra_00.pdf* jako poddyscyplina mogąca korzystać z projektowanych systemów nawigacji satelitarnej.

Jedynym dokumentem prawnym UE wzmiankującym explicite zadania geodynamiki była do połowy października 2014 r. CELEX_52011IP0024_PL_TXT.pdf (Dz. U. C 136E z 11.05.2012, s. 71—81), która ma wpływ na rozwój poddyscypliny geodynamiki polskiej w kontekście badań prowadzonych na terenach subarktycznych.

Przygotowanie, a następnie publikacja *CELEX_32005L0036.pdf* (Dz. U. UE, L 255 ze zmianami) spowodowała podjęcie przez wiele państw UE działań mających na celu ochronę zawodu geodety. Rozwiązania stosowane w Europie zostały opisane w raporcie przygotowanym dla GUGiK (STATUS ZAWODU GEODETY_2002.pdf; ZASADY UZNAWANIA DYPLOMOW W ZAKRESIE GEODEZJI W KRAJACH UE.pdf; Dukaczewski, D., 2003) oraz publikacji (Białousz, S., Dukaczewski, D., Bochenek, Z., Grodzicki, M., Sowiński, P., Wysocka, E., 2003). W Polsce zawód geodety został wpisany na listę zawodów regulowanych. Zmiany w dyrektywie 2005/36/WE dotyczące Polski, Republiki Czeskiej, Estonii, Cypru, Litwy, Łotwy, Słowenii, Słowacji i Węgier zostały wprowadzone aktem l_23620030923pl00330049.pdf dotyczącym warunków przystąpienia oraz dostosowań. Kolejne zmiany zostały wprowadzone na mocy *l_36320061220pl00810106.pdf* (Dz. U. UE, L 100, 20. 12. 2006). Specjaliści w zakresie geodynamiki korzystają w Polsce z ochrony krajowego rynku pracy na podstawie wpisania zawodu geodety uprawnionego na listę zawodów regulowanych. Specjaliści w zakresie teledetekcji korzystają w Polsce z ochrony krajowego rynku pracy na podstawie wpisania zawodu geodety uprawnionego w zakresie fotogrametrii i teledetekcji na listę zawodów regulowanych. Jak wynika z raportów przygotowanych dla GUGiK (Dukaczewski, D., 2003; Bac-Bronowicz, J., i Dukaczewski, D., 2003), zawód kartografa nie jest zawodem chronionym w krajach Unii Europejskiej. Należy jednak podkreślić, iż specjaliści w zakresie kartografii urzędowej korzystają w Polsce z ochrony krajowego rynku pracy na podstawie wpisania zawodu geodety uprawnionego w zakresie redakcji map na listę zawodów regulowanych.

10.2. Wpływ prawa unijnego implicite

Badane poddyscypliny nie są wzmiankowane we wczesnych regulacjach prawnych Unii Europejskiej dotyczących: zbiorów danych przestrzennych, ich harmonizacji oraz wielokrotnego wykorzystania (m. in. w *dyrektywa_2003_98_we.pdf* (Dz. U. UE L 345 z

31.12.2003)), infrastruktur informacji przestrzennej, metadanych, usług związanych z ze zbiorami danych przestrzennych. Należy jednak podkreślić, iż zadania związane z realizacją tych zadań dotyczą *implicite* kwestii związanych z rozwojem nauki o geoinformacji i implikują sformułowania zawarte w prawie polskim.

Geodezja, geodynamika, fotogrametria, teledetekcja i nauka o geoinformacji nie są również wzmiankowane *explicite* (podobnie jak inne dyscypliny i poddyscypliny naukowe) w *CELEX_52004PC0516_PL_TXT.pdf*. Należy jednak podkreślić, iż w załącznikach I – III do Dyrektywy zostały uwzględnione tematy danych przestrzennych, których pliki są generowane w Polsce przez te poddyscypliny (lub z ich znacznym udziałem). W przypadku geodezji są to zbiory danych przestrzennych grup tematycznych: I. 1 s*ystemy odniesienia za pomocą współrzędnych* I. 6 *działki katastralne*, III. 2 *budynki*, w przypadku geodynamiki – zbiory danych przestrzennych grupy I. 1 *systemy odniesienia za pomocą współrzędnych,* fotogrametrii – odpowiednio zbiory grup I. 1 *systemy odniesienia za pomocą współrzędnych* i II. 3 *sporządzanie ortoobrazów,* zaś w przypadku teledetekcji - danych przestrzennych grupy tematycznej II. 3 *sporządzanie ortoobrazów*. Wszystkie tematy danych przestrzennych mogą być generowane przy udziale kartografii i nauki o geoinformacji. Pod względem organizacyjno – prawnym Główny Geodeta Kraju jest bezpośrednio odpowiedzialny za zadania związane z tematami: I.1 *Systemy odniesienia za pomocą współrzędnych,* I. 2 *Systemy pól znaczonych,* I. 3 *Nazwy geograficzne*[2]*,* I.4. *Jednostki administracyjne*[3]*,* I.5 *Adresy*[4]*,* I.6 *Działki katastralne*[5]*,* I.7. *Sieci transportowe*[6]*,* II.1 *Ukształtowanie terenu*[7]*,* II.2 *Użytkowanie terenu*[8]*,* III. 2. *Budynki*[9]*,* III.3 *Gleba*[10]*,* III. 6 *Usługi użyteczności publicznej i służby państwowe*[11]*,* III.8 *Obiekty produkcyjne i przemysłowe*[12]*,* III.11 *Gospodarowanie obszarem/ strefy ograniczone/regulacyjne oraz jednostki sprawozdawcze*[13]*.* Tym samym znaczna część działań geodezji, geodynamiki, fotogrametrii, teledetekcji, kartografii i nauki o geoinformacji została objęta oddziaływaniem prawnym *Ustawa o IIP_D20100489.pdf* (Dz. U. 2010, nr 76, poz. 489, s. 6462-6477). Zastosowanie prawne znalazły również powiązane unijne przepisy wykonawcze:

- *Decyzja KE w zakresie Monitorownia i sprawozdawczosci l_14820090611pl00180026.pdf* (Dz. U. UE L 148 z 11.06.2009, str. 18-26);
- *Rozporzadzenie KE o metadanych l_32620081204pl00120030.pdf* (Dz. U. UE L 326 z 04.12.2008, str. 12-30);

[2] Wspólnie z GUS, Ministrem Administracji i Cyfryzacji, Ministrem Kultury i Dziedzictwa Narodowego
[3] Wspólnie z GUS
[4] Wspólnie z GUS
[5] Wspólnie z GUS, Dyrekcją Lasów Państwowych
[6] Wspólnie z Ministrem Infrastruktury i Rozwoju
[7] Wspólnie z Ministrem Obrony
[8] Wspólnie z ARMIR
[9] Wspólnie z Ministrem Infrastruktury i Rozwoju
[10] Wspólnie z Ministrem Rolnictwa i ARMIR
[11] Wspólnie z Ministrem Środowiska, Ministrem Zdrowia, Ministrem Administracji i Cyfryzacji, Ministrem Gospodarki
[12] Wspólnie z Ministrem Środowiska
[13] Wspólnie z Ministrem Środowiska

- *Rozporzadzenie w sprawie uslug sieciowych l_27420091020pl00090018.pdf* (Dz. U. UE L 274 z 20.10.2009, str. 9-10);
- Rozporzadzenie KE w sprawie wspolnego korzystania z danych l_08320100330pl00080009.pdf (Dz. U. UE L 38 z 30.03.2010, str. 8-9);
- *Rozp_1088_2010_uslugipobierania-i-przeksztalcania.pdf* (Dz. U. UE L 323 z 08.12.2010, str. 1-10);
- *rozp1089_2010_interoperacyjnosc.pdf* (Dz. U. UE L 323 z 8.12.2010, str. 11-102);
- *Listy_kodowe.pdf* (Dz. U. UE L 31 z 5.02.2011, str. 13-34);
- *131216_roz.pdf* (Dz. U. UE L 331 z 10.12.2013, s. 1—267);

oraz powiązane z nimi polskie przepisy wykonawcze (tab. 11. 1).

Tabela 11.1. Wpływ polskich przepisów wykonawczych powiązanych z Dyrektywą INSPIRE i ustawą z dnia 4 marca *2010 o infrastrukturze informacji przestrzennej* na badane poddyscypliny.

Nazwa aktu prawnego prawa polskiego	Geodezja	Geodynamika	Fotogrametria	Teledetekcja	Kartografia	Nauka o geoinformacji	Liczba poddyscyplin
D20101333_Rozporzadzenie w sprawie ewidencji zbiorow i uslug danych przestrzennych.pdf. Dziennik Ustaw 2010, Nr 201, poz.1333, s. 14526-14530	X	X	X	X	X	X	6
D20111328.pdf. Dziennik Ustaw 2011, Nr 222, poz. 1328, s. 13191- 13192	X	X	X	X	X	X	6
D20140917.pdf, Dziennik Ustaw R.P., Warszawa, dnia 11 lipca 2014 r., poz. 917, s. 1 – 37	X	X	X	X	X	X	6
D20120526.pdf Dziennik Ustaw 2012, Nr 0, poz. 526 s. 1-18	X	X	X	X	X	X	6
D20111772.pdf. Dziennik Ustaw 2011, Nr 299, poz. 1772, s 17462	X	X			X	X	4
D20120352.pdf Dziennik Ustaw 2012, Nr 0, poz. 352, s. 1-97	X	X			X	X	4
D20111642-03.pdf Dziennik Ustaw 2011, Nr 279 poz. 1642, s**.** 16096-16099, zał.: 1: 400 s, zał. 2 609 s			X	X	X	X	4
D20120199.pdf. Dziennik Ustaw 2012, poz. 199, s 1- 64	X				X	X	3

Nazwa aktu prawnego prawa polskiego	Geodezja	Geodynamika	Fotogrametria	Teledetekcja	Kartografia	Nauka o geoinformacji	Liczba poddyscyplin
D20111571.pdf Dziennik Ustaw 2011, Nr 263, poz. 1571 s. 15307-15394[14]				(X)	X	X	3
D20111572.pdf. Dziennik Ustaw 2011, Nr 263, poz. 1572, s. 15395-15461	X	X				X	3
D20120309.pdf Dziennik Ustaw 2012, Nr 0, poz. 309, s. 1-80	X				X	X	3
D20120125.pdf. Dziennik Ustaw 2012, Nr 0, poz. 125: 1-60	X				X	X	3
Liczba aktów prawnych wywierających wpływ na badaną poddyscyplinę	10	7	5	6	11	12	

Jak wynika z analizy tych regulacji prawnych, której wyniki zostały podane w sposób syntetyczny w tabeli 11.1., polskie przepisy wykonawcze powiązane z Dyrektywą INSPIRE i *Ustawa o IIP_D20100489.pdf* wywierają największy wpływ na zadania wykonawcze realizowane przez naukę o geoinformacji. W realizacji zadań związanych z budową infrastruktury informacji przestrzennej w Polsce znaczny jest również udział kartografii oraz geodezji. Zadania związane z budową i utrzymaniem IIP w Polsce wpływają również (dzięki upowszechnieniu dostępu do interoperacyjnej informacji przestrzenne) stymulująco na możliwości rozwoju badań podstawowych wszystkich badanych poddyscyplin.

Należy podkreślić, iż przepisy prawa UE i powiązane z nimi regulacje prawa polskiego dotyczące INSPIRE stworzyły korzystne warunki się do znaczącej aktywizacji prac w zakresie infrastruktury informacji przestrzennej w Polsce. Stały się one czynnikiem stymulującym postęp w zakresie standaryzacji metadanych, działań harmonizacji zbiorów danych przestrzennych i usług (mających na celu uzyskanie stanu ich interoperacyjności), jak również spełnienia warunków wielokrotnego wykorzystania zbiorów danych przestrzennych oraz usprawnienia ich wymiany i udostępniania. Poprzez rozbudowę Infrastruktury Informacji Przestrzennej (IIP) umożliwiony został powszechny dostęp i stosowanie informacji przestrzennej w Polsce. Usługi infrastruktury informacji przestrzennej będą dostępne nie tylko dla wybranych jednostek administracji rządowej i samorządowej, które tworzą lub utrzymują rejestry, ale również dla osób fizycznych i prawnych, oraz innych jednostek organizacyjnych. Infrastruktura Informacji Przestrzennej, wspomagająca zrównoważony rozwój kraju oraz ochronę środowiska jest częścią infrastruktury informacji przestrzennej w Unii Europejskiej.

[14] W odniesieniu do produktów uzyskanych drogą przetworzenia danych satelitarnych rozporządzenie to jest w apozycji prawnej z Traktatem o Przestrzeni Kosmicznej z 27 stycznia 1967 r. z późniejszymi zmianami (podpisanym i ratyfikowanym przez Polskę), Rezolucją ONZ „Zasady dotyczące teledetekcji Ziemi z kosmosu" z 11 kwietnia 1986 r. z aneksem z 3 grudnia 1986 r. oraz innymi dokumentami międzynarodowymi (m. in. rezolucjami 3388 (XXX) z 18 listopada 1975, 31/8 z 8 listopada 1976, 32/196 A z 20 grudnia 1977, 33/16 z 10 listopada 1978, 34/66 z 5 grudnia 1979, 35/14 z 3 listopada 1980, 36/35 z 18 listopada 1981, 37/89 z 10 grudnia 1982, 38/80 z 15 grudnia 1983, 39/96 z 14 grudnia 1984 i 40/162 z 16 grudnia 1985), które zabraniają cenzurowania ogólnodostępnych danych teledetekcyjnych.

Poddyscypliny będące przedmiotem ekspertyzy nie zostały wymienione explicite w *Powodz.pdf* (Dz. U. UE L 288 z 6.11.2007, s. 27 - 34). Akt ten zobowiązuje państwa członkowskie m.in. do opracowania map zagrożenia i map ryzyka powodziowego. Kwestie związane z tymi zadaniami w Polsce precyzuje *D20130104.pdf* (Dziennik Ustaw 2013, poz. 104, s.1 – 11). Ich realizacja wymaga współpracy pomiędzy geodezją, fotogrametria, teledetekcją, kartografią i nauką o geoinformacji. Dla wypełnienia zobowiązań wynikających z Dyrektywy 2007/60/WE został zrealizowany Projekt ISOK (Informatyczny System Osłony Kraju przed nadzwyczajnymi zagrożeniami) w ramach którego m.in. został opracowany prawie dla całego kraju NMT i NMPT na bazie danych lotniczego skaningu laserowego.

10.3. Wpływ innych działań podejmowanych w związku z akcesją Polski do Unii Europejskiej na rozwój dyscypliny

W okresie przedakcesyjnym badane poddyscypliny mogły korzystać z mechanizmów finansowych przewidzianych w ramach Projektu PHARE - Poland and Hungary: Assistance for Restructuring their Economies, ustanowionego Rozporządzeniem Rady UE 3906/89 z 18 grudnia 1989 r. *o ekonomicznej pomocy dla Republiki Węgier i Polski.*

W ramach Projektu PHARE 9206 w latach 1995-1998, prawie cały obszar Polski został pokryty kolorowymi zdjęciami lotniczymi w skali 1:26 000, zaś dodatkowo tereny 20 miast w skali 1:5 000. W roku 1995, w ramach projektu EEA PHARE Topic Link on Land Cover opracowano wspólną legendę użytkowania ziemi CORINE Land Cover poziomu 4 dla terenu Polski, Republiki Czeskiej, Słowacji i Węgier oraz przeprowadzono próbne kartowanie na terenie południowej Polski. Ze środków programu PHARE 2000 finansowano prace nad koncepcją Zintegrowanego Systemu Katastralnego. Ich pierwszy etap był realizowany w ramach projektu PHARE 2000 PL0003.01, zaś kolejne – PHARE 2001 PL01.01.02 i PHARE PL2003/004-379-01.11. W ramach projektu PHARE PL 2003/005-710.01.08 prowadzono prace nad wektoryzacją map katastralnych w Polsce.

Działania związane z akcesją przyczyniły się do realizacji szeregu projektów, wśród których należy wymienić:

1. Aktywną Sieć Geodezyjną – ASG (teren Polski został pokryty siecią aktywnych stacji odbiorczych, tworzących Aktywną Sieć Geodezyjną, zrealizowaną w ramach projektu współfinansowanego ze środków unijnych)[15];
2. Projekt System Identyfikacji Działek Rolnych – LPIS (*Land Parcel Identification System*), realizowany od 2002 roku w celu umożliwienia dopłat bezpośrednich dla rolników[16];
3. Georeferencyjną Bazę Danych Obiektów Topograficznych – GBDOT 10 K[17];

[15] Wielofunkcyjny system precyzyjnego pozycjonowania ASG – EUPOS jest częścią systemu EUPOS, obejmującego zasięgiem kraje Europy Środkowej i Wschodniej. ASG-EUPOS jest oparty na sieci 98 stacji naziemnych położonych na terenie Polski (i 21 stacji w pobliżu jej granic) odbierających sygnały Globalnych Systemów Nawigacji Satelitarnej.

[16] W ramach projektu cały kraj, w cyklu 4-5 lat, jest pokrywany zdjęciami lotniczymi, z których wytwarzana jest ortofotomapa cyfrowa o rozdzielczości 0,50 m i 0,25 m oraz NMT o zasięgu krajowym.

4. TERYT 2[18], TERYT 3[19];
5. Geoportal i Geoportal 2[20]
6. POKL / INSPIRE[21];
7. ZSIN – budowę zintegrowanego systemu informacji o nieruchomościach[22];

---

[17] Głównym celem projektu GBDOT jest analiza, zebranie, przetworzenie i udostępnienie informacji przestrzennej dla terytorium kraju o dokładności lokalizacji obiektów i szczegółowości treści odpowiadającej tradycyjnym mapom topograficznym w skali 1:10 000 i 1:50 000. Projekt ten był współfinansowany jest ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego w ramach 7 osi Priorytetowej Programu *„Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka*".

[18] Głównym celem projektu TERYT2 było udostępnienie przy wykorzystaniu usług wyszukiwania, przetwarzania, przeglądania i pobierania (za pośrednictwem geoportalu) danych z państwowego rejestru granic i powierzchni jednostek podziałów terytorialnych kraju oraz realizacja i wdrożenie rozwiązań związanych z prowadzeniem rejestrów adresowych. Zakres tematyczny udostępnianych danych przestrzennych objął m. in. granice: zasadniczego trójstopniowego podziału terytorialnego państwa, podziału kraju na potrzeby ewidencji gruntów i budynków, podziału kraju na potrzeby statystyki publicznej, podziału kraju ze względu na właściwość miejscową sądów i prokuratur, pasa nadbrzeżnego, granic portów i przystani morskich, morskiej linii brzegowej, linii podstawowej i granicy morza terytorialnego RP, podziału kraju ze względu na właściwość miejscową organów i jednostek organizacyjnych administracji specjalnej (archiwa państwowe, urzędy skarbowe, izby skarbowe, nadleśnictwa i Regionalne Dyrekcje Lasów Państwowych, Regionalne Zarządy Gospodarki Wodnej i urzędy morskie), obszarów działania służb podległych Ministrowi Spraw Wewnętrznych i Administracji, jak również pola powierzchni jednostek zasadniczego trójstopniowego podziału terytorialnego państwa, pola powierzchni obszarów morskich Rzeczypospolitej Polskiej oraz pola powierzchni jednostek podziału kraju na potrzeby ewidencji gruntów i budynków, adresów i ich lokalizacji przestrzennej. Projekt TERYT 2 otrzymał dofinansowanie z Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka 2007-2013, w ramach 7 osi priorytetowej *„Społeczeństwo informacyjne – budowa elektronicznej administracji"*. Jego beneficjentem był Główny Geodeta Kraju.

[19] Projekt TERYT3 stanowi kontynuację kontynuacja projektu TERYT2, realizowaną od grudnia 2012 do grudnia 2014 r. Jego celem jest rozbudowa istniejących aplikacji służących do przechowywania danych przestrzennych w postaci cyfrowej oraz aktualizacja, integracja oraz harmonizacja rejestrów adresowych. W ramach rozbudowy aplikacji planowana jest również integracja ewidencji miejscowości, ulic i adresów z innymi systemami oraz rejestrami funkcjonującymi już w ramach administracji rządowej oraz samorządowej.

[20] Celem projektu Geoportal i stanowiącego jego kontynuację projektu Geoportal 2 było udostępnienie obywatelom (w tym również przedsiębiorcom oraz pracownikom administracji publicznej) dostępu do informacji przestrzennej z rejestrów publicznych (w tym urzędowych) za pośrednictwem zespołu usług zbiorów danych, przy wykorzystaniu rozwiązań zgodnych z założeniami dyrektywy INSPIRE. Projekt Geoportal 2 jest współfinansowany z Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka 2007 – 2013 w ramach 7 osi priorytetowej *„Społeczeństwo informacyjne – budowa elektronicznej administracji"*, której beneficjentem jest Główny Geodeta Kraju.

[21] W latach 2010 – 2012 GUGiK realizował projekt *„Edukacyjne wsparcie procesu wdrażania dyrektywy INSPIRE w administracji samorządowej w kontekście podniesienia jakości usług i efektywności działania"* w ramach Programu Operacyjnego Kapitał Ludzki. Projekt ten był przedsięwzięciem edukacyjnym skierowanym do administracji samorządowej i wybranych służb podległych ministrowi Spraw Wewnętrznych i Administracji. Jego celem było wsparcie administracji w procesie wdrażania dyrektywy INSPIRE (w tym budowy krajowej Infrastruktury Informacji Przestrzennej). Projekt ten był współfinansowany przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego.

[22] Celem tego projektu jest utworzenie i utrzymywanie zintegrowanego systemu informacji o nieruchomościach (ZSIN), w którego ramach podejmowane są działania mające na celu integrację

8. *envi*DMS - model bazy danych przestrzennych dotyczących środowiska przyrodniczego wraz z systemem zarządzania w aspekcie kartograficznych opracowań tematycznych[23];
9. ISOK - Informatyczny System Osłony Kraju przed nadzwyczajnymi zagrożeniami[24];
10. CAPAP – Centrum Analiz Przestrzennych Administracji Publicznej[25].

Akcesja Polski do UE przyczyniła się do wzrostu aktywnego udziału naszych przedstawicieli w europejskich gremiach i organizacjach naukowych i technicznych UE, tworzących regulacje prawne i standardy techniczne o zasięgu europejskim. Jesteśmy, jako kraj, aktywni w pracach Wspólnotowego Centrum Badawczego - JRC w Isprze (*Joint Research Centre*). Nowe możliwości włączenia się w projekty naukowo-badawcze umożliwiło wstąpienie Polski do Europejskiej Agencji Kosmicznej ESA (*European Space Agency*).

---

ewidencji gruntów i budynków (EGiB) z systemem ksiąg wieczystych (NKW) oraz uspójnienie zawartych w nich danych, jak również poprawy jakości części danych ewidencyjnych (w tym danych przestrzennych). Poza integracją EGIB z systemem NKW, integracji podlegać będą także rejestry włączone do ZSIN (wraz z innymi rejestrami publicznymi zasilającymi rejestry ZSIN danymi referencyjnymi lub korzystającymi z danych rejestrów ZSIN tj. ewidencja podatkowa nieruchomości (EPN), Powszechny Elektroniczny System Ewidencji Ludności (PESEL), krajowy rejestr urzędowy podmiotów gospodarki narodowej (REGON), krajowy rejestr urzędowy podziału terytorialnego kraju (TERYT), krajowy system ewidencji producentów, ewidencji gospodarstw rolnych oraz ewidencji wniosków o przyznanie płatności (KSEP) oraz państwowy rejestr granic i powierzchni jednostek podziałów terytorialnych kraju (PRG)).

[23] Projekt ten stanowi kontynuację i rozwinięcie prac związanych z opracowaniem przez Służbę Geodezyjną i Kartograficzną tematycznej Mapy Hydrograficznej Polski w skali 1:50 000. Jego celem jest harmonizacja dotychczasowych danych przestrzennych i wypracowanie modelu danych przestrzennych oraz systemu zarządzania, zgodnego z kompleksowym modelem jakości danych, który umożliwiałby integrację bazy tej mapy z innymi rejestrami i umożliwiałby powszechny dostęp do zawartych w nich danych przestrzennych. Projekt ten będzie realizowany do końca 2015 r. przez GUGiK we współpracy z Kartverket oraz Krajowym Zarządem Gospodarki Wodnej. Jest on jest współfinansowany z Mechanizmu Finansowego Europejskiego Obszaru Gospodarczego na lata 2009-2014, w ramach Programu Operacyjnego PL03: *Wzmocnienie monitoringu środowiska oraz działań kontrolnych*

[24] Celem projektu ISOK było stworzenie kompleksowego systemu osłony społeczeństwa, gospodarki i środowiska przed nadzwyczajnymi zagrożeniami drogą utworzenia elektronicznej platformy informatycznej wraz z niezbędnymi rejestrami referencyjnymi, stanowiącej będzie narzędzie do zarządzania kryzysowego. Projekt ten był realizowany w latach 2010 – 2013 w ramach 7. osi priorytetowej „Społeczeństwo informacyjne - budowa elektronicznej administracji" Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka 2007 – 2013 przez konsorcjum, w składzie: Krajowy Zarząd Gospodarki Wodnej (lider), Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej, Główny Urząd Geodezji i Kartografii, Rządowe Centrum Bezpieczeństwa, Instytut Łączności. Zadaniem GUGiK była budowa referencyjnych, zharmonizowanych i interoperacyjnych baz danych przestrzennych do których docelowo dostęp będzie możliwy dzięki usługom uruchamianym w ramach realizacji projektu GEOPORTAL 2.

[25] Celem tego projektu ma być utworzenie środowiska kompetencyjno – analitycznego, umożliwiającego udostępnianie zaawansowanych usług wywoływania usług (invoke) analizy danych przestrzennych, głównie dla pracowników administracji publicznej.

10.4. Znaczenie innych strategicznych dokumentów europejskich

Wśród innych strategicznych dokumentów Unii Europejskiej, nie posiadających charakteru prawnego, stosunkowo znaczny wpływ na rozwój dyscypliny będącej przedmiotem badania wywiera *Strategia Europa 2020* i stanowiąca jeden z siedmiu projektów przewodnich tej strategii *Europejska agenda cyfrowa*.

1_PL_ACT_part1_v1.pdf została opublikowana jako komunikat Komisji 3 marca 2010[26]. Obejmuje ona trzy wzajemnie ze sobą powiązane priorytety:

1. rozwój inteligentny: rozwój gospodarki opartej na wiedzy i innowacji;
2. rozwój zrównoważony: wspieranie gospodarki efektywniej korzystającej z zasobów, bardziej przyjaznej środowisku i bardziej konkurencyjnej;
3. rozwój sprzyjający włączeniu społecznemu: wspieranie gospodarki o wysokim poziomie zatrudnienia, zapewniającej spójność społeczną i terytorialną.

Mają one służyć osiągnięciu 5 wymiernych celów w perspektywie roku 2020:

1. zwiększeniu wskaźnika zatrudnienia osób w wieku 20-64 lat do 75%;
2. wzrostowi udziału PKB Unii przeznaczonego na inwestycje w badania i rozwój do 3%;
3. zmniejszeniu emisji CO_2 o 20 % (w stosunku do poziomu w roku 1990), zwiększeniu udziału odnawialnych źródeł energii do 20 % oraz zwiększeniu efektywności zużycia energii o 20 %;
4. ograniczeniu do 10% liczby osób przedwcześnie kończących naukę szkolną, przy równoczesnym wzroście osób z wyższym wykształceniem do 40%;
5. zmniejszeniu liczby osób zagrożonych ubóstwem o 20 mln.

Cele te są realizowane w ramach 7 projektów przewodnich:

1. „Unia innowacji" – projekt na rzecz poprawy warunków ramowych i dostępu do finansowania badań i innowacji, kreacji nowych produktów i usług, które z kolei mają przyczynić się do wzrostu gospodarczego i tworzenia nowych miejsc pracy;
2. „Młodzież w drodze" – projekt na rzecz poprawy wyników systemów kształcenia oraz ułatwiania młodzieży wejścia na rynek pracy;
3. „Europejska agenda cyfrowa" – projekt na rzecz upowszechnienia szybkiego Internetu i umożliwienia gospodarstwom domowym i przedsiębiorstwom czerpania korzyści z jednolitego rynku cyfrowego;
4. „Europa efektywnie korzystająca z zasobów" – projekt na rzecz uniezależnienia wzrostu gospodarczego od wykorzystania zasobów, przejścia na gospodarkę niskoemisyjną, większego wykorzystania odnawialnych źródeł energii, modernizacji transportu oraz propagowania efektywności energetycznej;
5. „Polityka przemysłowa w erze globalizacji" – projekt na rzecz poprawy otoczenia biznesu, szczególnie w odniesieniu do MŚP, oraz wspierania rozwoju silnej i

[26] Komunikat Komisji. Europa 2020 Strategia na rzecz inteligentnego i zrównoważonego rozwoju sprzyjającego włączeniu społecznemu, KOM(2010) 2020 wersja ostateczna, Bruksela 3.3.2010

zrównoważonej bazy przemysłowej, przygotowanej do konkurowania na rynkach światowych;

6. „Program na rzecz nowych umiejętności i zatrudnienia" – projekt na rzecz modernizacji rynków pracy i wzmocnienia pozycji obywateli poprzez rozwój kwalifikacji przez całe życie w celu zwiększenia współczynnika aktywności zawodowej i lepszego dopasowania popytu do podaży na rynku pracy, wzrostu mobilności siły roboczej;
7. „Europejski program walki z ubóstwem" – projekt na rzecz zapewnienia spójności społecznej i terytorialnej.

Zintegrowane wytyczne dotyczące tych programów są formułowane na szczeblu Unii Europejskiej. Poszczególnym krajom są przekazywane dokumenty robocze zawierające ocenę projektów strategii krajowych[27] oraz zalecenia Rady[28].

W ramach projektu przewodniego „Unia innowacji" na szczeblu UE przewidywane są m. in. działania w zakresie utworzenia europejskiej przestrzeni badawczej, opracowania strategicznego programu działalności badawczej skoncentrowanej wokół kwestii bezpieczeństwa energetycznego, transportu, zmian klimatu, efektywnego korzystania z zasobów, zdrowia i starzenia się społeczeństw, metody produkcji przyjaznych środowisku oraz gospodarowania gruntami i wzmocnienia roli wspólnego planowania z państwami członkowskimi i regionami. Zagadnienia te wchodzą w zakres działań badawczych i stosowanych nauki o geoinformacji, geoinformatyki, kartografii oraz (w nieco mniejszym stopniu) teledetekcji i fotointerpretacji. Na szczeblu krajowym za celowe uznano podejmowanie zadań związanych z organizacją kształcenia wyższego i rozwojem naukowym. Obejmują one m. in.:

- zreformowanie systemów prowadzenia działalności badawczo-rozwojowej i innowacyjnej, zacieśnianie współpracy między uczelniami, społecznością badawczą i biznesem, realizację wspólnego planowania oraz dostosowanie krajowych procedur finansowania w celu zapewnienia propagacji technologii na całe terytorium UE;
- zapewnienie odpowiedniej liczby absolwentów kierunków nauk ścisłych oraz wprowadzenie do programów szkolnych elementów kreatywności, innowacji i przedsiębiorczości;
- promowanie wydatków na wiedzę (m.in. za pomocą ulg podatkowych i innych instrumentów finansowych umożliwiających wzrost prywatnych inwestycji w badania i rozwój).

---

[27] W przypadku Polski, w roku 2014 był to „Dokument roboczy służb Komisji. Ocena krajowego programu reform i programu konwergencji na 2014 r. dla Polski" {COM(2014)422final}

[28] W roku 2014, w przypadku Polski był to dokument o tytule z błędem: „Zalecenie Rady w sprawie krajowego programu reform Polski na 2014 r. oraz zawierające opinię Rady na temat przedstawionego przez Polskę programu konwergencji na 2014 r."{SWD(2014)422 final} z 2 czerwca 2014 r. opublikowany również jako Zalecenie Rady z dnia 8 lipca 2014 r. w sprawie krajowego programu reform Polski na 2014 r. oraz zawierające opinię Rady na temat przedstawionego przez Polskę programu konwergencji na 2014 r. (2014/C 247/19) (Dz. U. UE, C 247 z 29.7.2014, s 97 – 101). Dokument ten zawiera wiele błędów tłumaczenia z języka angielskiego (np. „ograniczenia emisji i bioróżnorodności")

Dwa pierwsze spośród nich stanowią wyzwania organizacyjne stojące przed wszystkimi z badanych poddyscyplin. Ostatnie sygnalizuje natomiast potencjalny kierunek poszukiwań partnerów mogących w przyszłości współfinansować badania stosowane.

W projekcie przewodnim „Młodzież w drodze" na poziomie UE przewidziano realizację zadań dotyczących usprawnienia działania europejskich programów w zakresie mobilności, współpracy międzyuczelnianej i badawczej (m. in.: Erasmus, Erasmus Mundus, Tempus i Marie Curie) i ich integracji z programami i zasobami krajowymi, co może wpłynąć pozytywnie na działalność dydaktyczną w zakresie badanych poddyscyplin. Równocześnie zasygnalizowano potrzebę ożywienia programu modernizacji szkolnictwa wyższego (programów nauczania, zarządzania i finansowania), między innymi drogą porównywania wyników uczelni i rezultatów procesu kształcenia w skali globalnej. Kwestią otwartą jest jednak, jaki mechanizm zostanie przyjęty do oceny tak trudno mierzalnych stanów. Na szczeblu krajowym uznano za celowe zapewnienie przez rządy odpowiedniego poziomu inwestycji w systemy kształcenia i szkolenia na wszystkich poziomach. Równocześnie stwierdzono konieczność zwiększenia otwartości i znaczenia systemów kształcenia poprzez utworzenie krajowej struktury kwalifikacji i lepsze łączenie rezultatów procesu kształcenia z potrzebami rynku pracy.

Celem projektu przewodniego „CELEX_52010DC0245R(01)_PL_TXT.doc" (ang. CommunicationTheDigitalAgendaforEurope-DrivingEuropeangrowthdigitally.pdf fr. CommunicationUnestratgienumriquepourlEuropefairedunumriqueunmoteurdelacroissanceeuropenne.pdf) jest określenie roli, jaką powinny odegrać technologie informacyjno – komunikacyjne wykorzystujące szybki i bardzo szybki Internet i interoperacyjne aplikacje w celu uzyskania trwałych korzyści ekonomicznych i społecznych (Komunikat Komisji do Parlamentu Europejskiego, Rady, Europejskiego Komitetu Ekonomiczno-Społecznego i Komitetu Regionów. Europejska agenda cyfrowa, KOM (2014) 245 wersja ostateczna/2, Bruksela, dnia 26.8.2010). Zgodnie z założeniami przyjętymi w roku 2010 kraje członkowskie UE powinny zapewnić szerokopasmowy dostęp do Internetu dla wszystkich obywateli i podmiotów do roku 2013, a następnie – do roku 2020 dostęp do łączy o prędkości transmisji danych 30 Mb/s i więcej dla wszystkich oraz dostęp do łączy o prędkości powyżej 100 Mb/s dla co najmniej 50% europejskich gospodarstw domowych.

Na poziomie UE Komisja podjęła się m. in: opracowania stabilnych ram prawnych pobudzających inwestycje w zakresie infrastruktury szybkiego Internetu i powiązanych usług, opracowania skutecznej polityki widma radiowego, wprowadzenia ułatwień w zakresie korzystania z funduszy strukturalnych UE na potrzeby realizacji projektu, podejmowania działań prawnych i organizacyjnych na rzecz utworzenia jednolitego rynku treści i usług on-line, stworzenia koncepcji globalnego zarządzania Internetem oraz aktywnego wsparcia cyfryzacji europejskiego dziedzictwa kulturowego. Kraje członkowskie zostały zobowiązane m. in. do przygotowania strategii operacyjnych dotyczących szybkiego Internetu i kierowania środków publicznych na obszary nie w pełni obsługiwane przez inwestorów prywatnych, stworzenia ram prawnych służących koordynacji działań publicznych, wreszcie podejmowania działań w zakresie propagowania nowoczesnych usług on-line (m. in.: e-administracja, e-zdrowie, inteligentny dom, umiejętności informatyczne, bezpieczeństwo). Komisja zarekomendowała krajom członkowskim zaangażowanie się w projekty pilotażowe, mające na celu testowanie i opracowywanie innowacyjnych i interoperacyjnych rozwiązań w obszarach interesu publicznego. Zaleciła również podwojenie do roku 2020 rocznej kwoty wydatków publicznych na badania i rozwój technologii informacyjnych i komunikacyjnych z

kwoty 5,5, mld EUR do 11 mld EUR, w sposób, który ma pobudzić równoważny wzrost wydatków sektora prywatnego z 35 do 70 mld EUR. Perspektywa ta stwarza bardzo korzystne warunki dla prób pozyskiwania środków na prace badawcze i wdrożeniowe przez naukę o geoinformacji i geoinformatykę[29]. W Komunikacie (KOM (2014) 245, str. 22) został zawarty postulat opracowania map istniejącej infrastruktury pasywnej, która mogłaby zostać okablowana. Zadanie to mogłoby zostać zrealizowane przez specjalistów w zakresie geodezji i fotogrametrii (m. in. skaning laserowy). Komisja zwróciła uwagę na to, iż rządy mogą przyczyniać się do realizacji tego programu poprzez udostępnianie informacji sektora publicznego na przejrzystych i niedyskryminacyjnych warunkach. Postulat ten stawia przed badanymi poddyscyplinami pewne (częściowo już zrealizowane) wyzwania o charakterze organizacyjnym, prawnym i technicznym. Ich realizacja będzie łatwiejsza po wdrożeniu głównych dyrektyw wspierających jednolity rynek cyfrowy i w wyniku konsekwentnego stosowania europejskich ram interoperacyjności. Autorzy komunikatu zwrócili uwagę na konieczność zacieśnienia współpracy pomiędzy sektorem TIK (technologii informacyjnych i komunikacyjnych) a innymi sektorami w zakresie rozwiązań opartych na inteligentnych sieciach oraz inteligentnych systemach transportowych (którymi w Polsce zajmują się naukowo specjaliści w zakresie nauki o geoinformacji, kartografowie i geodeci), jak również na transgranicznych usługach w zakresie e-środowiska (stanowiących przedmiot zainteresowania specjalistów w zakresie nauki o geoinformacji).

W ramach projektu przewodniego „Europa efektywnie korzystająca z zasobów" Komisja UE zobowiązała się m. in. do:

- przedstawienia wniosków legislacyjnych dotyczących modernizacji sektora transportu i zmniejszenia jego udziału w emisji związków węgla (m. in. drogą tworzenia infrastruktury sieci mobilności elektrycznej, inteligentnego zarządzania ruchem);
- przyspieszenia realizacji strategicznych projektów, mających na celu rozładowanie największych przeciążeń, przede wszystkim na odcinkach transgranicznych i w węzłach intermodalnych (miasta, porty, platformy logistyczne);
- przedstawienia wniosku w sprawie unowocześnienia sieci europejskich, w tym transeuropejskich sieci energetycznych i ich transformacji w kierunku europejskiej „super sieci", sieci inteligentnych i połączeń międzysystemowych, przy wsparciu z projektów inwestycyjnych w regionie Morza Bałtyckiego.

Działania te mogą przyczynić się do zaistnienia ciekawych prac badawczych i aplikacyjnych dla specjalistów w zakresie nauki o geoinformacji, kartografii, teledetekcji i fotogrametrii.

Część zadań związanych z projektem przewodnim „Polityka przemysłowa w erze globalizacji", zwłaszcza dotyczących wsparcia dla sieci transportowych i logistycznych może stanowić asumpt dla prac badawczych i stosowanych z udziałem specjalistów w zakresie nauki o geoinformacji, geoinformatyki, kartografii, teledetekcji i fotogrametrii. Komisja UE zobowiązała się opracować skuteczną politykę kosmiczną m. in. w zakresie projektu Galileo oraz globalnego monitoringu środowiska i bezpieczeństwa, co może wpłynąć na możliwości

[29] Perspektywa rozwoju sektora technologii informacji i komunikacji stwarza również popyt na wykwalifikowanych pracowników. Jak wynika z komunikatu już w roku 2015 w krajach UE może zabraknąć wykwalifikowanych pracowników do obsadzenia około 700 000 miejsc pracy w sektorze informatycznym.

rozwoju badań stosowanych w zakresie nauki o geoinformacji, teledetekcji, fotogrametrii i kartografii.

W ramach „Programu na rzecz nowych umiejętności i zatrudnienia" Komisja UE zadeklarowała m. in. opracowanie strategicznych ram prawnych dotyczących współpracy w dziedzinie kształcenia i szkolenia z udziałem wszystkich zainteresowanych podmiotów. Wynikiem tych działań powinno być przede wszystkim powszechne wdrożenie zasad nauczania ustawicznego, które jest już wymagane w niektórych krajach w przypadku pewnych specjalności. Kwestie związane z tym priorytetem powinny zainteresować specjalistów w zakresie wszystkich badanych poddyscyplin. Należy dodać, iż Komisja UE będzie podejmowała działania w zakresie wypracowania europejskich zasad ramowych, dotyczących umiejętności, kompetencji i zawodów (ESCO). Będzie również wymagać opracowania krajowych ram kwalifikacji.

Projekt przewodni „Europejski program walki z ubóstwem" obejmuje na szczeblu krajowym m. in. działania mające na celu rozwiązanie problemów grup szczególnie zagrożonych (rodziców samotnie wychowujących dzieci, starszych kobiet, mniejszości, Romów, osób niepełnosprawnych i bezdomnych). Realizacja zadań operacyjnych związanych z tymi działaniami będzie wymagać zaangażowania specjalistów w zakresie nauki o geoinformacji i kartografów.

Dokument „csr2014_council_poland_pl.pdf" (2014/C 247/19) (Dz. U. UE, C 247 z 29.7.2014, s 97 – 101) sygnalizuje potrzebę podjęcia w latach 2014 – 2015 działań mających na celu m. in. zwiększenie wysiłków na rzecz zmniejszenia bezrobocia osób młodych, w szczególności drogą lepszego dostosowania edukacji do potrzeb rynku pracy, zwiększenie dostępności programów przyuczania do zawodu i uczenia się poprzez praktykę, jak również zacieśnienie współpracy między szkołami wyższymi a pracodawcami. Działania te dotyczą wszystkich z badanych poddyscyplin. Zalecenia z 8 lipca 2014 r. obejmują również sprawę przyspieszenia i rozszerzenia rozbudowy sieci elektroenergetycznej w tym transgranicznych połączeń międzysystemowych z sąsiednimi państwami członkowskimi oraz budowę gazociągu międzysystemowego z Litwą, wreszcie zapewnienie skutecznej realizacji projektów inwestycyjnych w dziedzinie kolejnictwa. Zadania te mogą stanowić asumpt do prac wykonawczych dla specjalistów z zakresu nauki o geoinformacji, geoinformatyki, geodezji, kartografii oraz fotogrametrii (zwłaszcza w zakresie skanowania laserowego).

Jak wynika z przeprowadzonej analizy, prawo unijne wywiera stymulujący i wielostronny wpływ na rozwój wszystkich spośród badanych poddyscyplin. W przypadku relacji z badanymi poddyscyplinami wpływ prawa ma charakter zarówno bezpośredni, polegający na wskazaniu zadań które powinna zrealizować określona poddyscyplina lub sposobu ich realizacji (z czym wiąże się podanie w regulacji prawnej zakresu zadań, minimalnych wymagań technicznych, przewidywanego czasu, lecz również określenie sposobu finansowania), jak również pośredni – w sytuacji gdy zakres zadań podanych w regulacji wymaga współpracy kilku poddyscyplin, nie zawsze wymienionych z nazwy (np. regulacje dotyczące statystyk rolnych, kontroli działalności rolniczej, połowowej, monitorowania statków, infrastruktury informacji przestrzennej we Wspólnocie Europejskiej, ryzyka powodziowego). Regulacje prawne Unii Europejskiej inicjują międzynarodowe programy badawcze (np. Copernicus), w wielu przypadkach przyspieszają również decyzje polityczne

dotyczące podejmowania realizacji projektów na szczeblu krajowym (m. in. IIP, ISOK). Zobowiązują zespoły ekspertów poszczególnych poddyscyplin do wypracowania założeń, metod i szczegółowych specyfikacji dotyczących realizacji nowych zadań, przyczyniając się tym samym równocześnie do rozwoju badanych poddyscyplin oraz do wypracowania cennej wartości dodanej (m. in. harmonizacji danych przestrzennych, rozwoju usług danych przestrzennych, metadanych, zasad wielokrotnego wykorzystania danych), wreszcie stwarzają bodźce do współpracy pomiędzy poddyscyplinami. Lektura tych regulacji może skłaniać do opinii o znacznym wzroście w realiach prawnych Unii Europejskiej roli nauki o geoinformacji jako poddyscypliny integrującej działania innych badanych poddyscyplin.

Prawo Unii Europejskiej w wielu przypadkach wywiera wpływ na formułowanie przepisów krajowych dotyczących działań badanych poddyscyplin (dotyczy to zwłaszcza dyrektywy INSPIRE i dyrektywy powodziowej). W pewnych specyficznych sytuacjach poprzez oddziaływanie na sytuację prawną w krajach członkowskich powoduje zwrotną inicjatywę prawną na szczeblu UE. W przypadku badanych poddyscyplin dotyczy to kwestii zawodów chronionych.

Regulacje prawne UE wymagają tłumaczenia na języki krajów członkowskich. Doświadczenia dotyczące badanych poddyscyplin wskazują (wzorem niektórych krajów) na zasadność włączenia przedstawicieli badanych poddyscyplin do weryfikacji tych tłumaczeń, w celu uniknięcia niejednoznaczności lub błędnej interpretacji tych aktów prawnych.

Działania prawne, organizacyjne i finansowe związane z akcesją przyczyniły się do realizacji wielu projektów, dzięki którym możliwe było prowadzenie wybranych działań o charakterze dostosowawczym w zakresie szeroko rozumianej infrastruktury badanych poddyscyplin.

Dokumenty strategiczne Unii Europejskiej, precyzujące istotne kierunki działań w zakresie badanych poddyscyplin, wpływają stymulująco na rozwój tych ostatnich, zarówno z uwagi na zawarte w nich zobowiązania Komisji UE do wspierania międzynarodowych programów badawczych, jak również ze względu na zobowiązania krajów członkowskich do przygotowania strategii operacyjnych dotyczących zakresów tematycznych badanych poddyscyplin. Dodatkowym narzędziem są tu Zalecenia Rady, precyzujące sposób rozwiązywania zagadnień szczegółowych.

11. Kierunki rozwoju dyscypliny wynikające ze strategii rozwoju kraju (D. Dukaczewski)

Jak wynika z przeprowadzonej analizy, możliwe jest podjęcie próby identyfikacji ogólnych kierunków rozwoju geoinformacji na podstawie następujących dokumentów dotyczących strategii rozwoju kraju:

- KSRR_13_07_2010.pdf 2010, Dokument przyjęty przez Radę Ministrów dnia 13 lipca 2010 r.;
- *02_Strategia_Rozwoju_Kraju_2020.docx*, Ministerstwo Rozwoju Regionalnego, Warszawa, wrzesień 2012 r., 322 s.;
- *03_SSP-20-12-2012.docx*, Projekt załącznika do uchwały Rady Ministrów, Warszawa, 20 grudnia 2012 r.;
- Strategia-DSRK-PL2030-RM.pdf, Warszawa, 11 stycznia 2013;
- *05_POPT_2014-2020_ver_40_10012014.docx*, Projekt, wersja 4.0, Ministerstwo Infrastruktury i Rozwoju, Warszawa, 5 grudnia 2013 r.;
- POIR_do_KE_10012014.pdf, Warszawa, styczeń 2014 r.;
- *POIS_2014_2020_08012014.pdf*, (Projekt), Ministerstwo Infrastruktury i Rozwoju, Warszawa, 8 stycznia 2014 r.;
- *POPC_4_0_8_01_14_ost_10012014.pdf*, wersja 4.0, Warszawa, 8 stycznia 2014 r.;
- 09_PO_WER_08012014.docx, Ministerstwo Infrastruktury i Rozwoju, Unia Europejska, Europejski Fundusz Społeczny, wersja z dnia 08. 01. 2014 r.;
- *M20120252-1.pdf*, Załącznik do uchwały Rady Ministrów z dnia 13 grudnia 2011 r. (Monitor Polski, Warszawa, dnia 27 kwietnia 2012 r. Poz. 252);
- *Kosmos-Program działań RM-26.06.12.pdf,* Ministerstwo Gospodarki, Warszawa, czerwiec 2012 r.;
- *9705dd8116fa2dc.doc,* Ministerstwo Gospodarki (projekt), Warszawa, 2013 r.

Należy podkreślić, iż żadnym z wymienionych dokumentów nie pojawił się bezpośrednio termin, „geoinformacja” lub „nauka o geoinformacji”, „geoinformatyka”, „informacja przestrzenna”, „baza danych”, „mapa”. Nie wymieniono w nich również (co jest zrozumiałe z uwagi na charakter opracowań) nazw poddyscyplin będących przedmiotem raportu[30]. Termin „dane” pojawia się tam w odniesieniu do zagadnień makroekonomicznych i społecznych, zaś

[30] W kontekście zaleceń dotyczących roli dyscyplin w procesie edukacji zwrócono natomiast uwagę na potrzebę wzmocnienia znaczenia matematyki, nauk przyrodniczych (co może być rozumiane przez niektórych czytelników w sensie bardzo wąskim) oraz języków obcych.

termin „infrastruktura" jest używany jedynie w odniesieniu do sprzętu i stałych elementów majątku narodowego. Nie ulega jednak wątpliwości, iż strategia rozwoju kraju zarysowana w tych dokumentach zawiera *implicite* cenne uwagi dotyczące możliwości, roli i kierunków rozwoju geoinformatyki i innych poddyscyplin w Polsce na przestrzeni najbliższych dekad.

KSRR_13_07_2010.pdf jest dokumentem określającym cele i sposób działania podmiotów publicznych (zwłaszcza rządu i samorządów województw) dla osiągnięcia strategicznego celu rozwoju kraju, jakim jest efektywne wykorzystywanie specyficznych regionalnych oraz terytorialnych potencjałów rozwojowych dla osiągania wzrostu gospodarczego, zatrudnienia i spójności w horyzoncie długookresowym. Dokument wyznacza cele polityki rozwoju regionalnego obszarów wiejskich i miejskich, oraz definiuje ich relacje w odniesieniu do innych celów polityki publicznej o ukierunkowaniu terytorialnym[31]. Wśród obszarów strategicznych wyzwań wymieniono m. in:

- zwiększenie potencjału do tworzenia, dyfuzji i absorpcji innowacji;
- ochronę i racjonalne wykorzystanie zasobów przyrodniczych.
- wykorzystanie potencjału kulturowego i turystycznego dla rozwoju regionalnego
- zapewnienie odpowiedniej infrastruktury transportowej i teleinformatycznej do wspierania konkurencyjności i zapewniającej spójność terytorialną kraju;
- podwyższenie zdolności instytucjonalnej do zarządzania rozwojem na poziomie krajowym i regionalnym.

Nie ulega wątpliwości, iż jednym z tego typu rozwiązań szczegółowych (spełniających postulat dyfuzji i absorpcji innowacji) mogłaby być rozbudowa regionalnych infrastruktur informacji przestrzennej szczebla wojewódzkiego i lokalnego (powiatowego i miejskiego), pozostająca w ścisłej łączności z tworzoną IIP. Infrastruktury te mogłyby wykorzystać istniejące, niekiedy dosyć rozbudowane lokalne zasoby informacji przestrzennej (6-Dukaczewski.doc; Baranowski, M., Bielecka, E., Dukaczewski, D., 2010; 36-Dukaczewski-inni2012.doc) z zasobami centralnymi. Zasób lokalny danych przestrzennych mógłby zostać rozbudowany o zbiory danych generowane przez służbę geodezyjno – kartograficzną, jak również powstałe w wyniku współpracy specjalistów z zakresu teledetekcji, fotogrametrii, kartografii i nauki o geoinformacji. Równie istotne jest rozwijanie usług danych przestrzennych.

Autorzy KSRR zwrócili uwagę, iż poza niską dostępnością technologii teleinformatycznych i usług świadczonych drogą elektroniczną istotną barierą wpływającą hamująco na rozwój gospodarczy i postępującą marginalizację jest również bariera psychologiczna ograniczająca wykorzystanie nowoczesnych technologii. Problem ten próbowano rozwiązać (ze stosunkowo dobrym, lecz ograniczonym rezultatem) we Francji na początku lat 90 – tych, tworząc oprogramowanie do prostych przetworzeń danych satelitarnych przeznaczone dla uczniów szkół średnich, a także (z bardzo dobrym skutkiem) w drugiej połowie lat 90 – tych w Hiszpanii, gdzie do programów szkolnych przedmiotu geografia wprowadzono prace domowe wymagające wykorzystania danych pochodzących z narodowej infrastruktury

[31] W sposób zgodny z zaproponowanym w Zielonej Księdze w sprawie spójności terytorialnej – przekształcenie różnorodności terytorialnej w siłę (Green Paper on Territorial Cohesion. Tuning territorial diversity into strength, COM(2008)616, COM (2008) 616, z dn. 6.10.2008 r.)

danych przestrzennych oraz danych dostępnych za pośrednictwem narodowego geoportalu i geoportali regionalnych.

Autorzy KSRR podkreślają fundamentalne znaczenie podejmowania decyzji na podstawie rzetelnych informacji. Dlatego też kluczowe znaczenie ma prowadzenie polityki w oparciu o zdobyte doświadczenia, zgromadzone dane, wnioski, rekomendacje, analizy, ocenę jej efektywności i skuteczności. To zaś wymaga stworzenia odpowiedniego zaplecza analitycznego oraz przejrzystego oraz sprawnego systemu monitorowania i ewaluacji polityki regionalnej. Zadanie to może zostać zrealizowane przez specjalistów w zakresie nauki o geoinformacji we współpracy ze specjalistami w zakresie geodezji, kartografii, fotogrametrii, teledetekcji oraz planowania przestrzennego.

Autorzy dokumentu zalecają w podsumowaniu, aby samorządy województw analizowały trendy i sytuację w zakresie rozwoju regionalnego i przestrzennego na poziomie regionalnym oraz czuwały nad właściwym przebiegiem realizacji polityki regionalnej przez tworzenie i wykorzystanie odpowiednich mechanizmów monitorowania i ewaluacji, co ma służyć zwiększeniu efektywności i skuteczności realizowanych działań prorozwojowych. Wśród związanych z tym działań wymienili m. in.: budowę systemów informacji przestrzennej i regionalnej oraz przygotowywanie analiz społeczno-gospodarczych i przestrzennych, ocen, oraz scenariuszy rozwoju na poziomie regionu, co stwarza szerokie pole do działań dla specjalistów z zakresu nauki o geoinformacji.

Dokument **Strategia_Rozwoju_Kraju_2020.pdf** jest elementem nowego systemu zarządzania rozwojem kraju, którego fundamenty zostały określone w znowelizowanej D20061658Lj.pdf (Dz. U. z 2009 r. Nr 84, poz. 712, z późn. zm.) oraz w przyjętym przez Radę Ministrów 27 kwietnia 2009 r. dokumencie *Założenia systemu zarządzania rozwojem Polski.* ***Strategia Rozwoju Kraju 2020*** **(ŚSRK)** wytycza obszary strategiczne, w których koncentrować się będą główne działania oraz określa, jakie interwencje są niezbędne w perspektywie średniookresowej w celu przyspieszenia procesów rozwojowych. ŚSRK stanowi tym samym odniesienie dla nowej generacji dokumentów strategicznych przygotowywanych w Polsce na potrzeby programowania środków Unii Europejskiej na lata 2014-2020. Autorzy wyróżnili 3 główne obszary strategiczne(I sprawne i efektywne państwo, II konkurencyjna gospodarka, III spójność społeczna i terytorialna), 13 celów i 62 priorytety rozwojowe.

W ramach priorytetu I.1.3. *Wprowadzenie jednolitych zasad e-gov w administracji (e-administracja)* autorzy przewidzieli utworzenie w okresie do 2015 r. centralnej platformy przepływu informacji pomiędzy instytucjami publicznymi, pomiędzy instytucjami a jednostkami/obywatelami i podmiotami, służącej poprawie wewnętrznego obiegu informacji oraz komunikacji z obywatelem, zaś w okresie do 2020 r. realizację działań mających na celu cyfryzację administracji publicznej, umożliwiającą uproszczenie procesów administracyjnych oraz tworzenie uporządkowanych cyfrowych zasobów wiedzy (elektroniczne rejestry i dokumenty) oraz digitalizację zasobów analogowych. Realizacja tych zadań wymaga m. in. zakończenia procesu cyfryzacji i harmonizacji istniejących zbiorów danych w rejestrach prowadzonych przez służbę geodezyjną (m. in. EGIB, GESUT).

Priorytet I.1.5. *Zapewnienie ładu przestrzennego* przewidywał wprowadzenie w okresie w okresie do 2015 r. obowiązku sporządzania aktów planowania przestrzennego w technice

cyfrowej[32]. Do roku 2020 przewidywane jest uruchomienie cyfrowego systemu danych o planach zagospodarowania przestrzennego, co może wymagać wsparcia ze strony specjalistów z zakresu nauki o geoinformacji. Do roku 2020 mają zostać również przeprowadzone działania, mające na celu delimitacje obszarów funkcjonalnych na poziomie krajowym i regionalnym. Jego realizacja będzie wymagać współpracy planistów, specjalistów w zakresie nauki o geoinformacji, geoinformatyków, kartografów, teledetekcjonistów i fotogrametrów. W okresie 2012 – 2015 przewidziano wypracowanie metody analizy wpływu polityk publicznych na zmiany struktur przestrzennych opartej o technologie satelitarne. Realizacja tego działania miała prowadzić w okresie 2016 – 2020 do wprowadzenia systemu monitoringu przebiegu zjawisk przestrzennych i wpływu polityk publicznych opartego na europejskiej i krajowej infrastrukturze informacji przestrzennej. Do roku 2020 zostały zaplanowane działania mające na celu budowę i rozwijanie krajowej infrastruktury informacji przestrzennej, które stawiają szereg zadań przed specjalistami w zakresie nauki o geoinformacji, kartografii, geodezji, geodynamiki, teledetekcji i fotogrametrii. Horyzont czasowy roku 2020 został również podany w przypadku działań w zakresie tworzenia gminnych zasobów nieruchomości (wymagających silnego zaangażowania specjalistów w zakresie nauki o geoinformacji, geoinformatyków i geodetów) oraz mających na celu wprowadzenie rozwiązań sprzyjających efektywniejszemu wykorzystaniu przestrzeni (co wymaga współpracy specjalistów w zakresie nauki o geoinformacji, kartografów, geodetów, teledetekcjonistów i fotogrametrów).

W ramach priorytetu I.3.2. *Rozwój kapitału społecznego* przewidziano do roku 2012 m. in. budowę *platformy wymiany informacji i doświadczeń,* odnoszących się do kierunków działań państwa. Ma ona zapewnić przepływ informacji, możliwości korzystania z utworzonej elektronicznej bazy informacyjnej, ośrodka koordynacyjnego oraz udziału w konsultacjach dotyczących prac regulacyjnych. W tym samym okresie przewidziano zakończenie prac w zakresie zdefiniowania i wdrożenia ogólnych zasad prowadzenia konsultacji społecznych z szerszym wykorzystaniem narzędzi cyfrowych (np. konsultacji on-line, e-petycji itd.). Realizacja tych dwóch działań wymagałaby współdziałania specjalistów w zakresie nauki o geoinformacji, geoinformatyków, geodetów, kartografów, specjalistów w zakresie planowania przestrzennego, teledetekcji i fotogrametrii.

Priorytet I.3.3. *Zwiększenie bezpieczeństwa obywatela* obejmuje w okresie do 2020 r. m. in. działanie dotyczące budowy w ramach systemu bezpieczeństwa wewnętrznego nowego podsystemu ochrony ludności przeciwdziałającego niebezpieczeństwom wynikającym z rozwoju cywilizacyjnego, anomalii pogodowych, systemu ochrony wobec zagrożeń terrorystycznych i przestępczości oraz innych negatywnych zjawisk o szerokim zasięgu. Jego realizacja wymaga przygotowania i wdrożenia nowoczesnych rozwiązań organizacyjno-prawnych i finansowych; przygotowania i realizacji programów służących zintegrowaniu w nowoczesny system bezpieczeństwa wewnętrznego i usprawnieniu systemów przeciwdziałania i zwalczania przestępczości zorganizowanej, korupcji, systemu antyterrorystycznego, systemu zarządzania kryzysowego. Zadania związane z tym działaniem będą wymagały wypracowania zasad współpracy wieloresortowej. W realizacji

[32] Stosownie do § 9.1. rozporządzenia Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej i Ministra Rozwoju Regionalnego z dnia 5 sierpnia 2013 r. *w sprawie planów zagospodarowania przestrzennego polskich obszarów morskich* (Dz. U. 2013, poz. 1051, z 10.09.2013, pp.1–9) „część graficzną planu [przestrzennego zagospodarowania] sporządza się w formie cyfrowego opracowania kartograficznego”

tych działań celowe byłoby uwzględnienie udziału specjalistów w zakresie nauki o geoinformacji, geoinformatyki, geodezji, geodynamiki, kartografii, teledetekcji, fotogrametrii.

W ramach priorytetu II.2.4. *Poprawa warunków ramowych dla prowadzenia działalności gospodarczej* w okresie 2016 – 2020 przewidziano działania w zakresie rozwoju cyfrowych usług publicznych, które mogą stanowić asumpt do realizacji zadań przez specjalistów z zakresu nauki o geoinformacji, geoinformatyki, geodezji, kartografii, teledetekcji i fotogrametrii. Realizacji tych zadań mają sprzyjać działania na rzecz rozwoju infrastruktury teleinformatycznej, w tym łączy szerokopasmowych (priorytet II.3.4. *Zwiększenie wykorzystania rozwiązań innowacyjnych*) oraz rozwój technologii szybkiego i bardzo szybkiego Internetu (priorytet II.5.1. Zapewnienie powszechnego dostępu do Internetu).

Stosownie do założeń zawartych w ramach priorytetu II.4.2. *Poprawa jakości kapitału ludzkiego* w okresie do roku 2020 przewidziane zostały działania w zakresie doposażenia pracowni szkół i placówek dydaktycznych oraz upowszechnianie edukacji cyfrowej, co może pozwolić na wdrożenie w przyszłości do programów szkolnych wątków dotyczących wykorzystania informacji przestrzennej, dostępnej za pośrednictwem geoportali. Działania dotyczące rozwijania kompetencji cyfrowych poprzez powszechny program edukacji cyfrowej obywateli (priorytet II.5.2. *Upowszechnienie wykorzystania technologii cyfrowych)* mogą pozwolić na rozszerzenie grup użytkowników geoportali i ugruntowanie praktyk w zakresie korzystania z udostępnianych za ich pośrednictwem zharmonizowanych zbiorów danych przestrzennych i ich wielokrotnego wykorzystania. Celowe byłoby zatem wypracowanie odpowiednich programów dydaktycznych przez specjalistów z zakresu nauki o geoinformacji, geoinformatyki, kartografii, geodezji, geodynamiki, teledetekcji i fotogrametrii. W ramach priorytetu II.4.2. *Poprawa jakości kapitału ludzkiego* na okres do roku 2020 przewidziano podnoszenie kwalifikacji i umiejętności kadry, obejmujące wprowadzenie modelu kształcenia kładącego nacisk na pracę zespołową oraz doświadczenie praktyczne, jak również wykorzystanie nowoczesnych technologii. Uwzględnienie tego działania może stanowić asumpt do przygotowania przez specjalistów wszystkich wymienionych wyżej poddyscyplin programów szkoleń ustawicznych dla nauczycieli akademickich i szkolnych. Inicjatywa ta byłaby tym cenniejsza, iż wymóg uczestnictwa w specjalistycznych szkoleniach ustawicznych istnieje w przypadku szeregu krajów Unii Europejskiej (D. Dukaczewski, 2003). nauczycielskiej Fundamentalne znaczenie dla wszystkich poddyscyplin ma również przewidziane w ramach priorytetu II.5.3. *Zapewnienie odpowiedniej jakości treści i usług cyfrowych* otwarcie cyfrowych zasobów publicznych, w tym digitalizacja tych analogowych zasobów publicznych, które mają duże znaczenie, a powstały przed okresem powszechnej cyfryzacji.

W ramach celu II.6. *Bezpieczeństwo energetyczne i środowisko* uwzględniono wiele priorytetowych kierunków interwencji mogących stanowić asumpt do rozwoju poddyscyplin będących przedmiotem opracowania w warunkach rozbudowanej współpracy interdyscyplinarnej. Priorytet II.6.1. *Racjonalne gospodarowanie zasobami* obejmuje w latach 2016 – 2020 działania w zakresie tworzenia warunków ochrony korytarzy ekologicznych (w tym tworzenie tzw. zielonej infrastruktury na terenach poza systemem Natura 2000), które może stanowić bardzo interesujące zadanie do analiz interdyscyplinarnych z udziałem specjalistów z zakresu nauki o geoinformacji, kartografii, teledetekcji i geodezji. W ramach priorytetu II.6.4. *Poprawa stanu środowiska*, w okresie do 2020 r. przewidywana jest realizacja działań mających na celu określenie sposobów eliminowania konfliktów przyrodniczo-przestrzennych i barier dla zrównoważonego rozwoju

oraz minimalizowanie negatywnych skutków ewentualnych kolizji powstających w związku z realizacją programów rozwojowych i planów zagospodarowania przestrzennego a obszarami chronionymi (w tym Natura 2000). Zadania te mogłyby stanowić przedmiot bardzo interesującej współpracy pomiędzy specjalistami w zakresie nauki o geoinformacji, kartografii, teledetekcji, planowania przestrzennego oraz ochrony środowiska. Realizacja działań przeciwpowodziowych przewidziana w ramach priorytetu *II.6.5. Adaptacja do zmian klimatu* może stanowić asumpt do bardzo ciekawej współpracy pomiędzy specjalistami w zakresie nauki o geoinformacji, geodezji, geodynamiki, kartografii, fotogrametrii i teledetekcji z hydrologami, klimatologami i meteorologami.

Priorytet II.7.2. *Modernizacja i rozbudowa połączeń transportowych* obejmuje działania dotyczące m. in: budowy podstawowej sieci autostrad i dróg ekspresowych łączących Warszawę z miastami wojewódzkimi; modernizacji dróg krajowych (głównie w ramach sieci TEN-T); realizacji programu budowy obwodnic dużych miejscowości i programu „uspokajania" ruchu na drogach przechodzących przez miasta i mniejsze miejscowości; realizacji dużych projektów modernizacyjnych głównych linii kolejowych oraz infrastruktury uzupełniającej (w tym dworców kolejowych); modernizacji i rozbudowy sieci istniejących portów lotniczych (wraz z infrastrukturą nawigacyjną); budowy i modernizacji terminali logistycznych i centrów intermodalnych. Wszystkie spośród tych działań (podobnie jak budowa obwodnic dużych miast, uwzględniona w priorytecie II.7.3*. Udrożnienie obszarów miejskich*) wymagają udziału specjalistów w zakresie geodezji, geodynamiki, fotogrametrii (zwłaszcza skaningu laserowego) oraz kartografii. W ramach priorytetu II.7.3 uwzględniono również działania w zakresie wdrożenia zaawansowanych technik zarządzania i sterowania ruchem w dużych miastach, jak również zorganizowania sprawnego przemieszczania osób i towarów wewnątrz miasta oraz ułatwienia dostępu do i z obszarów pozamiejskich, które mogą stanowić bardzo ciekawe zadanie do współpracy interdyscyplinarnej pomiędzy specjalistami w zakresie nauki o geoinformacji, geoinformatykami, kartografii, fotogrametrii oraz ekspertami w zakresie transportu miejskiego.

W ramach priorytetu III.2.1. *Podnoszenie jakości i dostępności usług publicznych* w okresie do roku 2020 zostały przewidziane działania dotyczące zwiększenia dostępu do usług (e-edukacja, e-zdrowie, e-kultura itp.) poprzez cyfryzację zasobów, co może stanowić ciekawą kontynuację prac w tym zakresie realizowanych już w Polsce przez kartografów, fotogrametrów, geodetów i specjalistów w zakresie nauki o geoinformacji oraz geoinformatyki.

Dokument ***SSP-20-12-2012.pdf*** stanowi projekt załącznika do uchwały Rady Ministrów. Jego autorzy nawiązali do modelu państwa optimum, opisywanego również jako *open government* lub *smart government*[33]*,* propagowanego przez Fundację Forda i firmę Hewlett*.* Opracowanie SSP wynikało z przyjętego przez Radę Ministrów w dniu 24 listopada 2009 r. dokumentu *Plan uporządkowania strategii rozwoju*, który wprowadził działania porządkujące w obszarze obowiązujących dokumentów strategicznych i ograniczył liczbę strategii z 42 do 9 nowych strategii rozwoju (tzw. strategii zintegrowanych) realizujących średniookresową strategię rozwoju kraju i długookresową strategię rozwoju kraju. Celem głównym SSP jest „zwiększenie skuteczności i efektywności państwa otwartego na współpracę z obywatelami". W celu jego osiągnięcia konieczna jest realizacja 7 celów szczegółowych (*1*

[33] *Opening government, A guide to best practice in transparency, accountability and civic engagement across the public sector,* Open Society Foundation, 2011

Otwarty rząd, 2, Zwiększenie sprawności instytucjonalnej państwa, 3 Skuteczne zarządzanie i koordynacja działań rozwojowych, 4 Dobre prawo, 5 Efektywne świadczenie usług publicznych, 6 Skuteczny wymiar sprawiedliwości i prokuratura, 7 Zapewnienie wysokiego poziomu bezpieczeństwa i porządku publicznego) oraz 32 zidentyfikowanych kierunków interwencji.

W ramach kierunku interwencji *1.1. Otwarcie zasobów sektora publicznego* przewiduje się działania mające na celu *1.1.1.Wprowadzenie zasady pełnego i otwartego dostępu oraz możliwości ponownego wykorzystywania informacji publicznej.* W celu systematyzowania wiedzy i zwiększenia zainteresowania działalnością państwa autorzy przewidują rozważenie utworzenia platformy internetowej informującej obywateli w sposób syntetyczny i systematyczny o podejmowanych działaniach i przyczynach decyzji podejmowanych przez organy administracji publicznej, funkcjonowaniu państwa i wyzwaniach rozwojowych kraju, w tym o podejmowanych przedsięwzięciach.

W zakresie zapewnienia dostępności i możliwości ponownego wykorzystywania danych publicznych, jako szczególnej formy informacji publicznej, autorzy przewidzieli działania skoncentrowane na:

- utworzeniu repozytorium danych publicznych, stanowiącego pojedynczy punkt dostępu do systemu sfederowanych repozytoriów publicznych;
- zidentyfikowaniu, jakiego rodzaju dane publiczne należy udostępniać, ze względu na ich przydatność dla obywateli lub organizacji z drugiego i trzeciego sektora;
- zapewnieniu poprzez repozytorium faktycznego dostępu do danych publicznych oraz stworzeniu mechanizmów ich regularnej aktualizacji;
- określeniu i wdrożeniu otwartych standardów gwarantujących przydatność i możliwość wykorzystania danych, w szczególności zapewniające możliwość maszynowego przetwarzania danych oraz dostępności zasobów dla osób z różnymi rodzajami niepełnosprawności.

W ramach tego samego kierunku interwencji autorzy przewidzieli działania mające na celu *1.1.2. Zapewnienie otwartości i dostępności pod kątem osób niepełnosprawnych serwisów informacyjnych administracji publicznej oraz tworzonego na jej potrzeby oprogramowania.*

W ramach kierunku interwencji 2.*3. Efektywne i funkcjonalne urzędy administracji publicznej* autorzy przewidzieli działania *2.3.2. Efektywne wykorzystanie nowoczesnych technologii cyfrowych.* Działania te, zdaniem autorów powinny obejmować:

- usprawnienie koordynacji i przepływu informacji między urzędami administracji centralnej i wojewódzkiej (drogą stworzenia międzyresortowego systemu obiegu dokumentów, w zamkniętej sieci teleinformatycznej *typu extranet*, który umożliwi szybki i bezpieczny przepływ informacji między resortami, urzędami organów centralnych i urzędami wojewódzkimi, jak również do wprowadzenia automatycznej wymiany informacji między podmiotami na różnym szczeblu i o różnych kompetencjach);
- budowę platform współpracy między urzędami administracji publicznej na wszystkich szczeblach administracji rządowej;

- utworzenie sieci wymiany danych na potrzeby administracji publicznej w oparciu o istniejącą Ogólnopolską Sieć Teleinformatyczną (OST112);
- upowszechnianie systemów elektronicznego zarządzania dokumentacją;
- udostępnienie jak najszerszego zakresu usług publicznych świadczonych drogą elektroniczną;
- standaryzację oraz wzrost liczby elektronicznych usług publicznych świadczonych przez administrację samorządową oraz zespoloną administrację rządową w województwie.

Autorzy zwrócili uwagę, iż warunkiem niezbędnym do realizacji tych działań jest zapewnienie wysokiej interoperacyjności wszystkich systemów informatycznych oraz rejestrów publicznych.

W ramach kierunku interwencji 3*.2. Skuteczny system zarządzania rozwojem kraju* autorzy przewidzieli celowość realizacji działań mających na celu *3.2.2. Zapewnienie ładu przestrzennego.* Zaliczyli do nich m. in. wprowadzenie zintegrowanego (hierarchicznego i skoordynowanego) systemu planowania społeczno – gospodarczego i przestrzennego, obejmującego wprowadzenie planowania w obszarach funkcjonalnych. Opracowanie wyznaczania tych obszarów wymagałoby ścisłej współpracy pomiędzy specjalistami w zakresie planowania przestrzennego a kartografami, specjalistami w zakresie nauki o geoinformacji oraz fotogrametrii i teledetekcji.

W ramach tego samego kierunku interwencji przewidziano zespół działań *3.2.3. Wspieranie rozwoju wykorzystania informacji przestrzennej z wykorzystaniem technologii cyfrowych*. Obejmuje on kontynuację działań w zakresie harmonizacji zbiorów danych przestrzennych i usług oraz udostępnianie ich za pośrednictwem geoportalu Geoportal.gov.pl.

Autorzy SSP uznali za zasadne podjęcie działań i realizację projektów dotyczących:

- **budowy systemu zapewniającego wzajemną wymianę i udostępnienie informacji o nieruchomościach** pomiędzy rejestrami publicznymi (Zintegrowany System Informacji o Nieruchomościach);
- **upowszechnienia dostępu do Państwowego Zasobu Geodezyjnego i Kartograficznego** (PZGiK) poprzez implementację węzłów Krajowej Infrastruktury Informacji Przestrzennej (KIIP), wraz z zapewnieniem dostępu do referencyjnych rejestrów i Modułów Mapowych PZGIK dla podmiotów administracji publicznej oraz służb ratowniczych w ramach Systemu Informatycznego Powiadamiania Ratunkowego (SIPR) oraz kontynuację działań w ramach projektu ISOK, a docelowo prowadzących do stworzenia kompletnej i jednolitej dla całego kraju bazy danych numerycznego modelu terenu oraz jej aktualizacji przy wykorzystaniu technologii lotniczego skaningu laserowego (GEOPORTAL 3, ISOK 2);
- dalszej **rozbudowy systemów do prowadzenia rejestrów adresowych** wraz z integracją z innymi rejestrami publicznymi oraz dziedzinowymi systemami administracji rządowej i samorządowej (szczególnie w zakresie zadań realizowanych przez gminy) oraz zebrania, weryfikacji, harmonizacji (z innymi zbiorami administracji publicznej) oraz dostosowania do przepisów prawa danych adresowych (TERYT3 – etap2);

- **budowy systemu zarządzania krajową bazą danych geodezyjnej ewidencji sieci uzbrojenia terenu** wraz z wybranymi elementami bazy danych o znaczeniu regionalnym oraz ogólnopolskim (K-GESUT);
- **wypracowania technologii wytwarzania map cyfrowych** z bieżąco aktualizowanych rejestrów publicznych oraz usprawnienia dostępu do informacji kartograficznej dla systemów: produkcji map tematycznych, topograficznych, map do celów planowania przestrzennego, projektowania i utrzymania urządzeń technicznych, planistycznych dotyczących realizacji inwestycji (TopoMAPA).

W ramach kierunku interwencji *5.5. Standaryzacja i zarządzanie usługami publicznymi ze szczególnym uwzględnieniem technologii cyfrowych* autorzy zaproponowali m. in. działanie 5.5.2. *Nowoczesne zarządzanie usługami publicznymi*, w ramach którego przewidzieli m. in.:

- stworzenie zintegrowanej platformy informacyjnej o usługach publicznych;
- zwiększenie zaangażowania społeczności lokalnych w procesy zarządzania i rozwoju, w tym poprzez promocję dobrych praktyk oraz rozwijanie sieci kontaktów z organizacjami lokalnymi;
- opracowanie i wprowadzenie jednolitych standardów komunikacji w obsłudze obywatela i podmiotów gospodarczych;
- opracowanie i wdrożenie modelu pozyskiwania informacji zwrotnej o usługach publicznych w oparciu o koncepcję *citizen sourcing*;
- opracowanie i wdrożenie mechanizmów zgłaszania usprawnień i innowacji w odniesieniu do procedur związanych ze świadczeniem usług publicznych;
- wprowadzenie rozwiązań prawnych kompleksowo regulujących zagadnienia związane ze świadczeniem usług elektronicznych przez podmioty realizujące zadania publiczne.

Realizacja tych zadań wymaga znacznego zaangażowania specjalistów w zakresie nauki o geoinformacji.

- W ramach kierunku interwencji *5.6. Powszechny dostęp do szerokopasmowego Internetu* autorzy uznali za celowe zapewnienie powszechnego dostępu do Internetu o prędkości co najmniej 30 Mb/s oraz doprowadzenie do wykorzystania dostępu o prędkości co najmniej 100 Mb/s przez 50 % gospodarstw domowych do końca 2020 r. Postęp techniczny w tym zakresie powoduje konieczność korekty tych założeń.
- W przypadku kierunku interwencji *7.5. Doskonalenie system zarządzania kryzysowego* został uwzględniony zespół działań *7.5.1. Usprawnienie działania struktur zarządzania kryzysowego*, obejmujący m. in.:
- usprawnienie działania centrów zarządzania kryzysowego na poziomie powiatów i gmin oraz zapewnienie całodobowej możliwości uruchamiania tych centrów w celu zapewnienia szybkiego i niezakłóconego przepływu informacji;
- stworzenie informatycznych systemów wspomagania procesów decyzyjnych, współpracujących z systemami zarządzania danymi przestrzennymi na terenie całego kraju dla wszystkich podmiotów zarządzania kryzysowego.

Realizacja tych zadań wymagałaby intensywnej współpracy specjalistów w zakresie nauki o geoinformacji, geoinformatyki, teledetekcji, fotogrametrii, kartografii ze specjalistami w zakresie zarządzania kryzysowego.

Dokument ***04_Strategia-DSRK-PL2030-RM.docx*** powstawał w latach 2011 – 2012. Jego autorzy uwzględnili uwarunkowania wynikające ze zdarzeń i zmian w otoczeniu społecznym, politycznym i gospodarczym Polski w tym okresie oraz oparli się na diagnozie sytuacji wewnętrznej, przedstawionej w raporcie *Polska 2030. Wyzwania rozwojowe* z 2009 roku. Zgodnie z przepisami ustawy z dnia 6 grudnia 2006 r. *o zasadach prowadzenia polityki rozwoj*u DSRK jest dokumentem określającym główne trendy, wyzwania i scenariusze rozwoju społeczno–gospodarczego kraju oraz kierunki przestrzennego zagospodarowania kraju, z uwzględnieniem zasady zrównoważonego rozwoju. *Długookresowa Strategia Rozwoju Kraju* została sformułowana w podziale na trzy obszary strategiczne, nawiązujące do obszarów opisanych w *Strategia_Rozwoju_Kraju_2020.pdf* przyjętej przez Radę Ministrów w dniu 25 września 2012 r.[34], 11 celów i 69 kierunków interwencji.

W ramach celu rozwojowego I. 5 *Stworzenie Polski Cyfrowej* przewidziano kierunek interwencji zakładający stworzenie dogodnych warunków prawnych dla rozwoju rynku usług elektronicznych, co jest niezwykle korzystne dla wszystkich poddyscyplin będących przedmiotem opracowania, podobnie jak wspieranie inwestycji w infrastrukturę szerokopasmową w celu zapewnienia powszechnego, wysokiej jakości dostępu do Internetu. Realizacja tych dwóch kierunków kierunku interwencji może również przyczynić się do istotnego zwiększenia ilości zasobów publicznych (m.in. zasobów edukacyjnych, zbiorów dziedzictwa, publikacji naukowych i treści mediów publicznych) dostępnych w sieci. Znaczną część spośród nich mogą dostarczyć poddyscypliny będące przedmiotem niniejszego opracowania.

Realizacja celu I. 7 *Zapewnienie bezpieczeństwa energetycznego oraz ochrona i poprawa stanu środowiska*, a ściślej kierunku interwencji *Modernizacja sieci elektroenergetycznych i ciepłowniczych* może stanowić asumpt do realizacji prac z udziałem specjalistów w zakresie geodezji, geodynamiki, fotogrametrii i kartografii oraz rozwoju nowych technik pomiaru i rejestracji.

W ramach realizacji celu II. 9 *Zwiększenie dostępności terytorialnej Polski poprzez utworzenie zrównoważonego, spójnego i przyjaznego użytkownikom systemu transportowego* przewidziano kierunek interwencji *Sprawna modernizacja, rozbudowa i budowa zintegrowanego systemu transportowego*. Związane z nim działania:

- Poprawa jakości usług świadczonych w zakresie transportu kolejowego poprzez modernizację, rewitalizację, budowę, przebudowę i rozbudowę linii i infrastruktury kolejowej (w tym dworców), kompleksową modernizację i/lub wymianę taboru oraz poprawę systemu organizacji i zarządzania w sektorze kolei;
- Modernizacja, rozbudowa (głównie w ramach bazowej i kompleksowej sieci TEN-T) i utrzymanie całej sieci dróg krajowych;

[34] Ma tu miejsce przesunięcie numeracji: I. *sprawne i efektywne państwo* – któremu odpowiada III obszar strategiczny DSRK; II. konkurencyjna gospodarka – któremu odpowiada I obszar strategiczny DSRK; III. spójność społeczna i terytorialna – któremu odpowiada II obszar strategiczny DSRK.

- Modernizacja, budowa i rozbudowa sieci lotnisk i infrastruktury nawigacyjnej, infrastruktury portowej oraz dróg wodnych śródlądowych w celu osiągnięcia parametrów eksploatacyjnych;
- Rozwój i modernizacja infrastruktury dostępu do portów, zarówno od strony morza, jak i lądu(głównie drogi i koleje) oraz rozwój i modernizacja infrastruktury dostępu do lotnisk.

mogą stanowić przedmiot prac rozwojowo – aplikacyjnych wszystkich z poddyscyplin, będących przedmiotem opracowania.

Asumpt do prac o podobnym charakterze stanowią propozycje działań uwzględnionych w kierunku interwencji *Zmiana sposobu organizacji i zarządzania systemem transportowym* (zwłaszcza w zakresie działań dotyczących *wdrożenia docelowego modelu ITS (inteligentnego transportu) w zakresie zarządzania ruchem drogowym i powiązanie go z istniejącymi lokalnymi systemami*) oraz w kierunku interwencji *Udrożnienie obszarów miejskich i metropolitarnych* (w zakresie budowy obwodnic dużych miejscowości).

Bardzo obiecujący kierunek rozwoju dla wszystkich z wymienionych poddyscyplin mogą stanowić prace w zakresie stworzenia warunków dla e-administracji i wdrożenie mechanizmów nowoczesnej debaty społecznej i komunikacji państwa z obywatelami, obejmujące zmianę procedur administracyjnych, wspartą wykorzystaniem narzędzi ICT.

05_POPT_2014-2020_ver_40_10012014.docx opublikowany przez Ministerstwo Infrastruktury i Rozwoju stanowi narzędzie wzmacniania administracji oraz instrument wsparcia realizacji polityki spójności. Jest to program związany z przyjętą przez Radę Unii Europejskiej w maju 2010 r. *Strategii rozwoju inteligentnego, zrównoważonego i przeciwdziałającego wykluczeniu społecznemu „Europa 2020”.* Kierunki działania pomocy technicznej w Polsce zostały zarekomendowane w *Stanowisku Komisji w sprawie Umowy Partnerskiej oraz programów w Polsce na lata 2014-2020* (tzw. Position Paper). Zgodnie z tym dokumentem w okresie programowania 2014-2020 pomoc techniczna powinna działać w sposób uporządkowany, w celu zapewnienia odpowiedniej zdolności polskiej administracji do zarządzania funduszami UE. Główne zadania programu polegają na:

- Utrzymaniu i rozwoju potencjału instytucji realizujących politykę spójności w Polsce w latach 2014 – 2020;
- Przygotowaniu beneficjentów do wdrażania projektów;
- Wsparcia wymiaru miejskiego w polityce spójności;
- Zapewnienia systemu informacji i promocji dla funduszy europejskich.

Program ten stanowi niezwykle atrakcyjne źródło wsparcia dla projektów zgłaszanych przez wszystkie z poddyscyplin, będących przedmiotem niniejszego opracowania.

06_POIR_do_KE_10012014.docx jest związany z przyjętą przez Radę Unii Europejskiej w maju 2010 r. *Strategią rozwoju inteligentnego, zrównoważonego i przeciwdziałającego wykluczeniu społecznemu „Europa 2020”.* Jego celem jest wspieranie innowacyjności i konkurencyjności polskiej gospodarki, wyrażające się głównie zwiększeniem nakładów na prace badawczo - rozwojowe, w szczególności poprzez:

- wsparcie przedsiębiorstw w obszarach innowacyjności i działalności badawczo-rozwojowej;
- podniesienie jakości i interdyscyplinarności badań naukowych i prac rozwojowych;
- zwiększenie stopnia komercjalizacji oraz umiędzynarodowienia badań naukowych i prac rozwojowych.

Podstawowym elementem PO IR są instrumenty wsparcia skierowane do przedsiębiorstw w celu podjęcia przez nie rozwoju (lub kontynuacji) prac badawczo – rozwojowych i działalności innowacyjnej. W PO IR priorytetowo traktowane są ekoinnowacje - innowacyjne technologie w dziedzinie ochrony środowiska, co sprawia, iż strategia ta może stanowić źródło wsparcia zwłaszcza dla badań z zakresu nauki o geoinformacji, kartografii i teledetekcji, zaś w mniejszym stopniu fotogrametrii. Należy podkreślić, iż w PO IR przewidziano instrumenty wsparcia oraz preferencje skierowane do tzw. krajowych klastrów kluczowych, czyli inicjatyw klastrowych posiadających największy potencjał rozwojowy w skali kraju, a także w skali międzynarodowej. Klastry takie mają zostać wyselekcjonowane w trybie otwartego konkursu w oparciu o jakościową ocenę według ustalonych kryteriów. Program ten stanowi bardzo atrakcyjne źródło wsparcia dla projektów zgłaszanych przez konsorcja wszystkich z poddyscyplin, będących przedmiotem niniejszego opracowania.

Projekt ***07_POIS_2014_2020_08012014.docx (POIŚ)***, podobnie jak dwa wcześniej wymienione programy jest związany z przyjętą przez Radę Unii Europejskiej w maju 2010 r. *Strategią rozwoju inteligentnego, zrównoważonego i przeciwdziałającego wykluczeniu społecznemu „Europa 2020”.* Jego głównym celem jest ***wsparcie gospodarki efektywnie korzystającej z zasobów i przyjaznej środowisku oraz sprzyjającej spójności terytorialnej i społecznej.*** Cel ten wynika bezpośrednio z jednego z trzech priorytetów Strategii Europa 2020, jakim jest **wzrost zrównoważony**[35] Priorytet ten został oparty na równowadze oraz wzajemnym uzupełnianiu się działań w trzech podstawowych obszarach:

- **czystej i efektywnej energii** (w tym efektywności energetycznej, ograniczeniu emisji gazów cieplarnianych, rozwoju energii ze źródeł odnawialnych oraz integracji i poprawy funkcjonowania **europejskiego rynku energii)**;
- **adaptacji do zmian klimatu** oraz **efektywnego korzystania z zasobów**, wzmocnieniu odporności systemów gospodarczych na zagrożenia związane z klimatem oraz zwiększeniu możliwości zapobiegania zagrożeniom (zwłaszcza zagrożeniom naturalnym) i reagowania na nie;
- konkurencyjności, w tym wnoszeniu istotnego wkładu w utrzymanie przez UE prowadzenia na światowym rynku technologii przyjaznych środowisku, zapewniając jednocześnie efektywne korzystanie z zasobów i usuwając przeszkody w działaniu najważniejszych **infrastruktur sieciowych**.

Nie ulega wątpliwości, iż poddyscypliny takie, jak: nauka o geoinformacji, teledetekcja, kartografia posiadają w chwili obecnej poważne doświadczenia w zakresie priorytetu inwestycyjnego 5.2 *Wspieranie inwestycji ukierunkowanych na konkretne rodzaje zagrożeń*

[35] definiowany jako wspieranie gospodarki efektywniej korzystającej z zasobów, bardziej przyjaznej środowisku i bardziej konkurencyjnej, w której cele środowiskowe są dopełnione działaniami na rzecz spójności gospodarczej, społecznej i terytorialnej.

przy jednoczesnym zwiększeniu odporności na klęski i katastrofy i rozwijaniu systemów zarządzania klęskami i katastrofami. Doświadczenia te mogłyby zostać rozwinięte w ramach programów badawczych wpisujących się w oś priorytetową *II Ochrona środowiska, w tym adaptacja do zmian klimatu*. Zakres dotychczasowych doświadczeń oraz obserwowane w chwili obecnej kierunki rozwoju teledetekcji, fotogrametrii, nauki o geoinformacji i kartografii stanowią przesłankę do podjęcia przez te poddyscypliny prac w zakresie osi priorytetowej *II Ochrona środowiska, w tym adaptacja do zmian klimatu* (priorytety: 6.1[36], 6.2[37], 6.4[38], 6.5[39]). Zarówno nauka o geoinformacji, kartografia, jak i fotogrametria posiadają już obecnie znaczące doświadczenia w zakresie realizacji badań osi priorytetowej VI Ochrona i rozwój dziedzictwa kulturowego (priorytet inwestycyjny 6.3). W chwili obecnej obserwujemy w Polsce coraz częstszy udział specjalistów w zakresie nauki o geoinformacji, geoinformatyki, geodezji, geodynamiki, kartografii i fotogrametrii w pracach badawczych i wdrożeniowych osi priorytetowej III Rozwój infrastruktury transportowej przyjaznej dla środowiska i ważnej w skali europejskiej (priorytety inwestycyjne: 7.140, 7.341, 7.442) oraz osi priorytetowej IV Zwiększenie dostępności do transportowej sieci europejskiej (priorytety inwestycyjne: 7.1, 7.243, 7.4).

Celem ***08_POPC_4_0_8_01_14_ost_10012014.docx*** jest „wzmocnienie cyfrowych fundamentów dla rozwoju kraju". Zgodnie z Umową Partnerstwa (UP) przyjęto, iż fundamentami tymi są: szeroki dostęp do szybkiego Internetu, efektywne i przyjazne użytkownikom e-usługi publiczne oraz stale rosnący poziom kompetencji cyfrowych społeczeństwa.

Z uwagi na ograniczenia w zakresie możliwości występowania w charakterze beneficjenta, w przypadku jednostek badawczych istnieją możliwości korzystania z programu w przypadku celu szczegółowego 4. 2) *Tworzenie usług i aplikacji wykorzystujących e-usługi*

---

[36] Inwestowanie w sektor gospodarki odpadami celem wypełnienia zobowiązań określonych w dorobku prawnym Unii w zakresie środowiska oraz zaspokojenia wykraczających poza te zobowiązania potrzeb inwestycyjnych określonych przez państwa członkowskie

[37] Inwestowanie w sektor gospodarki wodnej celem wypełnienia zobowiązań określonych w dorobku prawnym Unii w zakresie środowiska oraz zaspokojenia wykraczających poza te zobowiązania potrzeb inwestycyjnych, określonych przez państwa członkowskie

[38] Ochrona i przywrócenie różnorodności biologicznej, ochrona i rekultywacja gleby oraz wspieranie usług ekosystemowych, także poprzez program „Natura 2000" i zieloną infrastrukturę

[39] Podejmowanie przedsięwzięć mających na celu poprawę stanu jakości środowiska miejskiego, rewitalizację miast, rekultywację i dekontaminację terenów poprzemysłowych (w tym terenów powojskowych), zmniejszenie zanieczyszczenia powietrza i propagowanie działań służących zmniejszeniu hałasu

[40] Wspieranie rozwoju multimodalnego Jednolitego Europejskiego Obszaru Transportowego (Single European Transport Area– SEA) poprzez inwestycje w sieci TEN-T

[41] Rozwój przyjaznych dla środowiska, w tym „cichych" (low-noise) i niskoemisyjnych systemów transportu, włączając transport śródlądowy, morski, porty, połączenia multimodalne i infrastrukturę lotniskową w celu promowania zrównoważonej regionalnej i lokalnej mobilności

[42] Rozwój i rehabilitacja kompleksowego, nowoczesnego i interoperacyjnego systemu transportu kolejowego

[43] Zwiększanie mobilności regionalnej poprzez łączenie węzłów drugorzędnych i trzeciorzędnych z infrastrukturą TEN-T

publiczne i informacje sektora publicznego II osi priorytetowej *E-administracja i otwarty rząd.* Należy podkreślić, iż realizacja projektów w tym zakresie przez jednostki prowadzące badania w zakresie nauki o geoinformacji, kartografii, geodezji, geodynamiki, teledetekcji lub fotogrametrii (czego przykładem może być program OGNIWO, zrealizowany w IGiK-u) może generować rozwiązania bardzo korzystne z punktu widzenia naukowego i społecznego.

09_PO_WER_08012014.docx uwzględnia stojące przed Europą długofalowe wyzwania związane z globalizacją, rozwojem ekonomicznym, jakością polityk publicznych, zjawiskami demograficznymi, wreszcie inwestycjami w kapitał ludzki. Stanowi on próbę odpowiedzi na wyzwania społeczne dotyczące rynku pracy, ubóstwa, wykluczenia i integracji społecznej, adaptacyjności przedsiębiorstw i pracowników, systemu ochrony zdrowia, tzw. dobrego rządzenia, systemu edukacji, szkolnictwa wyższego, zatrudnienia osób młodych.

Z uwagi na ograniczenia dotyczące udziału beneficjentów w programie PO WER 2014 – 2020, znaczna część potencjalnych reprezentantów poddyscyplin będących przedmiotem niniejszego opracowania będzie mogła uczestniczyć w działaniach osi *III Szkolnictwo wyższe dla gospodarki i rozwoju* oraz osi *IV Innowacje społeczne i współpraca ponadnarodowa.*

***Koncepcja Przestrzennego Zagospodarowania Kraju 2030* (KPZP 2030)** stanowi oficjalny dokument prawny przyjęty uchwałą Rady Ministrów (M20120252-1.pdfM20120252-2.pdf, M20120252-3.pdf). Jest ona w chwili obecnej najpełniejszym i najważniejszym krajowym dokumentem strategicznym dotyczącym zagospodarowania przestrzennego kraju. KPZP2030 zawiera wizję zagospodarowania przestrzennego kraju, cele i kierunki polityki zagospodarowania kraju służące jej urzeczywistnieniu oraz zasady oraz mechanizmy koordynacji i wdrażania publicznych polityk rozwojowych mających istotny wpływ terytorialny. Dotyczy ona całego obszaru Polski oraz polskiej wyłącznej strefy ekonomicznej Morza Bałtyckiego. Istotną składową podstawy merytorycznej jej sporządzenia był dorobek badawczy zespołu ekspertów w zakresie geografii i przestrzennego zagospodarowania kraju, zaś jednym z głównych narzędzi – zaawansowane analizy przestrzenne. Integralną częścią diagnozy KPZP 2030 jest zestaw 23 map diagnostycznych przedstawiających stan przestrzennego zagospodarowania kraju przygotowanych na potrzeby Koncepcji. Mapy te mają również stanowić narzędzie monitoringu realizacji Koncepcji. Autorzy KPZP 2030 podkreślają tym samym *implicite* znaczenie nauki o geoinformacji jako poddyscypliny umożliwiającej (wraz z szeroko pojmowanymi naukami o Ziemi) realizację diagnoz i monotoringu stanu przestrzennego zagospodarowania kraju. Należy podkreślić, iż realizacja tych zadań nie byłaby w wielu przypadkach możliwa bez ścisłej współpracy specjalistów w zakresie kartografii, teledetekcji, fotogrametrii, geodezji, geodynamiki oraz katastru, dostarczających przetworzonych danych źródłowych. Autorzy KPZP podkreślają potrzebę wprowadzenia zmian przepisów prawnych dotyczących zasad i sposobów działania polityki przestrzennego zagospodarowania kraju, jak również przygotowania odpowiednich kadr do realizacji tej polityki (tzw. „planistów – urbanistów", str. 174). Realizacja tych celów wymaga *implicite* szerokiego włączenia się we współpracę ze specjalistami w zakresie nauk o Ziemi specjalistów w zakresie nauki o geoinformacji, geoinformatyków, jak również specjalistów w zakresie kartografii, teledetekcji, fotogrametrii, geodezji, geodynamiki oraz katastru. Autorzy KPZP 2030 podkreślają fundamentalne znaczenie dostępności wiarygodnych baz danych ewidencji gruntów i budynków, katastru, sieci technicznych dla bezpieczeństwa inwestycji i działalności gospodarczej (str. 48), znaczenie baz danych użytkowania ziemi CORINE Land Cover (str. 71, 218, 219). Sygnalizują również potrzebę intensywnego rozwoju technologii

teleinformatycznych, w tym usług danych przestrzennych dla obywateli i urzędników podejmujących decyzje przestrzenne. Cele polityki przestrzennego zagospodarowania kraju w horyzoncie roku 2030 oraz związane z tym planowane zmiany polskiej przestrzeni implikują potrzebę podjęcia badań oraz prowadzenia monitoringu w 6 głównych zakresach:

(1) Podwyższenie konkurencyjności głównych ośrodków miejskich Polski w przestrzeni europejskiej poprzez ich integrację funkcjonalną przy zachowaniu policentrycznej struktury systemu osadniczego sprzyjającej spójności.

(2) Poprawa spójności wewnętrznej i terytorialne równoważenie rozwoju kraju poprzez promowanie integracji funkcjonalnej, tworzenie warunków dla rozprzestrzeniania się czynników rozwoju wielofunkcyjny rozwój obszarów wiejskich oraz wykorzystanie potencjału wewnętrznego wszystkich terytoriów.

(3) Poprawa dostępności terytorialnej kraju w różnych skalach przestrzennych poprzez rozwijanie infrastruktury transportowej i telekomunikacyjnej.

(4) Kształtowanie struktur przestrzennych wspierających osiągnięcie i utrzymanie wysokiej jakości środowiska przyrodniczego i walorów krajobrazowych Polski.

(5) Zwiększenie odporności struktury przestrzennej na zagrożenia naturalne i utratę bezpieczeństwa energetycznego oraz kształtowanie struktur przestrzennych wspierających zdolności obronne państwa.

(6) Przywrócenie i utrwalenie ładu przestrzennego.

W przypadku pierwszego z zakresów planowane jest podjęcie badań dotyczących: powiązań funkcjonalnych między największymi miastami polskimi oraz pozostałymi ośrodkami miejskimi, stopnia integracji funkcji w ramach układów wielobiegunowych i wielowierzchołkowych, jak również funkcji metropolitalnych największych miast i ich porównania z cechami metropolii europejskich. Badania te i monitoring zmian będzie prowadzone przez IGiPZ PAN drogą analiz przestrzennych, do których będą niezbędne dane źródłowe dostarczane przez naukę o geoinformacji, geodezję, kataster, kartografię, teledetekcję i fotogrametrię.

W przypadku drugiego z zakresów przewidywane jest prowadzenie badań oraz monitoringu dotyczącego spójności w specyficznych obszarach problemowych, dotyczących: obszarów o najniższym dostępie do usług, terenów rewitalizowanych, miast i innych terenów tracących dotychczasowe funkcje społeczno-gospodarcze, obszarów o najniższym stopniu rozwoju obszarów przygranicznych oraz obszarów o najniższej dostępności czasowej. Zadania te wymagają wypracowania systemu analiz przestrzennych i jego regularnego wykorzystywania w ramach planowanego monitoringu.

W ramach trzeciego z zakresów przewidywanych jest szereg prac prowadzących do poprawy dostępności transportowej miast i doskonalenia ich systemów komunikacji wewnętrznej. Związane z tym zadania implikują potrzebę bliskiej współpracy urbanistów, specjalistów w zakresie planowania przestrzennego ze specjalistami w zakresie nauki o geoinformacji, geodezji, katastru, kartografii, teledetekcji i fotogrametrii. Celowe jest również uwzględnienie w szerszym niż do tej pory zakresie tematyki związanej z transportem w programach studiów tych specjalizacji.

Wśród zadań związanych z realizacją czwartego zakresu zostały wymienione analizy przestrzenne związane z określaniem wskaźnika HNV (High Natural Values) dla terenu Polski. Prace w tym zakresie zostały po raz pierwszy przeprowadzone przez konsorcjum kierowane przez Instytut Geodezji i Kartografii w latach 2009 – 2010. Poza IGiK brały w nich udział Centrum Informacji o Środowisku UNEP/GRID – Warszawa, Zakład NFOŚ, Instytut Ekonomiki Rolnictwa iI Gospodarki Żywnościowej - PIB, Instytut Uprawy, Nawożenia i Gleboznawstwa w Puławach - PIB i ówczesny Instytut Melioracji I Użytków Zielonych (IMUZ) w Falentach. Przeprowadzone wówczas prace dowiodły konieczności współpracy pomiędzy specjalistami w zakresie nauk o Ziemi, gleboznawstwa, nauki o geoinformacji, kartografii, teledetekcji i fotogrametrii, jak również geodezji i katastru.

Zadania uwzględnione w zakresie dotyczącym zwiększenia odporności struktury przestrzennej na zagrożenia naturalne i utratę bezpieczeństwa energetycznego oraz kształtowania struktur przestrzennych wspierających zdolności obronne państwa obejmują m. in. konieczność prowadzenia działań związanych z dywersyfikacją dostaw energii i surowców energetycznych i ich przesyłania. W zakresie wykonawczym wiąże się to z potrzebą rozbudowy sieci przesyłowych energii elektrycznej, gazociągów, naftociągów i rurociągów produktów energetycznych. To zaś może stanowić asumpt do rozwoju intensywnej współpracy pomiędzy specjalistami w zakresie nauki o geoinformacji, geoinformatyki, geodezji, kartografii, teledetekcji, fotogrametrii i katastru. W ramach tego samego zakresu wymieniono zadania związane z analizą szkód i wartości strat powodziowych. Jak wynika z doświadczeń IGiK w trakcie wykonywania podobnych analiz w roku 1997, celowa jest w tym zakresie współpraca pomiędzy środowiskami związanymi z nauką o geoinformacji, kartografią, teledetekcją i fotogrametrii, jak również geodezją i katastrem.

W ramach ostatniego z zakresów, dotyczącego przywracania i utrwalanie ładu przestrzennego przewidziano potrzebę badań i monitoringu dotyczącego tzw. brown fields – obszarów powtórnie zagospodarowywanych na terenach zurbanizowanych. Autorzy zasugerowali wykorzystanie do tego celu m. in. bazy danych CORINE Land Cover, wykonywanej we współpracy kartografów, teledetekcjonistów oraz specjalistów w zakresie nauki o geoinformacji i geoinformatyków. Nie ulega wątpliwości, iż zasadne byłoby wykonanie dla terenów zurbanizowanych bazy danych CLC poziomu 4 lub 5. Prace pilotowe w tym zakresie były realizowane w IGiK-u. Uspójnienie planów przestrzennego zagospodarowania i strategii na poziomie krajowym, regionalnym i funkcjonalnym implikuje potrzebę nawiązania bliskiej współpracy pomiędzy specjalistami w zakresie planowania przestrzennego oraz nauki o geoinformacji.

Z uwagi na potrzebę budowy systemu monitoringu procesów przestrzennych i ich oceny w KPZP 2030 zasygnalizowano potrzebę harmonizacji baz danych przestrzennych, co stanowi asumpt do działań specjalistów w zakresie nauki o geoinformacji oraz geoinformatyków..

Autorzy KPZP 2030 zwrócili szczególną uwagę na potrzebę wzmocnienia potencjału badawczo – naukowego uczelni wyższych i instytutów naukowo – badawczych, wskazując równocześnie na celowość nawiązywania pomiędzy nimi ścisłej współpracy oraz powiązań o charakterze funkcjonalnym.

Kosmos-Program działań RM-26.06.12.pdf zawiera diagnozę sytuacji społeczno – gospodarczej w sektorze kosmicznym, główne i operacyjne cele działań, listę obszarów

priorytetowych i kierunków interwencji oraz informację o systemie wdrażania i monitorowania Programu. Jego uzupełnienie stanowi mający charakter wykonawczy ***9705dd8116fa2dc.doc*** oraz dokument ***Analiza zadań przypisanych GUGiK_14.02.2013.doc***. Jak wynika z analizy tych dokumentów udział specjalistów z zakresu badanej dyscypliny jest możliwy w przypadku działań w ramach 3 spośród 6 priorytetów programu i 9 kierunków interwencji.

W przypadku priorytetu 1 **Obserwacje satelitarne** w *Programie działań na rzecz rozwoju technologii kosmicznych i wykorzystania systemów satelitarnych w Polsce* Głównemu Urzędowi Geodezji i Kartografii przypisano *explicite* nadzór nad trzema kierunkami interwencji:

1. Wytworzeniem i systematyczną aktualizacją ortofotomapy kraju, która mogłaby również służyć jako element pomocniczy w aktualizacji baz referencyjnych Systemu Identyfikacji Działek Rolniczych (LPiS);
2. Wspieraniem rozwoju i demonstracją nowych produktów dla administracji opartych na danych satelitarnych;
7. Prowadzeniem bazy obrazów satelitarnych, jej aktualizacją i udostępnianiem.

Należy podkreślić, iż realizacja trzeciego z kierunków interwencji byłaby możliwa jedynie w przypadku danych pochodzących z przyszłego satelity nadzorowanego przez GUGiK. Niej jest natomiast możliwa w przypadku rynku danych satelitarnych udostępnianych na zasadach komercyjnych[44]. Kwestia ta została zasygnalizowana w dokumencie *Program działań na rzecz rozwoju technologii kosmicznych i wykorzystania systemów satelitarnych w Polsce w zakresie dotyczącym Głównego Urzędu Geodezji i Kartografii.* Jego autorzy zwrócili również uwagę, iż do zadań związanych ściśle *implicite* z analizowaną dyscypliną należą natomiast następujące kierunki interwencji:

3. Wspieranie badań i rozwoju algorytmów automatycznej i półautomatycznej analizy zobrazowań, w tym detekcji i analizy zmian;
4. Rozwój systemu opartego na Internecie, który umożliwi każdej jednostce administracji publicznej dostęp do odświeżanej bazy zobrazowań satelitarnych i zestawu narzędzi analitycznych oraz udostępnianiu produktów GMES;
6. Wspieranie zastosowania serwisów GMES, w tym w gospodarce przestrzennej i monitoringu środowiska.

W przypadku pierwszego kierunku interwencji GUGiK winien pełnić funkcje nadzorcze, natomiast zadania operacyjne mogą być realizowane przez instytucje naukowo – badawcze i jednostki komercyjne zatrudniające specjalistów z zakresu fotogrametrii, teledetekcji, kartografii, geodezji, nauki o geoinformacji i (w nieco mniejszym zakresie) geodynamiki.

Realizacja drugiego kierunku interwencji wymaga nadzoru GUGiK oraz prac jednostek naukowo – badawczych o specjalizacji w zakresie teledetekcji i fotogrametrii, współpracujących ściśle z jednostkami o specjalizacji w zakresie kartografii, geodezji i nauki o geoinformacji.

[44] Z podobnych względów nie jest możliwa realizacja 5 kierunku interwencji – *wspieranie zmian w prawie uspójniającym warunki licencji (na zakup obrazów) z krajowym prawodawstwem*

Trzeci kierunek interwencji powinien być nadzorowany przez GUGiK oraz realizowany przez jednostki naukowo – badawcze o specjalizacji w zakresie teledetekcji, nauki o geoinformacji, geoinformatyki i kartografii.

W przypadku czwartego kierunku interwencji należy podkreślić (na co zwrócili już uwagę autorzy dokumentu *Program działań na rzecz rozwoju technologii kosmicznych i wykorzystania systemów satelitarnych w Polsce w zakresie dotyczącym Głównego Urzędu Geodezji i Kartografii),* iż udostępnianie jednostkom administracji publicznej oryginalnych („surowych") danych z przyszłego polskiego satelity teledetekcyjnego jest w małym stopniu celowe, z uwagi na dosyć powszechny brak możliwości i umiejętności ich przetwarzania, zaś udostępnianie tego typu danych pochodzących z innych satelitów teledetekcyjnych jest obecnie niemożliwe z uwagi na obowiązujące warunki licencyjne. Z punktu widzenia prawnego w pełni możliwe jest natomiast udostępnianie wysoko przetworzonych autorskich produktów satelitarnych (głównie wyników klasyfikacji oraz baz danych utworzonych nap odstawie danych satelitarnych). Związane z tym zadania mogą być realizowane przez jednostki naukowo – badawcze zatrudniające interdyscyplinarne zespoły specjalistów z zakresu teledetekcji, nauki o geoinformacji, geoinformatyki, kartografii oraz fotogrametrii i geodezji.

Szósty kierunek interwencji winien być nadzorowany przez GUGiK, zaś realizowany przez jednostki naukowo – badawcze i komercyjne o specjalizacji związanej z teledetekcją, nauką o geoinformacji, geoinformatyką, kartografią i fotogrametrią.

W przypadku priorytetu 2 **Nawigacja i pozycjonowanie** do zadań związanych *implicite* z analizowaną dyscypliną należy kierunek interwencji *wspieranie rozwoju i demonstracji nowych, innowacyjnych produktów z obszaru nawigacji i pozycjonowania.* Część zadań tego kierunku, związanych z wyposażeniem krajowych stacji systemu ASG-EUPOS w odbiorniki GNSS oraz opracowanie danych w systemie ASG-EUPOS z uwzględnieniem sygnałów z satelitów Galileo powinna być inicjowana przez GUGiK, zaś implementacja wyników misji GRACE i GOCE (wspomaganych precyzyjnymi obserwacjami naziemnymi do utrzymania oraz modernizacji podstawowych geodezyjnych osnów krajowych) – realizowana przez instytucje naukowo – badawcze o specjalizacji w zakresie geodezji, geodynamiki oraz teledetekcji i fotogrametrii.

W ramach priorytetu **Zarządzanie kryzysowe** w *Programie działań na rzecz rozwoju technologii kosmicznych i wykorzystania systemów satelitarnych w Polsce* Głównemu Urzędowi Geodezji i Kartografii przypisano *explicite* (wraz z Ministerstwem Spraw Wewnętrznych i Ministerstwem Administracji i Cyfryzacji) nadzór nad kierunkiem interwencji *Koordynowanie (w tym standaryzacja dla zapewnienia możliwości wymiany informacji) systemów monitorowania położenia i systemów wsparcia geoprzestrzennego (GIS) w służbach i instytucjach uczestniczących w zarządzaniu kryzysowym, wspieranie projektów pilotażowych*. Zadania związane z tym kierunkiem interwencji powinny być realizowane przy udziale jednostek badawczych oraz komercyjnych o specjalizacji w zakresie geoinformacji, geoinformatyki, teledetekcji i kartografii.

Autorzy dokumentu *Program działań na rzecz rozwoju technologii kosmicznych i wykorzystania systemów satelitarnych w Polsce w zakresie dotyczącym Głównego Urzędu Geodezji i Kartografii* zwrócili uwagę, iż do zadań związanych *implicite* z analizowaną dyscypliną należy również kierunek interwencji *rozwój systemu szybkiego udostępniania*

produktów opartych na danych satelitarnych w warunkach wielkoobszarowego i/lub długotrwałego kryzysu. Zadania związane z nadzorem realizacji działań w tym zakresie powinien realizować GUGiK wraz z Ministerstwem Spraw Wewnętrznych, Ministerstwem Administracji i Cyfryzacji oraz Ministerstwem Spraw Zagranicznych. Zadania związane z tym kierunkiem interwencji powinny być realizowane przy udziale jednostek badawczych oraz komercyjnych o specjalizacji w zakresie teledetekcji, fotogrametrii, geoinformacji, geoinformatyki, i kartografii.

Jak wynika z analizy dokumentów dotyczących strategii rozwoju kraju, dosyć dużą wagę przywiązuje się w nich do zakończenia procesu cyfryzacji istniejących zasobów danych przestrzennych (zwłaszcza ich części wchodzącej w skład rejestrów publicznych), harmonizacji danych przestrzennych, rozwoju usług danych przestrzennych, rozbudowy infrastruktury informacji przestrzennej (w tym geoportalu narodowego, portali tematycznych i regionalnych), rozbudowy systemów wspomagania bezpieczeństwa wewnętrznego, doskonalenia baz danych systemów planowania przestrzennego. Działania te mają umożliwić rozwój baz danych i narzędzi niezbędnych do rozwoju zaawansowanych analiz przestrzennych i doskonalenia monitoringu zjawisk przestrzennych. W dokumentach strategicznych doceniono wagę potrzeby wypracowania zasad współpracy międzyresortowej (w tym również bliższej współpracy pomiędzy poddyscyplinami będącymi przedmiotem badania) oraz uregulowania zasad korzystania z uzupełniających danych przestrzennych, dostarczanych przez *citizen sourcing*. Dostrzeżono również celowość zapewnienia odpowiedniego poziomu edukacji specjalistycznej w zakresie większości z badanych poddyscyplin oraz niezbędnej infrastruktury technicznej. Podobnie, jak w przypadku regulacji prawnych Unii Europejskiej zauważalny jest istotny wzrost znaczenia teledetekcji i fotogrametrii, zaś rolę poddyscypliny integrującej działania wszystkich badanych poddyscyplin w coraz większym stopniu może odegrać nauka o geoinformacji.

12. Wnioski: wpływ rozwoju geodezji i kartografii na zmiany zakresu kompetencji zawodowych

(Z. Kurczyński)

Geodezja i kartografia jako dyscyplina naukowa doznała i doznaje nadal niebywałego rozwoju naukowego i przełożenia osiągnięć naukowych na zastosowania praktyczne (geodezja stosowana).

Na przestrzeni ostatniego półwiecza precyzja pomiarów geodezyjnych uległa zwiększeniu o trzy rzędy wielkości. Podobny postęp w precyzji pomiarów nastąpił w grawimetrii. Materiał obserwacyjny uzyskany z obserwacji satelitarnych umożliwił określenie figury Ziemi z niespotykaną dotychczas dokładnością. Powstały globalne, systematycznie ulepszane modele pola grawitacyjnego Ziemi.

Wzrost precyzji i rozdzielczości czasowo-przestrzennej obserwacji wykorzystywanych w geodezji stały się stymulatorami rozwoju badań naukowych prowadzących do tworzenia nowych modeli matematycznych obserwowanych wielkości fizycznych, a także do udoskonalenia definicji i parametryzacji układów odniesienia. Poprzez pozycyjne pomiary satelitarne, geodezja trójwymiarowa przeniknęła gwałtownie do szeroko pojętej praktyki geodezyjnej. Metody analizy obserwacji wywodzące się z teorii sygnałów, a w szczególności metody filtracji błędów znalazły na stałe miejsce w geodezji. Rozwiązywanie problemów doskonalenia geoidy, nurtujących do niedawna wąskie zaledwie naukowe grupy geodezyjne, znalazło, poprzez upowszechnienie satelitarnych technik pomiarowych.

Dostępność satelitarnych systemów pozycjonowania, prostota obsługi instrumentów przeznaczonych do wyznaczania pozycji, a także wysoki stopień automatyzacji programów obliczeniowych stworzyły sytuację, w której do wyznaczenia pozycji obiektu przestaje być potrzebny wysoko kwalifikowany profesjonalista. Wiele prac w przeszłości powierzanych wyłącznie geodetom, coraz częściej wykonywane jest przez operatorów nie posiadających wykształcenia geodezyjnego. Precyzja, efektywność, niezawodność i niezależność satelitarnych technik wyznaczania pozycji powodują, iż granica rozdzielająca sfery zainteresowań geodezji i nawigacji ulega zatarciu.

W geodynamice, dzięki wzrostowi precyzji oraz znacznemu zwiększeniu rozdzielczości czasowej pozyskiwanych obserwacji pojawiły się realne możliwości wykonania znaczącego kroku w kierunku poznania zjawisk geofizycznych.

Z uwagi na precyzję obserwacji geodezyjnych oraz specyfikę pozyskiwania tych obserwacji modele statyczne zastępowane są modelami kinematycznymi torując tym samym drogę do opisu zagadnień geodezyjnych w przestrzeni czterowymiarowej.

Permanentne, precyzyjne obserwacje GPS wykonywane w ostatnim ćwierćwieczu na kilkudziesięciu stacjach rozłożonych wokół kuli ziemskiej stanowią podstawę do określenia i monitorowania kinematycznego globalnego ziemskiego układu odniesienia.

Powyższe zmiany, obserwowane w obszarze poddyscypliny geodezja i geodynamika, rozszerzają kompetencje zawodowe specjalistów je reprezentujących o wybrane działy matematyki, fizyki, geofizyki, metody opracowania obserwacji i interpretacji wyników.

Era fotogrametrii cyfrowej zapoczątkowana kilkanaście lat temu skutkuje niewiarygodnym wzrostem automatyzacji procesów pomiarowych (opracowanie zdjęć z różnych pułapów, danych skaningu laserowego itd.), co zmienia znaczenie i postrzeganie fotogrametrii na tle całej dyscypliny, ale również przewartościowuje rolę fotogrametry w tych procesach.

Obecnie fotogrametra stał się bardziej operatorem kontrolującym skomputeryzowane systemy i przebiegi procesów wysoce zautomatyzowanych i w znacznym stopniu autonomicznych.

Zmniejszyło się znaczenie umiejętności technicznych, jednocześnie zmienia się „otoczenie" zawodu. Fotogrametria staje się silniej „zanurzona" w szerszy proces nie tylko wytwarzania, ale i aktywnego wykorzystania geoinformacji.

Zapoczątkowany pół wieku temu i dynamiczny rozwój obrazowania Ziemi z orbit satelitarnych stał się silnym impulsem rozwoju teledetekcji. Chyba nic tak wyraźnie jak możliwość spojrzenia na naszą planetę z kosmosu nie uświadomiło nam delikatnej równowagi środowiska w którym żyjemy i ograniczoności zasobu planety. Teledetekcja umożliwia obserwację dynamiki zjawisk w skali całego globu, nie respektujących granic

państwowych wytyczonych przez człowieka i modelowania tych wielowymiarowych procesów.

Kartografia, kojarzona do niedawna z mapami papierowymi, przeszła głęboką transformację dzięki silnym związkom współczesnej kartografii z technologiami informatycznymi, w tym głównie z GIS.

Rozwój obserwowany w poddyscyplinach fotogrametria, teledetekcja i kartografia, wyzwala nowe kompetencje zawodowe specjalistów je reprezentujących. Można tu wskazać:

- Internet, programowanie, projektowanie baz danych,
- modelowanie geoinformacyjne (GML, UML),
- sztuczna inteligencja (automatyczna ekstrakcja obiektów ze zdjęć i danych lidarowych, generalizacja kartograficzna, analiza obrazów wielospektralnych).

Geodezja i kartografia jako dyscyplina naukowa, łączy w sobie nurt poznawczy i utylitarny (geodezja stosowana). Proporcje obu tych nurtów są różne dla poszczególnych poddyscyplin.

Transmisja osiągnięć naukowych do zastosowań realizuje się poprzez burzliwie rozwijające się systemy geoinformatyczne. To geodezja i i kartografia zasila te systemy danymi geoinformacyjnym. Szacuje się, że około 80% decyzji podejmowanych przez każdą administrację związanych jest z dysponowaniem danymi przestrzennymi.

Geoinformacja nie jest potrzebna tylko w tych rejonach świata, gdzie nie jest wymagane zarządzanie zasobami naturalnymi, gdzie nie ma wzrostu ekonomicznego, gdzie problemy związane z prawem posiadania (własności) nieruchomości są rozwiązane na satysfakcjonującym poziomie, gdzie nie ma podatków od nieruchomości gruntowych, gdzie nie ma zapotrzebowania na planowe wykorzystanie gruntów i – ogólniej – otaczającej przestrzeni i dostępnych zasobów. W erze globalizacji, poza czapami polarnymi i niektórymi obszarami pustynnymi, praktycznie nie ma takich rejonów na planecie.

Te związki geodezji i kartografii z geoinformacją zmieniają umiejscowienie dyscypliny i specjalistów ją reprezentujących. Geodeta, z wysoko wykwalifikowanego obserwatora, wyposażonego w wyrafinowany sprzęt pomiarowy, staje się bardziej operatorem kontrolującym skomputeryzowane systemy i przebiegi procesów wysoce zautomatyzowanych i przebiegających w znacznym stopniu autonomicznie.

Jest silniej zanurzony w proces nie tylko wytwarzania, interpretacji i aktywnego wykorzystania geoinformacji. Geodeta coraz częściej znajduje zatrudnienie poza wąsko rozumianą branżą geodezyjną. Trend ten będzie w przyszłości nasilał się. Coraz częściej będzie członkiem interdyscyplinarnych zespołów, umiejscowionych w administracji, czy instytucjach działających na rzecz ładu przestrzennego, ochrony środowiska czy rozwoju ekonomicznego, jest u początku procesów skutkujących decyzjami administracyjnymi o doniosłym znaczeniu społecznym. Ta zmiana umiejscowienia i kontekstu geodezji implikuje zmiany oczekiwań i pożądanych kompetencji zawodowych. Oczekuje się od geodety lepszego rozumienia zachodzących procesów i mechanizmów łączących działania techniczne z ich oddziaływaniem na środowisko i rozwój ekonomiczny, co przekłada się na komfort życia. To obecnie ważne problemy ogólnocywilizacyjne.

Geodeta powinien mieć świadomość swojej roli, czuć odpowiedzialność skutków ekonomicznych i społecznych swoich działań technicznych i mieć kwalifikacje przygotowujące go do tej roli.

W tej zmianie umiejscowienia, silniej niż dotychczas, pojawia się interdyscyplinarność geodezji i kartografii. Geodeta, pracując na styku procesu wytwarzania geodanych i ich wykorzystania, musi mieć wiedzę i kompetencje zawodowe umożliwiające aktywne uczestnictwo w pracach interdyscyplinarnych zespołów i świadomość skutków pozatechnicznych tych działań (ekonomicznych, ekologicznych, socjalnych, innych).

W tym kontekście oczekuje się od geodety, jako świadomego uczestnika tych procesów, choćby ogólnej wiedzy wychodzącej poza ramy geodezji i kartografii (geofizyka, planowanie przestrzennej, ekologia, itd.). Aktualnym staje się model wykształcenia i umiejętności wg schematu „T" (ang. *T-shaped learning, T-shaped skills*). W tym schemacie kształcenie powinno być bardziej zorientowane na przewidywaną rosnącą interdyscyplinarność otoczenia geodezji. Uczestnik procesu kształcenia, obok pogłębionej wiedzy z zakresu wiodącej dyscypliny, wynosi również, na bardziej ogólnym poziomie, wiedzę i umiejętności z zakresu dyscyplin z którymi przyjdzie mu się spotkać w praktyce. W modelu „T" solidna baza właściwa danej dyscyplinie jest symbolizowana przez „pogrubiony" element pionowy „T", a lekka (ogólna) nadbudowa interdyscyplinarna przez „cienki" element poziomy „T".

Współpraca z odbiorcami wyników prac geodezyjnych, w tym praca w zespołach interdyscyplinarnych, rozszerza kompetencje zawodowe czysto techniczne (wiedza i umiejętności), o tzw. kompetencje miękkie (kompetencje społeczne). Można tu wskazać m.in.:

- umiejętność pracy w zespole,
- umiejętność twórczego udziału i kierowania zespołami interdyscyplinarnymi,
- zdolność komunikowania się, umiejętność dostosowania przekazu do poziomu odbiorcy,
- umiejętność korzystania z Internetu (praca w chmurze, korzystanie z geoportali, korzystanie z zasobów geodezyjnych i usług sieciowych),
- umiejętności negocjacyjne,
- umiejętność samodzielnego zdobywania wiedzy i samokształcenia,
- umiejętność elastycznego reagowania na zmiany na rynku, kreowanie nowych produktów, doskonalenie metod i technologii.

Obserwowany w ostatnich kilkudziesięciu latach rozwój geodezji nie jest zjawiskiem jednorazowym. Praktycznie, co kilka lat mamy do czynienia z dającym się wyraźnie sprecyzować etapem rozwoju geodezji. Zmiany w zakresie kompetencji zawodowych geodety następują zatem sukcesywnie wraz z rozwojem geodezji. To proces permanentny, a nie incydentalne wydarzenie.

13. Kształcenie w zakresie geodezji i kartografii – stan obecny i trendy zmian. (Z. Kurczyński)

Wnioski dotyczące wpływu rozwoju geodezji i kartografii na przewidywany rozwój kształcenia w zakresie geodezji i kartografii

13.1. Standardy kształcenia i Krajowe Ramy Kwalifikacji

Programy nauczania na poziomie szkół wyższych na 1-szym (inżynierski) i 2-gim (magisterski) poziomie kształcenia opierały się do niedawna na tzw. „standardach nauczania", określonych w Rozporządzeniu Ministra Edukacji Narodowej i Sportu w sprawie określenia standardów nauczania dla poszczególnych kierunków studiów i poziomów kształcenia (2002 r.) i Rozporządzeniu Ministra Edukacji Narodowej i Sportu zmieniającym powyższe Rozporządzenie (2003 r.), wydanymi na podstawie Ustawy z dnia 12 września 1990 r. o szkolnictwie wyższym.

Rozporządzenia te precyzyjnie określały wymagany minimalny czas trwania studiów, oraz minimalne liczby godzin zajęć dla poszczególnych poziomów kształcenia, w rozbiciu na przedmioty kształcenia ogólnego, przedmioty podstawowe i przedmioty kierunkowe.

Rozporządzenia określały udział ilościowy zajęć praktycznych do ogólnej liczny godzin, podawały wykaz przedmiotów wraz z liczbą godzin i ich treścią które musiały znaleźć się w programach nauczania na kierunku geodezja i kartografia. Ten obligatoryjny zakres obejmował około 60% łącznej liczby przewidywanych godzin zajęć, pozostała część pozostawała do „zagospodarowania" indywidualnie przez poszczególne uczelnie.

W międzyczasie trwały (i nadal trwają) dyskusje i uregulowania prawne w obszarze polityki edukacyjnej na poziomie europejskim. W szczególności należy tu odnotować tzw. „Proces Boloński", zapoczątkowany 19 czerwca 1999 roku. Wtedy to ministrowie odpowiedzialni za szkolnictwo wyższe z 29 krajów Europy podpisali Deklarację Bolońską. Zobowiązali się do utworzenia do 2010 roku wspólnego Europejskiego Obszaru Szkolnictwa Wyższego (*European Higher Education Area*). Polska jest jednym z krajów zaangażowanych w Proces.

Główne cele Procesu Bolońskiego:

- przyjęcie systemu „czytelnych" i porównywalnych dyplomów;
- wprowadzenie systemu studiów dwustopniowych, opartego na dwóch cyklach kształcenia (licencjat – magister);
- wprowadzenie punktowego systemu zaliczania osiągnięć studentów (ECTS);
- rozwój mobilności studentów i pracowników uczelni;
- rozwój współpracy europejskiej w zakresie zapewnienia jakości kształcenia;
- wzmocnienie wymiaru europejskiego szkolnictwa wyższego;
- rozwój kształcenia przez całe życie (*lifelong learning*);

- współpraca na poziomie rządów państw sygnatariuszy w dziedzinie dostosowania regulacji prawnych w sferze szkolnictwa wyższego, a także współpraca komisji akredytacyjnych uznawanych przez rządy państw sygnatariuszy;
- działania podejmowane bezpośrednio przez instytucje szkolnictwa wyższego, w tym konferencje rektorów, prowadzących do wdrożenia zmian w szkolnictwie wyższym.

Wynikiem Procesu Bolońskiego o doniosłym znaczeniu praktycznym jest wprowadzenie systemu punktowego zaliczania osiągnięć studentów – ECTS. Europejski System Transferu Punktów – ECTS (ang. *European Credit Transfer System*) to zbiór procedur, które zostały opracowane przez Komisję Europejską, gwarantujących zaliczanie studiów krajowych i zagranicznych do programu realizowanego przez studenta w macierzystej uczelni. Komisja Europejska promuje w ten sposób współpracę pomiędzy uczelniami w zakresie wymiany studentów. ECTS jest częścią programu Socrates - Erasmus.

Dzięki wdrożeniu ECTS europejscy studenci mają możliwość podjęcia lub kontynuacji studiów we wszystkich uczelniach realizujących projekt, a okres studiów odbyty na innych uczelniach może być w pełni uznany przez uczelnię macierzystą. Ułatwia to wyjazd na uczelnie zagraniczne, a także wymianę studentów między polskimi uczelniami, które wdrożyły ECTS. Program ECTS, który ma na celu ujednolicenie sposobu studiowania w Europie, tym samym prowadzi do pełnego uznawania okresu studiów odbywanych za granicą i w Polsce. System ma ułatwić proces nostryfikacji dyplomów.

Punkty ECTS są wartościami liczbowymi odpowiadającymi wkładowi pracy, którą winien wykonać student, aby otrzymać zaliczenie poszczególnych przedmiotów. Każda wartość odzwierciedla ilość pracy koniecznej do zaliczenia pojedynczego przedmiotu w stosunku do całkowitej ilości pracy wymaganej do zaliczenia pełnego roku studiów na danym wydziale. Pod uwagę brane są wszelkie formy nauki: wykłady, ćwiczenia, konwersatoria, zajęcia laboratoryjne, seminaria, prace semestralne, a także egzaminy oraz inne metody oceny.

Proces Boloński skutkował wydaniem Rozporządzenia Ministra Nauko i Szkolnictwa Wyższego w sprawie standardów kształcenia dla poszczególnych kierunków studiów i poziomów kształcenia … (2007 r.), wydanego na podstawie Ustawy Prawo o szkolnictwie wyższym (2011 r.), które m.in. określało „Ramowe treści kształcenia” w formie godzin i punktów ECTS na obu poziomach kształcenia. W uproszczeniu, różnią się one od wcześniejszych „standardów” przypisaniem punktacji ECTS i zasad przeliczania programu nauczania na te punkty. Nowe standardy określały również bardzo ogólnie kwalifikacje absolwentów obu poziomów kształcenia.

Standardy kształcenia spotkały się z krytyką. Zarzucano im „sztywność” i zbyt ograniczony wpływ uczelni na sylwetkę absolwenta i programy kształcenia. „Standardy” i nominalne wykształcenie, potwierdzone dyplomem, nie zaspakajają wymogów rynku pracy. Pracodawcy chcą wiedzieć jaką wiedzę, umiejętności i kompetencje personalne i społeczne posiada potencjalny pracownik. Również strategia „kształcenia ustawicznego” - LL (*lifelong learning*) wymaga określenia efektów kształcenia na poszczególnych jej etapach. Odpowiedzią na te problemy są tzw. „Europejskie Ramy Kwalifikacyjne” określone zaleceniem Parlamentu Europejskiego i Rady (2008 r.).

Kwalifikacje to efekty kształcenia potwierdzone formalną oceną, zgodne z określonymi standardami, poświadczone dyplomem, świadectwem, certyfikatem lub uprawnieniem. Efekty kształcenia oznaczają określenie tego, co uczący się wie, rozumie i potrafi wykonać po ukończeniu procesu kształcenia się, w zakresie wiedzy, umiejętności i kompetencji. Jest

to język opisu kompetencji, który ma być zrozumiały dla wszystkich stron zainteresowanych procesem kształcenia.

Traci moc rozporządzenie o standardach kształcenia, w którym minister definiuje proces kształcenia dla zamkniętej listy kierunków studiów. Podstawowe jednostki organizacyjne uczelni będą mogły same określać i uruchamiać nowe kierunki studiów. Jednostki posiadające uprawnienia habilitacyjne będą mogły to czynić całkowicie samodzielnie; pozostałe – po uzyskaniu decyzji ministra właściwego do spraw szkolnictwa wyższego, wydanej po zasięgnięciu opinii ministra nadzorującego i Państwowej Komisji Akredytacyjnej - PKA. Oznacza to rozszerzenie zakresu autonomii uczelni (zróżnicowane w zależności od uprawnień jednostki).

Kierunek studiów będzie zdefiniowany poprzez program kształcenia, który będzie zawierał opis założonych efektów kształcenia oraz opis procesu kształcenia, prowadzącego do osiągnięcia tych efektów. Efekty kształcenia dla danego kierunku musza być zgodne z opisem efektów kształcenia dla odpowiednich obszarów kształcenia.

Krajowe Ramy Kwalifikacji dla szkolnictwa wyższego (wprowadzone ustawą z 2011r.) to metoda opisu kształcenia, w której opisy sformułowane są w języku efektów kształcenia (uczenia się), to znaczy przedstawiają wymagania jakim powinien sprostać student po ukończeniu nauki w ramach danego cyklu kształcenia (poziomu kształcenia). Opisy pozwalają na porównywanie dyplomów uzyskiwanych w różnych uczelniach w Europie za pomocą wspólnego systemu.

Istotne korzyści związane z wprowadzeniem KRK wynikają z przyjęcia koncepcji opisywania kwalifikacji poprzez zakładane efekty kształcenia, w tym zestaw umiejętności ogólnych oraz związanych z kierunkiem studiów. Wiąże się z tym zmiana podejścia do procesu kształcenia, którego nadrzędnym celem staje się zapewnienie, aby student osiągał zakładane efekty – aby po ukończeniu studiów dysponował odpowiednią wiedzą, umiejętnościami i kompetencjami społecznymi.

Wynikiem wprowadzenia KRK jest powiększenie zakresu autonomii programowej uczelni, znika bowiem obowiązek stosowania nazw kierunków studiów zgodnie z centralną listą kierunków studiów.

Wprowadzenie KRK powinno zapewnić porównywalność kwalifikacji uzyskiwanych w polskich uczelniach z kwalifikacjami nadawanymi przez szkoły wyższe w innych krajach, zwłaszcza europejskich, a w efekcie ograniczyć problemy związane z akceptacją i uznawalnością zdobytego w Polsce wykształcenia na międzynarodowym rynku pracy. Powinno także doprowadzić do zwiększenia różnorodności oraz poprawy jakości i stopnia dopasowania do potrzeb rynku pracy, a szerzej – potrzeb społecznych, oferty edukacyjnej polskich uczelni, a także lepszego dopasowania programów kształcenia do oczekiwań i predyspozycji osób uczących się (co jest szczególnie istotne w warunkach kształcenia masowego), a w konsekwencji doprowadzić do większego zróżnicowania kompetencji absolwentów i zwiększenia ich konkurencyjności na rynku pracy.

Po studiach pierwszego i drugiego stopnia absolwent powinien:

- być przygotowany do pracy zawodowej,
- mieć podstawy do kontynuacji nauki na kolejnym stopniu studiów,
- mieć świadomość konieczności uczenia się przez całe życie.

13.2. Szkolnictwo wyższe - uwarunkowania i trendy

Otoczenie szkół wyższych w Polsce ulega ciągłym i coraz bardziej dynamicznym zmianom. Ta zmienność musi być uwzględniana przy planowaniu działań zmierzających do zapewniania wymaganej jakości kształcenia.

Najważniejsze w okresie ostatnich dziesięciu lat nowe uwarunkowania dotyczące studiów to ustawowe wprowadzenie w naszym kraju zasady studiów trzystopniowych (2005) oraz Krajowych Ram Kwalifikacji (2011). Studia wyższe dwustopniowe z dyplomem pośrednim wprowadzono m.in. dla ochrony jakości i prestiżu dyplomu magisterskiego.

W polityce państwa po 1990 r. przyjęto priorytet upowszechniania studiów wobec dramatycznych zaniedbań w tej dziedzinie. Jedynie co dziesiąty młody człowiek w wieku studenckim mógł podjąć studia. W 1990 r. jedynie 7% obywateli legitymowało się wyższym wykształceniem. Dla rozwoju Polski priorytetem stały się więc studia i osiągnięcie wskaźnika skolaryzacji w zakresie szkolnictwa wyższego na poziomie europejskim, tj. przekraczającego 40%. Uczelnie miały przede wszystkim kształcić, a nie koncentrować się na badaniach naukowych. Uznano, że wzrost w obszarze badań naukowych można odłożyć na później. Choć w relacji do PKB – na relatywnie niskim wtedy poziomie po spadkach w pierwszym okresie transformacji – pojawiły się w tych latach najwyższe nakłady na naukę, to potem one tylko spadały aż do 2009 r.

Zaczęły oddalać się od siebie pierwotnie zbliżone, mierzone w PKB, nakłady na szkolnictwo wyższe i na badania naukowe. Doszło do tego, że o ile w udziale szkolnictwa wyższego w budżecie państwa zbliżyliśmy przed kilku latami do pozycji 1% PKB, to w nauce spadliśmy do minimalnego poziomu ok. 0,3%. Takie były skutki politycznej strategii władz państwowych.

Na tym tle warto odnotować jednak wysiłek wielu polskich uczelni na rzecz doskonalenia procesu kształcenia, obejmujący nie tylko dostosowywanie się do ogromnego wzrostu liczby studentów, ale także nowe inicjatywy programowe oraz zmiany w systemie studiów.

W najbliższych latach liczba studentów będzie spadać, a liczba kandydatów jeszcze bardziej. Dlatego teraz szkoły wyższe powinny się skupić na rozwoju badań naukowych.

W procesie poprawy jakości kształcenia ważny jest wewnętrzny system zapewniania jakości, odnoszący się do wszystkich etapów i aspektów procesu dydaktycznego, uwzględniający w szczególności wszystkie formy weryfikowania efektów kształcenia na poszczególnych kierunkach studiów, osiąganych przez studenta w zakresie wiedzy, umiejętności i kompetencji społecznych. System jakości kształcenia powinien być kluczowym punktem oceny Państwowej Komisji Akredytacyjnej – PKA.

Ważnym zadaniem uczelni powinno być monitorowanie karier (losów absolwentów).

Niektóre obserwowane trendy w szkolnictwie wyższym:

- Rośnie liczba mobilnych studentów, pobierających naukę poza ojczystym krajem. Rozwijają się międzynarodowe programy wymiany studentów i kadry, a wiele uczelni prowadzi aktywnie politykę pozyskiwania studentów i nauczycieli w skali globalnej.
- Kadra akademicka staje się coraz bardziej mobilna i zorientowana międzynarodowo. Tendencja ta ma duże znaczenie w obliczu powstawania Europejskiej Przestrzeni Badawczej (ERA), której założeniem jest swobodny przepływ badaczy miedzy państwami UE.

- Akademickie badania naukowe stają się coraz bardziej umiędzynarodowione. Przez ostatnich dwadzieścia lat dwukrotnie wzrosła liczba wspólnych publikacji międzynarodowych autorów pochodzących z różnych krajów.
- Wzrósł poziom finansowania badań z funduszy międzynarodowych (w tym Unii Europejskiej).
- Rosnąca rola rankingów międzynarodowych, które w dużym stopniu opierają się na kryteriach badawczych, prowadzi to do wzrostu globalnej konkurencji w badaniach.

Niezbędne reformy systemów szkolnictwa wyższego pozostają silnie osadzone w europejskich wartościach - autonomii uczelni, wolności akademickiej i równości społecznej.

W komunikacie ministerialnym przyjętym w Leuven w 2009 r. za priorytety szkolnictwa wyższego na najbliższe lata (do roku 2020) uznano:

- równy dostęp do szkolnictwa wyższego i możliwość ukończenia studiów - społeczność studentów uczelni powinna odzwierciedlać różnorodność populacji europejskich,
- uczenie się przez cale życie jako integralną część systemów edukacji,
- elastyczne ścieżki uczenia się, studia w niepełnym wymiarze oraz uczenie się w środowisku pracy,
- opracowanie Krajowych Ram Kwalifikacji i odniesienie ich do Europejskich Ram Kwalifikacji,
- wyposażenie studentów w zaawansowaną wiedze, umiejętności i kompetencje, jakich potrzebują przez całe swoje życie zawodowe,
- doradztwo zawodowe i praktyki zawodowe wbudowane w programy studiów,
- konieczność ciągłej reformy programów kształcenia ukierunkowanej na określenie i doskonalenie efektów kształcenia,
- otwartość w wymiarze międzynarodowym i umiędzynarodowienie działań uczelni,
- zwiększenie poziomu mobilności w ramach Europejskiego Obszaru Szkolnictwa Wyższego,
- atrakcyjne warunki pracy i ścieżki awansu zawodowego oraz otwarta międzynarodowa rekrutacja dla kadry,
- priorytet dla finansowania szkolnictwa wyższego środkami publicznymi, przy jednoczesnym poszukiwaniu nowych i zróżnicowanych źródeł oraz metod finansowania,
- inwestycje publiczne w szkolnictwie wyższym.

Po okresie gwałtownego wzrostu liczby studentów oraz liczby uczelni, trwającym od 1990 r., nadrzędnym celem strategicznym w perspektywie 2020 r., a zarazem efektem realizacji strategii powinno być znaczące podniesienie jakości w trzech najważniejszych obszarach działania szkolnictwa wyższego: kształcenia, badań naukowych, oraz relacji uczelni z otoczeniem społecznym i gospodarczym.

W obszarze kształcenia niezbędne są takie zmiany w organizacji i programach studiów, które ułatwią absolwentom odnalezienie swojego miejsca na szybko zmieniającym się rynku pracy. Oznacza to konieczność elastycznego dostosowywania programów studiów do potrzeb i szerszego uczestnictwa uczelni w procesie uzupełniania i aktualizacji wiedzy absolwentów.

Działania w obszarze badań naukowych powinny prowadzić do poprawy jakości i wolumenu wyników badawczych, czego odzwierciedleniem będzie podwyższenie pozycji polskich uczelni w uznanych, międzynarodowych rankingach i poprawa wizerunku Polski w świecie. Prowadzone badania będą miały także bezpośrednie przełożenie na udoskonalenie procesów dydaktycznych.

W obu tych wymiarach podstawowe znaczenie ma wspieranie rozwoju kadry akademickiej, która jest kluczowym czynnikiem sukcesu.

W obszarze relacji z otoczeniem społecznym i gospodarczym konieczne jest zacieśnienie współpracy uczelni z pracodawcami przyszłych absolwentów, a także z aktywnymi zawodowo absolwentami. Współpraca ta jest niezbędna zarówno dla ciągłego doskonalenia oferty edukacyjnej, jak i dla intensyfikacji transferu wiedzy do sektora przedsiębiorstw i do instytucji publicznych.

13.3. Kształcenie geodetów i kartografów – dyskusje środowiskowe

Polityka państwa w latach 90. idąca w kierunku zwiększenia udziału społeczeństwa legitymującego się wyższym wykształceniem spowodowała znaczący wzrost liczby studentów na uczelniach kształcących na kierunku geodezja i kartografia. Za tym wzrostem liczby studentów nie szedł proporcjonalny wzrost kadry nauczającej i rozbudowa laboratoriów. Najczęściej proces ten objawiał się wzrostem liczebności studentów w grupach laboratoryjnych.

Drugim bardzo ważnym zjawiskiem w szkolnictwie wyższym jest powstanie licznych szkół niepublicznych, w zdecydowanej większości kształcących na 1-szym poziomie (inżynierskim). Szkoły te, działające na zasadach komercyjnych, są różnie przygotowane do pełnienia misji edukacyjnej. Dotyczy to zaplecza laboratoryjnego oraz kadry nauczającej, w znacznym stopniu rekrutującej się z istniejących uczelni publicznych.

Procesy te spowodowały bardzo znaczący wzrost liczby absolwentów legitymujących się wyższym wykształceniem. Obecnie (rok akademicki 2013/14) mamy 24 uczelnie realizujące kształcenie w dyscyplinie geodezja i kartografia, w tym 14 publiczne i 9 niepubliczne. Uczelnie te, corocznie przyjmują na studia ponad cztery tysiące kandydatów. Ciągły napływ tak znacznej liczby inżynierów geodetów, oraz niekorzystne zewnętrzne uwarunkowania gospodarcze w ostatnich latach spowodowały trudności na rynku pracy.

Zasygnalizowane problemy, szczególnie kształcenia, nie dotyczą tylko geodezji, są problemami większości szkół wyższych.

Od kilku lat w szeroko rozumianym środowisku geodezyjnym trwa poważna debata nad poziomem i programem kształcenia, i szerzej, stanem zawodu geodety w Polsce. Dyskusje te dotyczą środowiska akademickiego, geodezyjnej branży produkcyjnej i administracji geodezyjnej. Wszyscy wyrażają zaniepokojenie obniżającym się poziomem kształcenia i stanem rynku pracy. Nie ma już takiej zgody stanowisk, jeśli mówi się o przyczynach tego stanu oraz oczekiwaniach pod adresem uczelni i kwalifikacji absolwentów.

W szkolnictwie wyższym, a w tym na kierunkach geodezyjnych, od ponad 10 lat trwa intensywna reforma i wprowadzane są zmiany zasygnalizowane we wcześniejszej części rozdziału. Zawiązał się Konwent Dziekanów Wydziałów Geodezyjnych, zrzeszający obecnie osiem uczelni publicznych, realizujących kształcenie na kierunku geodezja i kartografia. Konwent ten w 2013 roku zawarł Porozumienie „Geodezja i kartografia w Polsce - nauka i kształcenie" stawiające sobie m.in. za cel rozwój naukowy oraz doskonalenie procesu kształcenia i podejmowanie działań kształtujących pozytywny wizerunek absolwenta w środowiskach potencjalnych pracodawców.

Z inicjatywy Głównego Geodety Kraju, od trzech lat organizowane są coroczne spotkania – fora, podejmujące zagadnienia kształcenia i doskonalenia zawodowego geodetów i kartografów. Cenne jest to, że w spotkaniach czynnie uczestniczą przedstawiciele środowisk akademickich, organizacji zawodowych i pracodawców, oraz administracji geodezyjnej. Stanowią okazję do wymiany poglądów i wypracowania propozycji środków zaradczych, którymi są żywo zainteresowane wszystkie strony.

W dyskusjach środowiskowych przewijają się problemy występujące w procesie kształcenia na kierunku geodezja i kartografia i – ogólniej – w szkolnictwie wyższym:

- słabe przygotowanie kandydatów do podjęcia studiów (szczególnie studia niestacjonarne);
- bardzo zróżnicowany (a często niewystarczający) poziom przygotowania kandydatów pochodzących z rożnych uczelni do podjęcia studiów 2-go stopnia;
- wieloetatowość kadry akademickiej (brak czasu dla studentów i na swój rozwój naukowy);
- niedostateczne przygotowanie absolwenci uczelni do wykonywania zawodu geodety;

13.4. Wpływ rozwoju dyscypliny na przewidywany rozwój kształcenia na kierunku geodezja i kartografii

Osiągnięcie wymaganych kompetencji zawodowych w zakresie wiedzy, umiejętności i kompetencji społecznych, odpowiadających wymogom obecnego i przyszłego poziomu rozwoju poszczególnych poddyscypliny, nakreślonych w rozdziale 13 i wcześniejszych, wymaga studiów na 2-gim poziomie kształcenia (poziom magisterski), możliwym do osiągnięcia w ramach poszczególnych specjalności na kierunku geodezja i kartografia. Program kształcenia musi co najmniej nadążać za rozwojem dyscypliny i uwzględniać przewidywane kierunki tego rozwoju.

Mając to na uwadze, można wskazać potrzeby wzbogacenia dotychczasowego programu dydaktycznego o nowe treści:

1. matematyka ze statystyką,
2. metody opracowania danych z teorią sygnałów,
3. fizyka z geofizyką,
4. modelowanie geoinformacyjne (GML, UML),
5. programowanie i korzystanie z Internetu,
6. grafika komputerowa,
7. wprowadzenie do prawa krajowego i unijnego. Zagadnienia prawne i organizacyjne w geodezji i kartografii.

Proces kształcenia powinien być silniej zorientowany na rozwiązywanie kompleksowych zadań i problemów, a nie na ćwiczenie jednostkowych operacji wyrwanych z szerszego kontekstu. Konieczny jest większy nacisk na wiedzę jako system powiązanych ze sobą elementów, ze zrozumieniem znaczenia tych związków w kontekście postawionego zadania.

Kształcenie powinno być bardziej zorientowane na przewidywaną rosnącą interdyscyplinarność otoczenia zawodu. Student w procesie kształcenia, obok pogłębionej wiedzy z zakresu poddyscypliny (specjalności), powinien wynieść również bardziej ogólną wiedzę z zakresu dyscyplin z którymi przyjdzie mu się spotkać w praktyce. Odnosi się to do modelu kształcenia wg schematu „T" (ang. *T-shaped*).

Proces kształcenia, oprócz konkretnej wiedzy i umiejętności, powinien być zorientowany również na kształcenie „miękkich" kompetencji (określanych w KRK jako kompetencje społeczne).

Tempo rozwoju technicznego i postęp cywilizacyjny każą traktować okres studiów uniwersyteckich i zdobyty dyplom tylko jako pierwszy etap w długim procesie kształcenia. Mówi się o „kształceniu ustawicznym" (ang. *life long learning*). Absolwent studiów uniwersyteckich powinien rozumieć potrzebę dokształcania i mieć świadomość konieczności doskonalenia posiadanych umiejętności i samokształcenia, a nawet przeprofilowania własnego wykształcenia w wyniku zmian na rynku pracy. Bardzo pomocne w tym powinny być studia podyplomowe, kursy, specjalistyczne szkolenia organizowane przez uczelnie i organy administracji publicznej. Tylko elastyczna edukacja może zapewnić zdobycie kwalifikacji i kompetencji, umożliwiających odnalezienie się na konkurującym rynku pracy.

Należy stworzyć mechanizmy, zachęcające silniejsze ośrodki akademickie na orientację na kształcenie na 3-cim poziomie (studia doktoranckie), oraz studia podyplomowe w zakresach wychodzących naprzeciw pojawiającym się potrzebom rynkowym.

Obecnie kształcenie na poziomie III stopnia – studia doktoranckie, prowadzi 6 uczelni mających uprawnienia do nadawania stopnia doktora i doktora habilitowanego. Są to:

1. Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Geodezji Górniczej i Inżynierii Środowiska.
   Uprawnienia do nadawania stopnia dr i dr hab.
2. Politechnika Warszawska, Wydział Geodezji i Kartografii.
   Uprawnienia do nadawania stopnia dr i dr hab.
3. Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Wydział Inżynierii Kształtowania Środowiska i Geodezji.
   Uprawnienia do nadawania stopnia dr i dr hab.
4. Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja (dawna Akademia Rolnicza) w Krakowie. Wydział Inżynierii Środowiska i Geodezji.
   Uprawnienia do nadawania stopnia dr.
5. Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, Wydział Geodezji i Gospodarki Przestrzennej.
   Uprawnienia do nadawania stopnia dr i dr hab.
6. Wojskowa Akademia Techniczna w Warszawie, Wydział Inżynierii Lądowej i Geodezji.
   Uprawnienia do nadawania stopnia dr.

Uczelnie wyższe powinny być żywo zainteresowane efektami swojej działalności. Można to osiągnąć m.in. poprzez wdrażanie systemu kontroli jakości kształcenia oraz ciągłego śledzenia karier absolwentów. Wnioski powinny przekładać się na korekty procesu kształcenia.

Korekta programu kształcenia powinna być oczywistym, ciągłym procesem, jako odpowiedź na ciągły rozwój dyscypliny geodezja i kartografia.

13.5. Literatura:

Cichoń M. (2011): *Krajowe Ramy Kwalifikacji Budowa programów studiów na bazie efektów kształcenia,* Seminarium szkoleniowo-dyskusyjne, Kraków, AGH, 20 stycznia 2011.

Drzewiecka M., Niewiadomski M.: *Polityka edukacyjna.*

Głogowski Z., Buczek A.: *Oczekiwania i życzenia w stosunku do absolwentów kierunku geodezja i kartografia* (prezentacja).

Chmiel J., Walo J. (2012): *Zmiany w kształceniu geodetów na uczelniach publicznych w Polsce w ostatnich latach*, Forum Kształcenie i doskonalenie zawodowe geodetów i kartografów, Warszawa, Zegrze, 17-18 września 2012.

Kraśniewski A.: *Jak przygotowywać programy kształcenia zgodnie z wymaganiami wynikającymi z Krajowych Ram Kwalifikacji dla Szkolnictwa Wyższego?*

Macukow B.: *Ogólne zasady Krajowych Ram Kwalifikacji istotne dla kierunków technicznych*, Politechnika Warszawska.

Rozporządzenie Ministra edukacji narodowej i sportu z dnia 18 kwietnia 2002 r. w sprawie określenia standardów nauczania dla poszczególnych kierunków studiów i poziomów kształcenia.

Rozporządzenie Ministra edukacji narodowej i sportu z dnia 3 listopada 2003 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie określenia standardów nauczania dla poszczególnych kierunków studiów i poziomów kształcenia

Rozporządzenie Ministra nauki i szkolnictwa wyższego z dnia 12 lipca 2007 r. w sprawie standardów kształcenia dla poszczególnych kierunków oraz poziomów kształcenia, a także trybu tworzenia i warunków, jakie musi spełniać uczelnia, by prowadzić studia międzykierunkowe oraz makrokierunki.

Strategia rozwoju Politechniki Warszawskiej do roku 2020, Warszawa, 2011.

Strategia rozwoju szkolnictwa wyższego w Polsce do 2020 roku, Ernst & Young, luty 2010.

Strategia rozwoju Wydziału Geodezji i Kartografii Politechniki Warszawskiej do roku 2020. Warszawa, maj 2012.

Walo J., Kulka A., Łopaciuk J., Gabryszewski M., Grodzicki S. (2011): *Kształcenie geodetów w Polsce*. XVII Dni Polsko-Czesko-Słowackie, Kraków, 19-21 maja 2011.

14. Podsumowanie (M. Baranowski)

Dynamiczny rozwój badań w zakresie dyscypliny geodezja i kartografia, jej silny związek z postępem technologicznym i spowodowanym nim przyspieszeniem cywilizacyjnym stawia trudne wyzwania przed ewolucją zawodu, ale może głównie przed ośrodkami akademickimi, które muszą w sposób permanentny modernizować programy kształcenia i modyfikować zakres i treść prowadzonych zajęć.

Powszechność dostępu do geoinformacji, idąca w parze z docieraniem technologii internetowej do licznych kręgów użytkowników, prowadzi do powszechności posługiwania się tego typu informacją. Następuje proces samokształcenia się społeczeństwa w zakresie tzw. „myślenia przestrzennego". To z kolei tworzy presję na włączanie geoinformacji do coraz nowszych obszarów działalności społecznej i gospodarczej oraz wykorzystywania jej w działalności administracji publicznej. Jej innowacyjność stanowi inspirację dla firm z różnych sektorów do stosowania geoinformacji w praktyce przedsiębiorstwa.

W ten sposób powstaje rynek dla specjalistów w dziedzinie geoinformacji, a przy tym kształconych w dyscyplinie geodezja i kartografia. Ponadto powszechność zastosowań geoinformacji w naturalny sposób ukierunkowuje rozwój geodezji i kartografii jako dyscypliny naukowej, ale i sektora działalności gospodarczej na interdyscyplinarność, która zarówno dla badań naukowych, kształcenia i wzmocnienia przedsiębiorczości ma charakter wzmacniający i dynamizujący. Wzrost interdyscyplinarności geodezji i kartografii jest już obserwowany od szeregu lat i ten trend rozwojowy powinien jej towarzyszyć w przyszłości.

Całe środowisko branży geodezyjnej i kartograficznej stoi przed potrzebą jej redefinicji i to nie tylko w wymiarze badań naukowych. Określenie nowej tożsamości dyscypliny naukowej, związane z redefiniowaniem jej domeny i agendy badawczej prowadzi zwykle do zmian w stosowanej terminologii. Wydaje się, że rozpoczęcie (lub wznowienie) dyskusji na ten temat staje się potrzebą chwili.

Niniejsze opracowanie powstało w bardzo krótkim czasie. Mnogość pozycji wartościowej i ważnej dla tej problematyki literatury stwarza poważny problem wynikający z potrzeby uwzględnienia maksymalnie wielu opracowań. Ponadto przy obserwowanym dzisiaj postępie w badaniach naukowych, rozwoju technologicznym, a również lawinowym przyroście publikacji występuje potrzeba kontynuowania prac w tym zakresie.

15. Literatura

l_23620030923pl00330049.pdf (Dz. U. UE, L 236 z 23. 9. 2003, pp. 33).

Bac – Bronowicz, J., Dukaczewski, D., (2003): *Stan kartografii urzędowej Europy. Miejsce polskiej kartografii urzędowej wśród kartografii europejskich. Wnioski dla rozwoju kartografii polskiej*, Wrocław, Stowarzyszenie Kartografów Polskich, (104 pp).

Baranowski, M., Bielecka, E., Dukaczewski, D., (2010): *Methods of Portraying Spatial Data Used in Official Geoinformation Services in Poland – A Comparative Study*, in: G. Gartner, F. Ortag (eds.) Cartography in Central and Eastern Europe, Lecture Notes in Geoinformation and Cartography, Berlin – Heidelberg, Springer – Verlag, pp. 41 – 62.

Białousz, S., Dukaczewski, D., Bochenek, Z., Grodzicki, M., Sowiński, P., Wysocka, E., (2003): *Geodeci w Unii Europejskiej*, Geodeta:

część I Austria i Belgia, Geodeta, z. 5, pp. 8–11,

część II Dania i Finlandia, Geodeta, z. 6, pp. 14–16,

część III Francja i Grecja, Geodeta, z. 7, pp. 18–21,

część IV Holandia i Hiszpania, Geodeta, z. 8, pp. 10–12,

część V Irlandia i Luksemburg, Geodeta, z. 9, pp. 18–20,

część VI Niemcy i Portugalia, Geodeta, z. 10, pp. 18–20,

część VII Szwecja i Wielka Brytania, Geodeta, z. 11, pp. 14–16,

część VIII Włochy, Geodeta, z. 12, pp. 20–21.

GMES.doc/* COM/2004/0065 final */ (Dz. U. UE C 92 z 16.04.2004, pp. 2–11).

CELEX_32003D2066_PL_TXT.pdf (Dz. U. UE L 309 z 26.11.2003, pp. 109).

CELEX_32004D0930_PL_TXT.pdf. (Dz. U. UE L 396 z 31.12.2004, pp. 51–60).

CELEX_32006D0392_PL_TXT.pdf. (notyfikowana jako dokument nr C(2006) 2062). (Dz. U. UE L 152 z 07.06.2006).

CELEX_32008D0860_PL_TXT.pdf (notyfikowana jako dokument nr C(2008) 6262). (Dz. U. UE L 303 z 14.11.2008, pp. 13–24).

Decyzja KE w zakresie Monitorownia i sprawozdawczosci l_14820090611pl00180026.pdf (Dz. U. UE L 148 z 11.06.2009, pp. 18–26).

l_33620091218pl00420049.pdf (notyfikowana jako dokument nr C(2009) 9935). (Dz. U. UE L 336 z 18.12.2009, pp. 42–49).

CELEX_32010D0352_PL_TXT.pdf (notyfikowana jako dokument nr C(2010) 3940). (Dz. U. UE L 160 z 26.06.2010, pp. 11–25).

CELEX_32011D0431_PL_TXT.pdf (notyfikowana jako dokument nr C(2011) 4852). (Dz. U. UE L 188 z 19.07.2011, pp. 50–60).

Dokument roboczy służb Komisji. Ocena krajowego programu reform i programu konwergencji na 2014 r. dla Polski {COM(2014)422final}, (55 pp.).

STATUS ZAWODU GEODETY_2002.pdf, IGiK, Warszawa.

ZASADY UZNAWANIA DYPLOMOW W ZAKRESIE GEODEZJI W KRAJACH UE.pdf IGiK, Warszawa.

Dukaczewski, D., (2003): *Badania analityczne regulacji prawnych dotyczących wzajemnego uznawania dyplomów i kwalifikacji do wykonywania zawodu geodety i kartografa w krajach unii europejskiej*, Warszawa, IGiK.

6-Dukaczewski.doc Roczniki Geomatyki, vol. V, z. 3, pp. 37–56.

36-Dukaczewski-inni2012.doc Roczniki Geomatyki, vol. X, z. 4 (54), pp. 77–93.

dyrektywa_2003_98_we.pdf (Dz. U. UE L 345 z 31.12.2003).

CELEX_32005L0036.pdf, Dz. U. UE, L 255, z 30.09.2007, s. 22–142.

l_36320061220pl00810106.pdf, (Dz. U. UE, L 100, z 20.12.2006, pp. 142–237).

CELEX_52004PC0516_PL_TXT.pdf, (Dz. U. UE, L 108, z 25.04.2007, pp. 1–14).

Powodz.pdf (Dz. U. UE L 288 z 6.11.2007, pp. 27–34).

European Parliament legislative resolution on the proposal for a European Parliament and Council decision on the continued application of aerial surveys and remote sensing techniques to the agricultural statistics for 2004-2007 and amending European Parliament and Council Decision 1445/2000/EC (COM (2003) 218 — C5-0196/2003 — 2003/0085(COD)). (Dz. U. UE C 74E z 24.03.2004, pp. 46).

Green paper-EN-TXT (3).pdf, COM(2008)616, COM (2008) 616, z dn. 6.10.2008 r.

Zielona_Ksiega_w_sprawie_zastosowan_nawigacji_satelitarnej.pdf Bruksela, dnia 8.12.2006 KOM(2006) 769 wersja ostateczna, (16 pp.).

tren_2007_01105_03_00_pl_tra_00.pdf {SEK(2007) 624} Bruksela, dnia 16.5.2007 KOM(2007) 261 wersja ostateczna.

1_PL_ACT_part1_v1.pdf, KOM(2010) 2020 wersja ostateczna, Bruksela 3.3.2010, (37 pp.).

CELEX_52014DC0254_PL_TXT.pdf, /* COM/2014/0254 final */08/05/2014.

CELEX_52010DC0245R(01)_PL_TXT.doc, KOM (2014) 245 wersja ostateczna/2, Bruksela, dnia 26.8.2010.

CELEX_52005DC0565.pdf/* COM/2005/0565 końcowy */10/11/2005.

M20120252-1.pdf, Załącznik do uchwały Rady Ministrów z dnia 13 grudnia 2011 r. (Monitor Polski, Warszawa, dnia 27 kwietnia 2012 r. Poz. 252).

01_KSRR_13_07_2010.docx, Warszawa, Ministerstwo Rozwoju Regionalnego, 13 lipca 2010 r., (201 pp.).

9705dd8116fa2dc.doc, Warszawa, Ministerstwo Gospodarki, 2013, (49 pp.).

Open-Government-Initiative.Full_.Jul11.pdf, Open Society Foundation, 2011.

c_33920101214pl00140019.pdf COM(2009) 223 wersja ostateczna – 2009/0070 (COD) (Dz. U. C 339 z 14.12.2010, pp. 14–19).

04_Strategia-DSRK-PL2030-RM.docx 2013, Warszawa, Ministerstwo Administracji i Cyfryzacji, 11 stycznia 2013 r., (145 pp.).

Kosmos-Program działań RM-26.06.12.pdf, Warszawa, Ministerstwo Gospodarki, czerwiec 2012 r, (39 pp.).

06_POIR_do_KE_10012014.docx, Warszawa, styczeń 2014 r., (134 pp.).

07_POIS_2014_2020_08012014.docx, (projekt), Warszawa, Ministerstwo Infrastruktury i Rozwoju, 8 stycznia 2014 r., (196 pp.).

08_POPC_4_0_8_01_14_ost_10012014.docx, wersja 4.0, Warszawa, 8 stycznia 2014, (73 pp).

05_POPT_2014-2020_ver_40_10012014.docx, (projekt), wersja 4.0, Warszawa, Ministerstwo Infrastruktury i Rozwoju, 5 grudnia 2013 r., (54 pp.).

09_PO_WER_08012014.docx, Ministerstwo Infrastruktury i Rozwoju, Unia Europejska, Europejski Fundusz Społeczny, wersja z dnia 08. 01. 2014, (160 pp).

CELEX_52003PC0218.pdf /* COM/2003/0218 final - COD 2003/0085 */29/04/2003.

Rezolucja legislacyjna Parlamentu Europejskiego w sprawie wniosku dotyczącego rozporządzenia Rady w sprawie elektronicznego rejestrowania i sprawozdawczości dotyczącej działalności połowowej i systemów teledetekcji (COM(2004)0724 - C6-0187/2004 – 2004/0252(CNS)), (Dz. U. UE C 193E z 17.08.2006, pp. 67–69).

CELEX_52008AP0010_PL_TXT.pdf (COM(2007)0383 — C6-0273/2007 — 2007/0132(CNS)), (Dz. U. UE C 41E z 19.02.2009, pp. 104–106).

CELEX_52011IP0024_PL_TXT.pdf (2009/2214(INI)), (Dz. U. C 136E z 11.05.2012, pp. 71–81).

CELEX_32003R1461_PL_TXT.pdf, (Dz. U. UE L 208 z 19.08.2003, pp. 14–16).

CELEX_32003R2244_PL_TXT.pdf, (Dz. U. UE L 333 z 20.12.2003, pp. 98–108).

CELEX_32007R1303_PL_TXT.pdf, (Dz. U. UE L 290 z 08.11.2007, pp. 3–13).

Rozporzadzenie KE o metadanych l_32620081204pl00120030.pdf (Dz. Urz. UE L 326 z 04.12.2008, pp. 12–30).

Rozporzadzenie w sprawie uslug sieciowych l_27420091020pl00090018.pdf (Dz. U. UE L 274 z 20.10.2009, pp. 9–10).

Rozporzadzenie KE w sprawie wspolnego korzystania z danych l_08320100330pl00080009.pdf (Dz. U. UE, L 38 z 30.03.2010, pp. 8–9).

Rozp_1088_2010_uslugipobierania-i-przeksztalcania.pdf (Dz. Urz. UE L 323 z 08.12.2010, pp. 1–10).

rozp1089_2010_interoperacyjnosc.pdf (Dz. Urz. UE L 323 z 8.12.2010, pp.11–102).

Listy_kodowe.pdf (Dz. Urz. UE L 31 z 5.02.2011, pp.13–34).

131216_roz.pdf (Dz. U. UE, L 331 z 10.12.2013, pp. 1–267).

D20111772.pdf (Dz. U. R.P. 2011, Nr 299, poz. 1772, pp. 17–462).

D20120125.pdf (Dz. U. 2012, Nr 0, poz. 125, pp.1–60).

D20120309.pdf (Dz. U. 2012, Nr 0, poz. 309, pp. 1–80).

D20120352.pdf (Dz. U. 2012, Nr 0, poz. 352, pp. 1–97).

D20140917.pdf (Dz. U., Warszawa, dnia 11 lipca 2014 r., poz. 917, pp. 1–37).

D20111065.pdf (Dz. U. 179, poz. 1065, pp. 10427–10429).

D20101233_Rozporzadzenie w sprawie Rady Infrastruktury Informacji Przestrzennej.pdf (Dz. U. 2010, Nr 183, poz. 1233, pp. 13912).

D20101333_Rozporzadzenie w sprawie ewidencji zbiorow i uslug danych przestrzennych.pdf (Dz. U. 2010, Nr 201, poz. 1333, pp. 14526–14530).

D20111571.pdf (Dz. U. 2011, Nr 263, poz. 1571 pp. 15307–15394).

D20111572.pdf (Dz. U. 2011, Nr 263, poz. 1572, pp. 15395–15461).

D20111642-03.pdf (Dz. U. 2011, Nr 279 poz. 1642, pp. 16096–16099, załącz. 1: 400 pp., załącz. 2: 609 pp.).

D20130104.pdf (Dz. U. 2013, poz. 104, pp.1–11).

D20131051.pdf (Dz. U. 2013, poz. 1051 z 10.09.2013, pp.1–9).

CELEX_32014R0377.pdf (Dz. U. UE L 122 z 24.04.2014, pp. 44–66).

CELEX_32006R1966_PL_TXT.pdf (Dz. U. UE L 409 z 30.12.2006, pp. 1–10).

TeledetWPR.pdf COM/2007/0383 końcowy - CNS 2007/0132 */05/07/2007.

CELEX_32008R0078_PL_TXT.pdf (Dz. U. UE L 25 z 30.01.2008, pp. 1–2).

D20111328.pdf (Dz. U. 2011, Nr 222, poz. 1328, pp. 13191–13192).

Sprostowanie-32008R1205R(02)-PL-TXT (1).pdf (Dz. U. UE, L 328 z 15.12.2009, pp. 83).

CELEX_52007DC0552_PL_TXT.doc, /* COM/2007/0552 dokument końcowy */27/09/2007.

D20120199.pdf (Dz. U. 2012, poz. 199, pp. 1–64).

D20120526.pdf (Dz. U. 2012, Nr 0, poz. 526, pp. 1–18).

D2012000100101.pdf (Dz. U. 2012, poz. 1001, 1 pp.).

COM_2013_553_PL_ACTE_f.pdf, /* COM/2013/0553 final 29/07/2013.

02_Strategia_Rozwoju_Kraju_2020.docx, Warszawa, Ministerstwo Rozwoju Regionalnego, wrzesień 2012 r., (322 pp.).

03_SSP-20-12-2012.docx, Projekt załącznika do uchwały Rady Ministrów, Warszawa, 20 grudnia 2012 r., (110 pp.).

Prawo g i k.pdf (Dz. U. 1989, nr. 30, poz. 163, pp. 1–45 ze zmianami, opracowano na podstawie Dz. U. z 2010 r., nr 193, poz. 1287, Dz. U. z 2013 r., poz. 805, 829, 1635).

D20061658Lj.pdf (Dz. U. z 2009 r. Nr 84, poz. 712, z późn. zm.).

Ustawa o IIP_D20100489.pdf. (Dz. U. 2010, nr 76, poz. 489, pp. 6462–6477).

D20140897.pdf (Dz. U., Warszawa, dnia 4 lipca 2014 r., poz. 897, pp. 1–51).

CELEX_52004PC0724_PL_TXT.pdf /* COM/2004/0724 końcowy - CNS 2004/0252 */28/10/2004.

csr2014_poland_pl.pdf {SWD(2014)422 final}, 2.6.2014, (7 pp.).

csr2014_council_poland_pl.pdf (2014/C 247/19) (Dz. U. UE, C 247 z 29.7.2014, pp. 97–101).

16. Załączniki

16.1. Akademickie ośrodki geodezyjne, kartograficzne, teledetekcyjne (D. Dukaczewski)

Niniejszy załącznik stanowi listę działających w Polsce ośrodków akademickich zajmujących się geodezją. kartografią, teledetekcją, fotogrametrią, geoinformacji i geoinformatyką, które posiadają uprawnienia do prowadzenia działalności dydaktycznej w zakresie studiów wyższych I, II, III stopnia lub studiów podyplomowych w trybie stacjonarnym lub niestacjonarnym. W załączniku wyróżniono:

- uczelnie publiczne, prowadzące:
    - studia techniczne w zakresie geodezji i kartografii;
    - studia techniczne w zakresie geodezji i kartografii oraz studia humanistyczne w zakresie kartografii, teledetekcji, geoinformacji;
    - studia techniczne w zakresie systemów informacji geograficznej, geoinformacji, systemów nawigacyjnych, systemów wspomagania bezpieczeństwa;
    - Studia humanistyczne w zakresie kartografii, teledetekcji, systemów informacji przestrzennej, geoinformacji, geoinformatyki;
- uczelnie niepubliczne prowadzące studia techniczne w zakresie geodezji i kartografii.

Podane niżej informacje stanowią wynik kwerendy o stanie aktualności na połowę października 2014 r.

16.1.1. UCZELNIE PUBLICZNE

16.1.1.1. Studia techniczne w zakresie geodezji i kartografii

Warszawa

Politechnika Warszawska
Wydział Geodezji i Kartografii

Studia stacjonarne

Studia stacjonarne I i II stopnia o kierunku geodezja i kartografia

- Studia I - stopnia (inżynierskie) - 7 semestrów; bez specjalności;
- Studia II - stopnia (magisterskie) - 3 semestry; z podziałem na specjalności:
  - geodezja i nawigacja satelitarna[45]
  - geodezja inżynieryjno-przemysłowa[46]
  - kataster i gospodarka nieruchomościami[47]
  - fotogrametria i teledetekcja[48]

---

[45] **Absolwenci specjalności geodezja i nawigacja satelitarna** uzyskują specjalistyczną wiedzę oraz umiejętności w zakresie:
- zarządzania systemami aktywnych stacji nawigacji satelitarnej,
- badania i modelowania kształtu i własności fizycznych Ziemi,
- wykorzystania współczesnych metod i systemów nawigacji,
- posługiwania się układami współrzędnych stosowanymi w geodezji,
- geodynamice, nawigacji i astronomii.

Potrafią posługiwać się nowoczesnymi technikami pomiarów geodezyjnych, grawimetrycznych i satelitarnych oraz wykorzystywać wyniki tych pomiarów

[46] A**bsolwenci specjalności geodezja inżynieryjno - przemysłowa** uzyskują specjalistyczną wiedzę oraz umiejętności w zakresie:
- geodezyjnej obsługi inwestycji,
- pomiarów przemieszczeń obiektów i ich otoczenia,
- tworzenia i wykorzystywania systemów informacji o obiektach inżynierskich i terenach zurbanizowanych

Są przygotowani do projektowania i obsługi zaawansowanych systemów kontrolno-pomiarowych, wykorzystujących zarówno techniki naziemne jak i satelitarne. Potrafią współpracować ze specjalistami z innych branż technicznych w realizacji zadania pomiarowego oraz interpretacji wyników

[47] **Absolwenci specjalności kataster i gospodarka nieruchomościami** uzyskują specjalistyczną wiedzę oraz umiejętności z zakresu:
- zakładania i prowadzenia katastru,
- znajomości prawnych i technicznych zasad gospodarowania nieruchomościami, ze szczególnym uwzględnieniem scaleń,
- podziałów oraz wyceny nieruchomości.

Posiadają ponadto umiejętności projektowania optymalnych struktur przestrzennych gospodarstw rolnych, wykonywania niezbędnej dokumentacji geodezyjnej dla potrzeb prowadzenia gospodarki leśnej oraz obsługi procesów inwestycyjnych związanych z melioracją użytków rolnych.

[48] **Absolwenci specjalności fotogrametria i teledetekcja** uzyskują specjalistyczną wiedzę w zakresie nowoczesnych cyfrowych technologii fotogrametrycznych i teledetekcyjnych, umożliwiających pozyskiwanie kartometrycznych i tematycznych danych o terenie w oparciu o obrazy wykonane z pułapu lotniczego, satelitarnego i naziemnego.

- kartografia i systemy informacji geograficznej[49]
- systemy informacji przestrzennej[50]

Studia doktoranckie

Studia prowadzone wspólnie dla całego kierunku studiów.

Studia podyplomowe

Studia podyplomowe, zaoczne o specjalności:

- systemy informacji przestrzennej[51]
- wycena nieruchomości[52]
- zarządzanie nieruchomościami[53]

Studia niestacjonarne

- Studia niestacjonarne zaoczne I stopnia (inżynierskie) o specjalności geodezja i systemy informacji przestrzennej.
- Studia niestacjonarne zaoczne II stopnia (magisterskie) o specjalnościach:
  - geodezja inżynieryjna,
  - kataster i systemy informacji przestrzennej,
  - technologie satelitarne w geodezji.

Absolwenci nabywają umiejętności tworzenia odpowiednich produktów cyfrowych takich jak ortofotomapy, numeryczne modele terenu czy mapy tematyczne oraz ich wykorzystania dla zasilania baz geoinformatycznych.

[49] **Absolwenci specjalności kartografia i systemy informacji geograficznej** uzyskują specjalistyczną wiedzę oraz umiejętności z zakresu:

- teorii odwzorowań kartograficznych,
- redagowania i opracowania map topograficznych i tematycznych,
- tworzenia baz danych i systemów informacji geograficznej,
- grafiki komputerowej,
- współczesnych technologii wydania i udostępniania opracowań kartograficznych za pośrednictwem sieci telekomunikacyjnych.

Posiadają znajomość podstaw programowania w GIS, elementów geostatystyki i technologii wydania map.

[50] **Absolwenci specjalności systemy informacji przestrzennej** zdobywają specjalistyczną wiedzę oraz umiejętności w zakresie:

- projektowania i tworzenia systemów informacji przestrzennej,
- pozyskiwania i aktualizacji danych dla systemów informacji przestrzennej,
- wykorzystania tych danych w geodezji i kartografii.

Posiadają znajomość różnych metod i technologii pomiaru oraz numerycznego opracowania i prezentacji wyników.

[51] Studia te są adresowane do pracowników samorządów terytorialnych (Urzędów Gmin, Starostw, Urzędów Marszałkowskich), administracji rządowej (Urzędy Wojewódzkie, Ministerstwa, Urzędy Centralne), pracowników służb i inspekcji (ochrony środowiska itp.)

[52] Program studiów obejmujący 244 godz. jest zgodny z minimum programowym ustalonym przez Ministra Infrastruktury. Zajęcia prowadzone są przez wybitnych specjalistów w zakresie szacowania nieruchomości. Po wykonaniu pracy dyplomowej oraz zdaniu egzaminu wewnętrznego (wrzesień) absolwenci otrzymują świadectwo ukończenia studiów podyplomowych. Ich ukończenie umożliwia uzyskanie uprawnień państwowych rzeczoznawcy majątkowego.

[53] Program studiów obejmujący 187 godz. jest zgodny z minimum programowym ustalonym przez Ministra Infrastruktury. Po wykonaniu pracy dyplomowej, oraz zdaniu egzaminu wewnętrznego (wrzesień) absolwenci otrzymują świadectwo ukończenia studiów podyplomowych

Uruchomienie danej specjalności następuje od 3 semestru po uprzednim wybraniu jej (wybór w trakcie 2-go semestru) przez minimum 15 studentów.

Wojskowa Akademia Techniczna im. Jarosława Dąbrowskiego, Wydział Inżynierii Lądowej i Geodezji Zakład Systemów Informacji Geograficznej (ZIG)

Studia stacjonarne

- Studia I stopnia o kierunku geodezja i kartografia[54]
- Studia II stopnia o specjalności:
  - fotogrametria, teledetekcja i systemy informacji geograficznej
  - pomiary geodezyjne i systemy informacji terenowej

Studia niestacjonarne

- Studia I stopnia o kierunku geodezja i kartografia
- Studia II stopnia o specjalności:
  - fotogrametria, teledetekcja i systemy informacji geograficznej
  - pomiary geodezyjne i systemy informacji terenowej

Kraków

Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska Katedra Analiz Środowiskowych, Kartografii i Geologii Gospodarczej

Studia stacjonarne

Kierunek Geodezja i Kartografia

- Studia I - stopnia (inżynierskie) - 7 semestrów; bez specjalności;
- Studia II - stopnia (magisterskie) - 3 semestry; z podziałem na specjalności:
  - geomatyka (GM)
  - geoinformatyka, fotogrametria i teledetekcja (GF)
  - geoinformacja i geodezja górnicza (GG)
  - geodezja inżynieryjno-przemysłowa (GI)

[54] Absolwent studiów na kierunku Geodezja i Kartografia jest przygotowany przede wszystkim do pracy w przedsiębiorstwach geodezyjnych. Posiada też wiedzę niezbędną do prowadzenia działalności inżynierskiej i naukowej w zakresie współczesnych metod i technik pomiarów geodezyjnych satelitarnych i naziemnych. Umie projektować i zakładać sieci geodezyjne poziome i pionowe. Zna metody i techniki przetwarzania analogowych i cyfrowych informacji obrazowych dla celów opracowań fotogrametrycznych i interpretacyjnych. Absolwent tego kierunku posiada wiedzę i umiejętności z zakresu metod projektowania i tworzenia systemów informacji przestrzennej typu GIS (Geographic Information System) i LIS (Land Information System).Jest przygotowany do tworzenia katastru nieruchomości oraz procedur stosowanych w gospodarce nieruchomościami, geodezyjnej obsługi obiektów inżynierskich i przemysłowych a także geodezyjnego urządzenia terenów rolnych. Zna zasady projektowania oraz metody opracowania i sporządzania map topograficznych i inżynieryjno-gospodarczych z wykorzystaniem techniki komputerowej. Jest przygotowany do teledetekcyjnego badania atmosfery oraz prognozowania jej stanu. Absolwenci tego kierunku, po odbyciu przewidzianej przepisami praktyki zawodowej, będą mogli się ubiegać o uprawnienia do wykonywania samodzielnych funkcji w geodezji i kartografii, co jest równoznaczne z prawem wykonywania wolnego zawodu. Kierunek Geodezja i Kartografia uzyskał certyfikat Państwowej Komisji Akredytacyjnej (PKA) do roku akademickiego 20014/2015.

- gospodarka nieruchomościami i kataster (GN)

Studia niestacjonarne

- geodezja inżynieryjno-przemysłowa (GI)
- gospodarka nieruchomościami i kataster (GN)

Wydział Geodezji Górniczej i Inżynierii Środowiska
Katedra Geomatyki

Studia stacjonarne

Kierunek Geodezja i Kartografia

- Studia I - stopnia (inżynierskie) - 7 semestrów; bez specjalności;
- Studia II - stopnia (magisterskie) - 3 semestry; z podziałem na specjalności:
  - geomatyka (GM)
  - geoinformatyka, fotogrametria i teledetekcja (GF)
  - geoinformacja i geodezja górnicza (GG)
  - geodezja inżynieryjno-przemysłowa (GI)
  - gospodarka nieruchomościami i kataster (GN)

Studia niestacjonarne

- Geodezja inżynieryjno-przemysłowa (GI)
- Gospodarka nieruchomościami i kataster (GN)

Wydział Geodezji Górniczej i Inżynierii Środowiska, Katedra Geoinformacji, Fotogrametrii i Teledetekcji Środowiska

Studia stacjonarne

Kierunek Geodezja i Kartografia

- Studia I - stopnia (inżynierskie) - 7 semestrów:
  - geodezja i kartografia
  - inżynieria środowiska;
- Studia II - stopnia (magisterskie) - 3 semestry; z podziałem na specjalności:
  - geodezja i kartografia
  - inżynieria środowiska

Studia II stopnia w językach obcych: Photogrammetry and Remote Sensing

Studia niestacjonarne

- Studia I - stopnia (inżynierskie) - 7 semestrów (Kraków, Nowy Sącz, Ruda Śląska):
  - geodezja i kartografia
  - inżynieria środowiska
- Studia II - stopnia (magisterskie) - 3 semestry; z podziałem na specjalności: (Kraków):
  - geodezja i kartografia
  - inżynieria środowiska

Studia Podyplomowe

- Lotniczy i naziemny skaning laserowy

Studia III stopnia - doktoranckie (Narzędzia informatyczne w badaniach naukowych, Systemy Informacji Przestrzennej)

Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie
Wydział Inżynierii Środowiska i Geodezji

Studia stacjonarne

- Studia I stopnia w zakresie geodezji i kartografii
- Studia II stopnia w zakresie geodezji i kartografii o specjalności:
    - geodezja rolna i wycena nieruchomości

Wrocław

Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
Wydział Inżynierii Kształtowania Środowiska i Geodezji
Instytut Geodezji i Geoinformatyki
Zakład Fotogrametrii i Kartografii

Studia stacjonarne

- Studia I stopnia (3, 5 roczne) inżynierskie) w zakresie geodezji i kartografii o specjalnościach:
    - geodezja i gospodarka nieruchomościami
    - geodezja i geoinformatyka
    - Geoinformatics (EN)
- Studia II stopnia w zakresie geodezji i kartografii o specjalności:
    - geodezja gospodarcza
    - geoinformatyka
    - gospodarka nieruchomościami

Studia niestacjonarne

- Studia I stopnia (4 letnie) inżynierskie) w zakresie geodezji i kartografii o specjalnościach:
    - geodezja i gospodarka nieruchomościami
    - geodezja i geoinformatyka
- Studia II stopnia w zakresie geodezji i kartografii o specjalności:
    - geodezja gospodarcza
    - geoinformatyka
    - gospodarka nieruchomościami

Studia podyplomowe

- wycena nieruchomości
- zarządzanie nieruchomościami i pośrednictwo w ich obrocie (brak naboru w roku 2014 – 2015)

Politechnika Wrocławska
Wydział Geoinżynierii, Górnictwa i Geologii,
Zakład Geodezji i Geoinformatyki (Z-2)

Studia stacjonarne

- Studia I stopnia w zakresie geodezji i kartografii
- Studia II stopnia w zakresie geodezji i kartografii o specjalności:
  - geoinżynieria
  - geoinformatyka
- Studia III Stopnia (doktoranckie)

Studia podyplomowe

- Systemy Informacji Geograficznej

Zakład Geologii i Wód Mineralnych

Studia stacjonarne

- Studia I stopnia w zakresie górnictwa i geologii
- Studia II stopnia w zakresie górnictwa i geologii
  - eksploatacja podziemna i odkrywkowa złóż
  - górnictwo podziemne i geologia
  - geoinformatyka
- Studia II stopnia Mining and Power Engineering II level - MSC

Studia niestacjonarne

- Studia I stopnia w zakresie górnictwa i geologii
- Studia II stopnia w zakresie górnictwa i geologii:
  - eksploatacja podziemna i odkrywkowa złóż
  - górnictwo podziemne i geologia
  - geoinformatyka

Gliwice

Politechnika Śląska
Wydział Górnictwa i Geologii
Instytut Geologii Stosowanej
Studia stacjonarne

- Studia stacjonarne I stopnia inżynierskie w zakresie górnictwa i geologii
- Studia stacjonarne II stopnia o kierunku geodezja i kartografia o specjalności:
  - geodezja górnicza
  - geologia górnicza i poszukiwawcza
- **Studia III stopnia - doktoranckie** w zakresie górnictwo i geologia inżynierska

Studia niestacjonarne

- Studia niestacjonarne I stopnia inżynierskie w zakresie górnictwa i geologii
- Studia niestacjonarne II stopnia o kierunku geodezja i kartografia o specjalności:
  - geodezja górnicza
  - geologia górnicza i poszukiwawcza

Lublin

Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie
Wydział Inżynierii Produkcji
Katedra Inżynierii Kształtowania Środowiska
Zakład Inżynierii Wiejskiej i Geodezji

Studia stacjonarne

- Studia I stopnia w zakresie geodezji i kartografii (7 semestrów)

Gdańsk

Politechnika Gdańska
Wydział Inżynierii Lądowej i Środowiska
Katedra Geodezji

Studia stacjonarne

- Studia I stopnia - 7 semestrów o kierunku geodezja i kartografia
  - specjalność: geodezja inżynieryjna,
  - profile: geodezja miejska oraz geodezja drogowa i kolejowa

Koszalin

Politechnika Koszalińska
Wydział Inżynierii Lądowej, Środowiska i Geodezji

Studia stacjonarne

Kierunek Geodezja i Kartografia

- Studia I - stopnia (inżynierskie) - 7 semestrów; kierunek: geodezja i kartografia
- Studia II - stopnia (magisterskie) - 3 semestry; geodezja i kartografia, specjalności:
  - geodezja gospodarcza (GM)

Studia niestacjonarne

Kierunek Geodezja i Kartografia

- Studia I - stopnia (inżynierskie) - 7 semestrów; kierunek: geodezja i kartografia
- Studia II - stopnia (magisterskie) - 3 semestry; geodezja i kartografia, specjalności:
  - geodezja gospodarcza (GM)

Szczecin

Akademia Morska w Szczecinie
Wydział Nawigacyjny
Instytut Geoinformatyki
Zakład Geodezji i Hydrografii
Zakład Kartografii i Geoinformatyki

Studia stacjonarne

- Studia stacjonarne I stopnia inżynierskie o specjalności;
  - geodezja i kartografia
  - geoinformatyka
- Studia stacjonarne II stopnia o kierunku geodezja i kartografia o specjalności
  - geodezja i kartografia
  - geoinformatyka

Studia podyplomowe

- Studia podyplomowe o kierunku geoinformatyka (nie zostały uruchomione w roku 2013 – 2014)

Studia III stopnia - doktoranckie w zakresie geodezji i kartografii

Olsztyn

Uniwersytet Warmińsko – Mazurski
Wydział Geodezji i Gospodarki Przestrzennej
Instytut Geodezji
Katedra Geodezji Szczegółowej

Studia stacjonarne

- Studia stacjonarne I stopnia inżynierskie o specjalności:
  - geodezja i geoinformatyka
  - geodezja i szacowanie nieruchomości
- Studia stacjonarne II stopnia o kierunku geodezja i kartografia o specjalności:
  - geodezja i szacowanie nieruchomości
  - geodesy and satellite navigation
  - geodezja gospodarcza
  - geodezja i nawigacja satelitarna
  - Geoinformatics
  - geodezja i technologie informatyczne
  - kataster nieruchomości

Studia podyplomowe

- geodezja numeryczna
- gospodarka nieruchomościami i podstawy geodezji
- metody satelitarnego pozycjonowania gnss w geodezji i systemach gis
- pośrednictwo w obrocie nieruchomościami

- zarządzanie nieruchomościami

Studia III stopnia - doktoranckie w zakresie geodezji i kartografii

Kielce

Politechnika Świętokrzyska w Kielcach
Wydział Inżynierii Środowiska, Geomatyki i Energetyki
Katedra Geomatyki – Geodezji i Kartografii

Studia stacjonarne

Kierunek: geodezja i kartografia

- Studia I - stopnia (inżynierskie) - 7 semestrów, kierunek: geodezja i kartografia

Jarosław

Państwowa Wyższa Szkoła Techniczno – Ekonomiczna im. Ks. B. Markiewicza w Jarosławiu
Instytut Inżynierii Technicznej

Studia stacjonarne

Kierunek: geodezja i kartografia

- Studia I - stopnia (inżynierskie) - 7 semestrów, kierunek: geodezja i kartografia

16.1.1.2. Studia techniczne w zakresie geodezji i kartografii oraz studia humanistyczne w zakresie kartografii, teledetekcji, geoinformacji

Poznań

Uniwersytet im. A. Mickiewicza w Poznaniu
Wydział Nauk Geograficznych i Geologicznych

Instytut Geografii Fizycznej i Kształtowania Środowiska Przyrodniczego
Zakład Kartografii i Geomatyki

Studia stacjonarne

- Studia I stopnia (licencjackie) w zakresie geografii
- Studia I stopnia (licencjackie) w zakresie geografii o specjalności geoinformacja
- Studia I stopnia (inżynierskie) w zakresie geoinformacji
- Studia II stopnia w zakresie geografii o specjalności :
    - kartografia i teledetekcja ;
    - geoinformacja
- **Studia III stopnia** (**doktoranckie**) o specjalności nauk o Ziemi

Studia niestacjonarne

- Studia I stopnia (inżynierskie) w zakresie geodezji i kartografii
- Studia II stopnia w zakresie geografii o specjalności:
  - kartografia i teledetekcja
- Studia II stopnia w zakresie geografii
- **Studia III stopnia** (**doktoranckie**) o specjalności nauk o Ziemi

Studia podyplomowe

- geoinformacja

Studia III stopnia – doktoranckie (zaoczne) w zakresie geografii

Instytut Geoekologii i Geoinformacji
Pracownia Analiz Geoinformacyjnych

Studia stacjonarne

- Studia I stopnia w zakresie geografii[55] o specjalności :

[55] Przedstawiony poniżej program kształcenia dotyczy I stopnia studiów stacjonarnych o profilu praktycznym na kierunku Geoinformatyka. Studia trwają 6 semestrów. Liczba godzin zajęć wynosi łącznie 1855. Liczba punktów ECTS łącznie wynosi 180.
I rok studiów:
Semestr 1 - podstawy GIS, technologia informacyjna, podstawy matematyczne map, wprowadzenie do matematyki, przestrzeń geograficzna i jej funkcjonowanie, logika, organizacja pracy i ochrona własności, podstawy geodezji i fotogrametrii.
Semestr 2 - podstawy fizyki, ekonomia i zarządzanie, analiza matematyczna, mechanika nieba, grafika komputerowa i przetwarzanie obrazów cyfrowych, geometria analityczna, bazy danych i zarządzanie informacją, technologie sieciowe, wychowanie fizyczne.
II rok studiów:
Semestr 3 - podstawy programowania i algorytmizacji, teoria grafów, środowisko programisty, rachunek prawdopodobieństwa i statystyka, geowizualizacja z elementami redakcji kartograficznej, teledetekcja.
Semestr 4 - globalne systemy pozycjonowania (zajęcia realizowane częściowo w terenie), analiza przestrzenna, aspekty prawne i organizacyjne GIS, podstawy obliczeń numerycznych, wizualizacje i analizy 3D.
III rok studiów:
Semestr 5 - GIS mobilny i GPS w terenie (zajęcia realizowane częściowo w terenie), podstawy programowania aplikacji GIS, kodowanie i transmisja danych, geostatystyka, tworzenie i zarządzanie serwisami internetowymi.
Semestr 6 - WEB-GIS, podstawy geoprzetwarzania, kurs programowania w języku JAVA
Przedmioty do wyboru (realizowane od 3 semestru) - seminarium licencjackie (semestry 5 i 6), po 7 przedmiotów do wyboru z Wydziału Nauk o Ziemi i Gospodarki Przestrzennej i Wydziału Matematyki, Fizyki i Informatyki.
Ponadto program przewiduje 120 godzin praktyk zawodowych (3 tygodnie) przewidzianych do odbycia w organach administracji państwowej, podmiotach gospodarczych (w kraju lub za granicą) lub innych instytucjach o profilu związanym ze zdobywanym wykształceniem
Dobór zajęć uwzględnia nabywanie przez studenta zarówno wiedzy teoretycznej, jak i umiejętności praktycznych umożliwiających przygotowanie i obronę pracy dyplomowej realizowanej na jednym z wydziałów kształcących na geoinformatyce. Umożliwia również kontynuowanie studiów na tym samym kierunku na poziomie magisterskim.

  - geoinformacja
- Studia II stopnia w zakresie geografii o specjalności:
  - geoinformacja

Instytut Geologii

Studia stacjonarne

- Studia I stopnia (licencjackie) w zakresie geologii o specjalności:
  - geologia poszukiwawcza
- Studia I stopnia (licencjackie) w zakresie geologii o specjalności:
  - geozagrożenia
- Studia I stopnia (inżynierskie) w zakresie geologii o specjalności:
  - geologia inżynierska
- Studia I stopnia (inżynierskie) w zakresie geologii o specjalności:
  - hydrogeologia
- Studia II stopnia (licencjackie) w zakresie geologii o specjalności:
  - geologia poszukiwawcza
- Studia II stopnia (licencjackie) w zakresie geologii o specjalności:
  - geozagrożenia
- Studia II stopnia (inżynierskie) w zakresie geologii o specjalności:
  - geologia inżynierska
- Studia II stopnia (inżynierskie) w zakresie geologii o specjalności:
  - hydrogeologia
- **Studia III stopnia** (**doktoranckie**) o specjalności geologia

16.1.1.3. Studia techniczne w zakresie systemów informacji geograficznej, geoinformacji, systemów nawigacyjnych, systemów wspomagania bezpieczeństwa

Gdynia

Akademia Marynarki Wojennej im. Bohaterów Westerplatte

Wydział Nawigacji i Uzbrojenia Okrętowego
Instytut Nawigacji i Hydrografii Morskiej
Pracownia Hydrografii

Pracownia Systemów Antykolizyjnych
Pracownia Urządzeń i Systemów Nawigacyjnych

Studia stacjonarne

- Studia I stopnia (licencjackie) nawigacja i zarządzanie bezpieczeństwem morskim
- Studia I stopnia (licencjackie) hydrografia i systemy informacji przestrzennej
- Studia I stopnia (licencjackie) informatyka morska
- Studia II stopnia (licencjackie) nawigacja morska

Studia III stopnia - doktoranckie w dziedzinie nauk społecznych, w dyscyplinie: nauki o bezpieczeństwie

Studia podyplomowe

- w zakresie zastosowania systemów nawigacyjnych w gospodarce i administracji publicznej
- w zakresie hydrografii
- w zakresie Systemów Informacji Przestrzennej
- w zakresie inżynierii systemów komputerowego wspomagania bezpieczeństwa

Wydział Dowodzenia i Operacji Morskich

Studia stacjonarne

- Studia I stopnia (licencjackie) systemy informacyjne w bezpieczeństwie
- Studia II stopnia (licencjackie) systemy informacyjne w bezpieczeństwie

Studia niestacjonarne

- Studia I stopnia (licencjackie) systemy informacyjne w bezpieczeństwie
- Studia II stopnia (licencjackie) systemy informacyjne w bezpieczeństwie

Studia III stopnia - doktoranckie w dziedzinie nauk społecznych, w dyscyplinie: nauki o bezpieczeństwie

16.1.1.4. Studia humanistyczne w zakresie kartografii, teledetekcji, systemów informacji przestrzennej, geoinformacji, geoinformatyki

Warszawa

Uniwersytet Warszawski
Wydział Geografii i Studiów Regionalnych
Zakład Geoinformatyki, Kartografii i Teledetekcji

Studia stacjonarne

- Studia I stopnia w zakresie geografii o specjalności :
  - geografia fizyczna stosowana
  - geografia społeczno – ekonomiczna stosowana

    - geoinformatyka
- Studia II stopnia o specjalności :
    - kartografia
    - teledetekcja
- **Studia III stopnia** (**doktoranckie**) o specjalności w zakresie nauk o Ziemi

Wydział Geologii
Zakład Tektoniki i Kartografii Geologicznej

Studia stacjonarne

- Studia I stopnia w zakresie geologii:
- Studia II stopnia o specjalności:
    - tektonika i kartografia geologiczna
    - paleontologia
    - geologia klimatyczna
    - geologia stratygraficzna i sedymentologia
    - geologia inżynierska
    - hydrogeologia
    - ochrona środowiska
    - geologia złożowa i gospodarcza
    - geochemia, mineralogia i petrologia
- **Studia III stopnia** (**doktoranckie**) o specjalności geologia

Polska Akademia Nauk
Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania im. Stanisława Leszczyckiego
Pracownia Kartografii i GIS

Studia III stopnia - doktoranckie w zakresie nauk o Ziemi

Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie
Zakład Geomatyki i Gospodarki Przestrzennej
Katedra Urządzania Lasu, Geomatyki i Ekonomiki Leśnictwa

Studia stacjonarne

- Studia I i II stopnia w zakresie gospodarki przestrzennej
- Studia I i II stopnia w zakresie leśnictwa

Wrocław

Uniwersytet Wrocławski
Wydział Nauk o Ziemi i Kształtowania Środowiska

Instytut Geografii i Rozwoju Regionalnego
Zakład Geoinformatyki i Kartografii

Studia stacjonarne

- Studia I stopnia (licencjackie) w zakresie geografii (profilowane ścieżki tematyczne: geografia fizyczna, gospodarka przestrzenna i rozwój regionalny, turystyka) lub gospodarki przestrzennej
- Studia II stopnia o specjalności:
  - Analizy regionalne i lokalne
  - geoinformatyka i kartografia
- **Studia III stopnia** (**doktoranckie**) o specjalności geografia

Instytut Nauk Geologicznych

Studia stacjonarne

- Studia I stopnia (licencjackie) w zakresie geologii
- Studia II stopnia w zakresie geologii:
  - geochemia środowiska i gospodarka odpadami
  - geologia poszukiwawcza
  - hydrogeologia
  - petrologia i mineralogia stosowana
- **Studia III stopnia** (**doktoranckie**) o specjalności geologia

Lublin

Uniwersytet Marii Skłodowskiej-Curie w Lublinie
Wydział Nauk o Ziemi i Gospodarki Przestrzennej
Zakład Kartografii

Studia stacjonarne

- Studia I stopnia w zakresie geografii lub geoinformatyki[56] o profilu praktycznym:

[56] Przedstawiony poniżej program kształcenia dotyczy I stopnia studiów stacjonarnych o profilu praktycznym na kierunku Geoinformatyka. Studia trwają 6 semestrów. Liczba godzin zajęć wynosi łącznie 1855. Liczba punktów ECTS łącznie wynosi 180.
I rok studiów:
Semestr 1 - podstawy GIS, technologia informacyjna, podstawy matematyczne map, wprowadzenie do matematyki, przestrzeń geograficzna i jej funkcjonowanie, logika, organizacja pracy i ochrona własności, podstawy geodezji i fotogrametrii.
Semestr 2 - podstawy fizyki, ekonomia i zarządzanie, analiza matematyczna, mechanika nieba, grafika komputerowa i przetwarzanie obrazów cyfrowych, geometria analityczna, bazy danych i zarządzanie informacją, technologie sieciowe, wychowanie fizyczne.
II rok studiów:
Semestr 3 - podstawy programowania i algorytmizacji, teoria grafów, środowisko programisty, rachunek prawdopodobieństwa i statystyka, geowizualizacja z elementami redakcji kartograficznej, teledetekcja.
Semestr 4 - globalne systemy pozycjonowania (zajęcia realizowane częściowo w terenie), analiza przestrzenna, aspekty prawne i organizacyjne GIS, podstawy obliczeń numerycznych, wizualizacje i analizy 3D.
III rok studiów:

  - kartografia z geoinformacją

- Studia II stopnia w zakresie geografii o specjalności:
  - kartografia z geoinformacją

- **Studia III stopnia** (**doktoranckie**) o specjalności nauk o Ziemi

Studia podyplomowe

- GIS w praktyce

Studia III stopnia - doktoranckie w zakresie geografii

Kraków

Uniwersytet Jagielloński
Wydział Biologii i Nauk o Ziemi

Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej
Zakład Systemów Informacji Geograficznej, Kartografii i Teledetekcji

Studia stacjonarne

- Studia I stopnia (licencjackie) w zakresie geografii o specjalności w zakresie:
  - geografii fizycznej
  - geografii społeczno – ekonomicznej
  - turystyki
  - gospodarki przestrzennej i rozwoju regionalnego
- Studia II stopnia w zakresie geografii o specjalności:
  - systemy informacji

Studia III stopnia (**doktoranckie**) w zakresie nauk o ziemi o dyscyplinie geografia

Studia podyplomowe

- Systemy Informacji Geograficznej UNIGIS

Semestr 5 - GIS mobilny i GPS w terenie (zajęcia realizowane częściowo w terenie), podstawy programowania aplikacji GIS, kodowanie i transmisja danych, geostatystyka, tworzenie i zarządzanie serwisami internetowymi.
Semestr 6 - WEB-GIS, podstawy geoprzetwarzania, kurs programowania w języku JAVA
Przedmioty do wyboru (realizowane od 3 semestru) - seminarium licencjackie (semestry 5 i 6), po 7 przedmiotów do wyboru z Wydziału Nauk o Ziemi i Gospodarki Przestrzennej i Wydziału Matematyki, Fizyki i Informatyki.
Ponadto program przewiduje 120 godzin praktyk zawodowych (3 tygodnie) przewidzianych do odbycia w organach administracji państwowej, podmiotach gospodarczych (w kraju lub za granicą) lub innych instytucjach o profilu związanym ze zdobywanym wykształceniem
Dobór zajęć uwzględnia nabywanie przez studenta zarówno wiedzy teoretycznej, jak i umiejętności praktycznych umożliwiających przygotowanie i obronę pracy dyplomowej realizowanej na jednym z wydziałów kształcących na geoinformatyce. Umożliwia również kontynuowanie studiów na tym samym kierunku na poziomie magisterskim.

Instytut Nauk Geologicznych
Studia stacjonarne

- Studia I stopnia (licencjackie) w zakresie geologii
- Studia II stopnia w zakresie geologii
- **Studia III stopnia** (**doktoranckie**) w zakresie nauk o Ziemi o dyscyplinie geologia

Sosnowiec

Uniwersytet Śląski,
Wydział Nauk o Ziemi

Instytut Geografii

Studia stacjonarne

- Studia I stopnia (licencjackie) w zakresie geografii
- Studia II stopnia w zakresie geografii o specjalności:
  - Geograficznych Systemów Informacyjnych

Studia niestacjonarne

- Studia I stopnia (licencjackie) w zakresie geografii
- Studia II stopnia w zakresie geografii o specjalności:
  - Geograficznych Systemów Informacyjnych

Instytut Geologii

Studia stacjonarne

- Studia I stopnia (licencjackie) w zakresie geologii
- Studia II stopnia w zakresie geologii o specjalności
  - geochemia i mineralogia
  - geologia stratygraficzno - poszukiwawcza

Toruń

Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu,
Wydział Nauk o Ziemi
Instytut Geografii
Zakład Kartografii, Teledetekcji i Systemów Informacji Geograficznej,
Katedra Geomatyki i Kartografii

Studia stacjonarne

- Studia I stopnia (licencjackie) w zakresie geografii
- Studia I stopnia (licencjackie) w zakresie geografii o specjalności w zakresie:
  - geografii turystycznej
  - nauczania przyrody

- Studia II stopnia w zakresie geografii o specjalności
  - geografia fizyczna i geoinformacja
  - geografia społeczno – ekonomiczna
  - nauczanie geografii

Studia niestacjonarne

- Studia I stopnia (licencjackie) w zakresie geografii
- Studia II stopnia w zakresie geografii
- Studia II stopnia w zakresie geoinformacji środowiskowej

Studia III stopnia (**doktoranckie**) w zakresie nauk o ziemi o dyscyplinie geografia

Studia podyplomowe

- Systemy Informacji Geograficznej w ochronie środowiska

Gdańsk

Uniwersytet Gdański
Instytut Geografii
Zakład Limnologii
Pracownia Kartografii, Teledetekcji i Systemów Informacji Geograficznej

Studia stacjonarne

- Studia I stopnia (licencjackie) w zakresie geografii
- Studia II stopnia w zakresie geografii o specjalności:
  - geografia fizyczna i geoinformacja
  - geografia społeczno – ekonomiczna

Studia niestacjonarne

- Studia I stopnia (licencjackie) w zakresie geografii
- Studia II stopnia w zakresie geografii o specjalności
  - geografia fizyczna i geoinformacja
  - geografia społeczno – ekonomiczna

Studia III stopnia (**doktoranckie**) w zakresie nauk o Ziemi o dyscyplinie geografia

Studia podyplomowe

- GIS - System Informacji Geograficznej

Szczecin

Uniwersytet Szczeciński
Wydział Nauk o Ziemi
Instytut Nauk o Morzu
Zakład Teledetekcji i Kartografii Morskiej

Studia stacjonarne

- Studia I stopnia (licencjackie) w zakresie geografii
- Studia I stopnia (licencjackie) w zakresie geoanalityki
- Studia II stopnia w zakresie geografii morza i wybrzeża
    - geografia fizyczna i geoinformacja
    - geografia społeczno – ekonomiczna

Studia podyplomowe

- Geografia dla nauczycieli (włącznie z kartografią i teledetekcją)

Słupsk

Akademia Pomorska w Słupsku
Instytut Geografii Studiów Regionalnych
Zakład Geoekologii i Geoinformacji
Pracownia Kartografii i Geoinformacji

Studia stacjonarne

- Studia stacjonarne I stopnia licencjackie w zakresie geografii o specjalności:
    - bioklimatologia
    - geoinformacja
    - kształtowanie i zarządzanie środowiskiem przyrodniczym
    - gospodarka i polityka samorządowa
- Studia stacjonarne II stopnia o kierunku geografia o specjalności:
    - geografia bezpieczeństwa
    - gospodarka i administracja samorządowa
    - kształtowanie i zarządzanie środowiskiem przyrodniczym;

Studia niestacjonarne

- Studia niestacjonarne I stopnia licencjackie w zakresie geografii o specjalności:
    - bioklimatologia
    - geoinformacja
    - kształtowanie i zarządzanie środowiskiem przyrodniczym
    - gospodarka i polityka samorządowa
- Studia niestacjonarne II stopnia o kierunku geografia o specjalności
    - geografia bezpieczeństwa
    - gospodarka i administracja samorządowa
    - kształtowanie i zarządzanie środowiskiem przyrodniczym;

Łódź

Uniwersytet Łódzki
Wydział Nauk Geograficznych
Instytut Geografii Miast i Turyzmu
Zakład Geoinformacji

Studia stacjonarne

- Studia I stopnia licencjackie w zakresie geografii
- Studia I stopnia licencjackie w zakresie geografii nauczycielskiej
- Studia I stopnia licencjackie w zakresie geomonitoringu
- Studia I stopnia licencjackie w zakresie geoinformacji
- Studia II stopnia l w zakresie geomonitoringu
- Studia II stopnia w zakresie geoinformacji

Studia III stopnia - **doktoranckie** w zakresie nauk geograficznych

16.1.2. UCZELNIE NIEPUBLICZNE

16.1.2.1. Studia techniczne w zakresie geodezji i kartografii

Warszawa

Akademia Finansów i Biznesu Vistula w Warszawie

Studia stacjonarne

- Studia I stopnia w zakresie geodezji i kartografii[57]

Uczelnia Warszawska im. Marii Skłodowskiej – Curie w Warszawie

Studia stacjonarne

- Studia I stopnia w zakresie geodezji i kartografii[58]

---

[57] Podczas studiów na geodezji i kartografii studenci zdobywają wiedzę z zakresu wyznaczania położenia obiektów w przestrzeni, przedstawiania ich na mapie, a także badania i pomiarów deformacji ziemi. Uzyskują przygotowanie do rozpoczęcia własnej działalności gospodarczej.
Absolwenci tego kierunku mają posiadać:

- wszechstronne wykształcenie ogólne z zakresu matematyki, fizyki, podstaw nauk o Ziemi;
- praktyczną znajomość metod i technik pomiarowych stosowanych w geodezji, kartografii, fotogrametrii oraz teledetekcji przy rozwiązywaniu problemów inżynierskich;
- umiejętność wspomagania swojej pracy technikami komputerowymi;
- umiejętność wykorzystania wyników pomiarów w istniejących i tworzonych systemach informacji o terenie;
- umiejętność czynnego uczestnictwa w procesie pozyskiwania, przetwarzania, gromadzenia i udostępniania informacji o środowisku geograficznym Ziemi;
- umiejętność twórczego i racjonalnego wpływania na utrzymanie i doskonalenie ładu przestrzennego i ekologicznego, także w aspekcie bezpieczeństwa użytkowania i ochrony środowiska;
- umiejętność wykonywania rozgraniczeń, scaleń i podziałów nieruchomości oraz regulacji ich stanów prawnych;
- umiejętność wykonania różnych opracowań kartograficznych z zastosowaniem technologii fotogrametrycznych;
- niezbędną wiedzę prawną i ekonomiczną w zakresie prac geodezyjnych, gospodarki, katastru i szacowania nieruchomości;
- umiejętność stosowania wielu metod szacowania nieruchomości z wykorzystaniem różnorodnego oprogramowania;
- znajomość języków obcych, w tym także terminologii zawodowej w języku angielskim.

[58] Kwalifikacje absolwenta
Absolwent studiów zawodowych na kierunku geodezja i kartografia otrzymuje tytuł inżyniera. Jest on przygotowany do podjęcia pracy zawodowej w zakresie geodezji i kartografii oraz systemów informacji o terenie. Posiada niezbędny zasób wiedzy i praktycznego doświadczenia do wykonywania prac z zakresu pozyskiwania, przetwarzania i udostępniania informacji o terenie i znajdujących się na nim obiektach. Ponadto ma opanowane technologie prac pomiarowych, wykorzystujące elektroniczne urządzenia i aparaturę pomiarową, metody satelitarne oraz metody fotogrametrii i teledetekcji. Absolwent powinien posiadać umiejętności w dziedzinie technik komputerowych, w tym komputerowego wspomagania w zakresie geodezji i kartografii. Absolwent powinien także posiadać umiejętności techniczne oraz wiedzę ekonomiczną i prawną z zakresu gospodarki nieruchomościami.

Wrocław

Dolnośląska Szkoła Wyższa we Wrocławiu
Wydział Nauk Technicznych

Studia stacjonarne

Studia I stopnia w zakresie geodezji i kartografii o specjalności:

- geoinformatyka[59]
- geodezja gospodarcza[60]

Specjalności:
- systemy informacji przestrzennej
- kataster i wycena nieruchomości
- inżynieria geodezyjna

[59] **Charakterystyka specjalności**
Celem specjalności jest wykształcenie inżynierów geodetów z umiejętnością efektywnego wykorzystywania informacji przestrzennej. Umiejętność pozyskiwania, przetwarzania, analizowania, prezentacji i udostępniania danych przestrzennych staje się coraz ważniejszą dziedziną gospodarki.
Zakres specjalności:
Inżynier o specjalności geoinformatyka po studiach na kierunku geodezja i kartografia w DSW będzie specjalistą w zakresie:
- nowoczesnych technik pomiarowych: tachimetria elektroniczna, niwelacja cyfrowa, pomiary satelitarne GPS, fotogrametria cyfrowa bliskiego zasięgu, lotnicza i satelitarna, teledetekcja, naziemny i lotniczy skaning laserowy, lotniczy i satelitarny skaning radarowy, termowizja, grawimetria,
- tworzenia map do celów prawnych i planowania przestrzennego, map geograficznych topograficznych i tematycznych w szczególności map gospodarczych, społecznych, fizjograficznych, sozologicznych, górniczych, geologicznych i innych, zakładania i prowadzenia katastru nieruchomości oraz katastru uzbrojenia terenu,
- geodezyjnej obsługi gospodarki nieruchomościami, w szczególności podziały, rozgraniczenia i scalanie nieruchomości oraz wycena i obrót nieruchomościami,
- geodezyjnej obsługi budownictwa: sporządzanie map do celów projektowych, tyczenie obiektów projektu budowlanego, pomiary inwentaryzacyjne powykonawcze, pomiary przemieszczeń i odkształceń budowli.
- tworzenia trójwymiarowych realistycznych teksturowanych cyfrowych modeli i wizualizacji trójwymiarowej obiektów budowlanych, inżynieryjnych, archeologicznych, mechanicznych, przemysłowych jak również wnętrz budynków oraz zabudowy miast i terenu metodami fotogrametrycznymi i skaningu laserowego przy wykorzystaniu oprogramowania takiego jak Photomodeler, Aero-Sys, Geomatica, PG-Steamer, ArcGIS,
- tworzenia systemów geoinformacyjnych GIS w narzędziach takich jak ArcGIS i TNTmips z wykorzystaniem krajowej infrastruktury danych przestrzennych i zasobów internetowych dla wielu różnych zastosowań np.: planowanie inwestycji, planowanie sieci telekomunikacyjnych, ewidencja działek rolnych, nawigacja pracy ciągników rolniczych, koparek rzecznych i górniczych, zarządzanie kryzysowe, ochrona przeciwpowodziowa, analiza wododziałowa, geomorfologia, miejskie, powiatowe i wojewódzkie systemy informacji geograficznej, mobilna kartografia, systemy infrastruktury technicznej, monitorowanie i analiza przemieszczeń na terenach górniczych, ewidencja złóż geologicznych, zarządzanie drogami, komunikacja, nawigacja morska, śródlądowa, samochodowa oraz turystyczna

[60] **Charakterystyka specjalności**
Absolwent studiów na kierunku geodezja i kartografia otrzymuje tytuł inżyniera. Jest przygotowany do prowadzenia działalności zawodowej w zakresie geodezji, kartografii oraz systemów informacji o terenie, a także posługiwania się nowoczesnymi technikami pomiarów geodezyjnych, satelitarnych, fotogrametrycznych i teledetekcyjnych oraz przetwarzania wyników tych pomiarów i ich wykorzystania. Posiada podstawową wiedzę z zakresu matematyki, nauk przyrodniczych i technicznych oraz zna język obcy na poziomie B2. Wykazuje się specjalistyczną wiedzą z obszaru geodezji i kartografii, w szczególności zna metody badania i modelowania kształtu i właściwości fizycznych Ziemi, potrafi wykonywać geodezyjne pomiary sytuacyjne i wysokościowe terenowe, fotogrametryczne i

Studia podyplomowe

- Systemy Informacji Geograficznej

Bydgoszcz

Kujawsko – Pomorska Szkoła Wyższa w Bydgoszczy
Wydział techniczny

Studia stacjonarne

- Studia I - stopnia (inżynierskie) - 7 semestrów; kierunek: geodezja i kartografia;

Słupsk

Wyższa Szkoła Inżynierii Gospodarki w Słupsku
Wydział Gospodarki Przestrzennej i Geodezji
Katedra Katastru i Systemów Informacji Przestrzennej

Studia stacjonarne

- Studia I - stopnia (inżynierskie) - 7 semestrów; kierunek: geodezja i kartografia o specjalności w zakresie:
    - geodezji inżynieryjnej
    - geodezji i nawigacji satelitarnej
    - geodezji rolnej i leśnej
    - zintegrowanych systemów informacji przestrzennej;

---

kartometryczne, potrafi wykonywać opracowania kartograficzne oraz przeprowadzać geodezyjną obsługę inwestycji i geodezyjną obsługę gospodarki nieruchomościami. Absolwent tej specjalności geodezja gospodarcza posiada wiedzę i umiejętności w zakresie geodezji drogowej, kolejowej, rolnej, leśnej, przemysłowej i górniczej. Ponadto zdobywa umiejętności kierowania zespołami, zakładania firm geodezyjnych i zarządzania nimi oraz korzystania z prawa w zakresie niezbędnym do wykonywania zawodu i prowadzenia działalności gospodarczej.
Absolwent jest przygotowany do pracy w przedsiębiorstwach geodezyjnych i firmach geodezyjnych, administracji, przedsiębiorstwach działających w dziedzinie gospodarki nieruchomościami, inwestycji i nieruchomości oraz firmach konsultingowych, doradczych i firmach z otoczenia biznesu.
Absolwent jest przygotowany do podjęcia studiów drugiego stopnia.
Zakres specjalności:
Inżynier o specjalności geodezja gospodarcza po studiach na kierunku geodezja i kartografia w DSW będzie specjalistą w zakresie:

- nowoczesnych technik pomiarowych: tachimetria elektroniczna, niwelacja cyfrowa, pomiary satelitarne GPS, fotogrametria cyfrowa bliskiego zasięgu, lotnicza i satelitarna, teledetekcja, naziemny i lotniczy skaning laserowy, lotniczy i satelitarny skaning radarowy, termowizja, grawimetria,
- tworzenia map do celów prawnych i planowania przestrzennego, map geograficznych topograficznych i tematycznych w szczególności map gospodarczych, społecznych, fizjograficznych, sozologicznych, górniczych, geologicznych i innych, zakładania i prowadzenia katastru nieruchomości oraz katastru uzbrojenia terenu,
- geodezyjnej obsługi gospodarki nieruchomościami, w szczególności podziały, rozgraniczenia i scalanie nieruchomości oraz wycena i obrót nieruchomościami,
- geodezyjnej obsługi budownictwa: sporządzanie map do celów projektowych, tyczenie obiektów projektu budowlanego, pomiary inwentaryzacyjne powykonawcze, pomiary przemieszczeń i odkształceń budowli.

Studia podyplomowe

Studia podyplomowe o kierunku:

- zintegrowane systemy informacji przestrzennej
- zarządzanie nieruchomościami

Łódź

Społeczna Akademia Nauk w Łodzi
Wydział Studiów Międzynarodowych i Informatyki
Instytut Technologii Informatycznych
Zakład Geodezji

Studia stacjonarne

Kierunek geodezja i kartografia

- Studia I - stopnia (inżynierskie) - 7 semestrów; kierunek: geodezja i kartografia
- Studia II - stopnia (magisterskie) kierunek: geodezja i kartografia, o specjalności:
    - geodezja gospodarcza
    - kataster i gospodarka nieruchomościami

Radom

Radomska Szkoła Wyższa
Wydział Ekonomiczny
Katedra Nauk Technicznych i Informatyki

Studia stacjonarne

Kierunek geodezja i kartografia

- Studia I - stopnia (inżynierskie) - 7 semestrów; kierunek: geodezja i kartografia

Kutno

Wyższa Szkoła Gospodarki Krajowej w Kutnie
Wydział Nauk Technicznych

Studia stacjonarne

Kierunek Geodezja i Kartografia

- Studia I – stopnia, kierunek: geodezja i kartografia o specjalności:
    - geodezja gospodarcza i gospodarka nieruchomościami
    - geoinformatyka
    - geodezja rolna, leśna i inżynieria majątkowa
- Studia II – stopnia, kierunek: geodezja i kartografia o specjalności:
    - geodezja gospodarcza i gospodarka nieruchomościami

- geoinformatyka
- geodezja rolna, leśna i inżynieria majątkowa

Ostrowiec Świętokrzyski

Wyższa Szkoła Biznesu i Przedsiębiorczości w Ostrowcu Świętokrzyskim
Wydział Nauk Społecznych i Technicznych

Studia stacjonarne

Kierunek geodezja i kartografia

- Studia I - stopnia (inżynierskie) - 7 semestrów; kierunek: geodezja i kartografia

Rzeszów

Wyższa Szkoła Inżynieryjno – Ekonomiczna w Rzeszowie
Wydział Przedsiębiorczości

Studia stacjonarne

Kierunek geodezja i kartografia

- Studia I - stopnia (inżynierskie) - 7 semestrów; specjalności:
  - geodezyjne urządzanie przestrzeni i wycena nieruchomości [61]
  - geoinformatyka[62]

[61] Specjalność geodezyjne urządzanie przestrzeni i wycena nieruchomości daje studentowi podstawową wiedzę z zakresu matematyki, nauk przyrodniczych i nauk technicznych oraz wiedzę specjalistyczną z dziedziny geodezji i kartografii. Absolwent posiada kompetencje w zakresie: gospodarowania nieruchomościami oraz określania ich wartości, prowadzenia katastru nieruchomości, numerycznego opracowywania i prezentacji wyników pomiarów geodezyjnych, określania i ewidencjonowania stanu własności nieruchomości, pozyskiwania danych dla systemów informacji przestrzennej i gospodarki nieruchomościami, projektowania rozwoju obszarów wiejskich, wykonywania pomiarów i opracowywania map dla potrzeb katastrów nieruchomości, geodezyjnej realizacji i obsługi inwestycji, podejmowania działań z zakresu rozwoju nieruchomości. Taki zakres wiedzy pozwala absolwentom na podjęcie pracy na różnych stanowiskach merytorycznie związanych z wykształceniem w administracji rządowej i samorządowej, biurach geodezyjnych prowadzących pracę z zakresu modernizacji katastru nieruchomości oraz scalania i wymiany gruntów, w biurach zajmujących się wyceną nieruchomości, zarządzania i obrotu nieruchomościami oraz w jednostkach zajmujących się szeroko pojętą gospodarką ziemią

[62] Specjalność Geoinformatyka daje studentowi podstawową wiedzę z zakresu matematyki, nauk przyrodniczych i nauk technicznych oraz wiedzę specjalistyczną z dziedziny geodezji i kartografii. Absolwent posiada kompetencje w zakresie: wykonywania pomiarów i opracowywania map numerycznych, z uwzględnieniem automatyzacji przetwarzania danych pomiarowych, projektowania i realizacji osnów geodezyjnych z wykorzystaniem techniki GPS, obsługi komputerowych systemów tworzenia map numerycznych i powiązanych z nimi baz danych, przetwarzania zdjęć fotogrametrycznych (lotniczych i satelitarnych) i map rastrowych, programowania komputerowego w wybranym języku algorytmicznym, wykonywania zadań specjalnych z zakresu geodezji inżynieryjnej oraz zaawansowanych analiz w Systemach Informacji Przestrzennej, w tym wykonywanie skomplikowanych zapytań do baz i operacji rastrowo-wektorowych. Absolwent jest przygotowany do: prowadzenia działalności inżynierskiej w zakresie geodezji, kartografii oraz systemów informacji przestrzennej; posługiwania się nowoczesnymi technikami pomiarów geodezyjnych, satelitarnych, fotogrametrycznych i teledetekcyjnych oraz przetwarzania wyników tych pomiarów i ich wykorzystania.

- Studia II - stopnia (magisterskie) - 3 semestry, specjalności:
    - geodezyjne urządzanie przestrzeni[63]
    - geoinformatyka i skaning laserowy

Studia podyplomowe

- Przetwarzanie danych w nowoczesnych technologiach geodezyjnych[64]

Absolwent jest przygotowany do pracy w: przedsiębiorstwach geodezyjnych, małych firmach, w jednostkach administracji samorządowej i rządowej; firmach otoczenia biznesu.

[63] Absolwent 3 – semestralnych studiów II stopnia na kierunku geodezja i kartografia w zakresie *geodezyjnego urządzania przestrzeni* posiądzie wiedzę pozwalającą na rozwiązywanie problemów technicznych, technologicznych i organizacyjno-prawnych z zakresu: geodezji inżynieryjnej, fotogrametrii, kartografii, katastru nieruchomości, geomatyki, wyceny nieruchomości, prac związanych z przebudową rolniczej i leśnej przestrzeni produkcyjnej oraz z gospodarką nieruchomościami. Absolwenci kierunku mogą pracować w wydziałach geodezji urzędów administracji państwowej i samorządowej, jednostkach państwowych i samorządowych zajmujących się gospodarką nieruchomościami, w biurach geodezyjnych i projektowych lub też prowadzić własne przedsiębiorstwa świadczące usługi z zakresu geodezji i kartografii oraz wyceny nieruchomości. Studia uzupełnione odpowiednią praktyką zawodowa będą podstawą do ubiegania się o nadanie państwowych uprawnień geodezyjnych i uprawnień do wykonywania zawodu rzeczoznawcy majątkowego. Wysoko wykwalifikowani specjaliści z zakresu geodezji i kartografii będą mieli szerokie pole do działania w geodezji inżynieryjnej i szeroko pojętej gospodarce nieruchomościami.
Wybrane przedmioty realizowane podczas toku studiów:

- kartografia numeryczna
- kataster nieruchomości
- geodezja inżynieryjna
- metrologia geodezyjna
- techniczna infrastruktura wsi
- kompleksowe prace scalania i wymiany gruntów
- pomiary realizacyjne
- satelitarne techniki pomiarowe
- geodezja fizyczna i grawimetria geodezyjna
- gospodarka nieruchomościami

[64] Celem studiów jest przekazanie aktualnego stanu wiedzy na temat nowych technologii stosowanych w geodezji. Rozwój techniki i idące w ślad za tym zmiany stanu prawnego spowodowały, że geodezja staje się nauką coraz bardziej interdyscyplinarną. Współczesny geodeta, oprócz znajomości ciągle rozwijającej się technologii pomiaru, musi być biegły także w realizacji wielu zadań informatycznych. Pomiary satelitarne i skaning laserowy stanowią istotne czynniki wpływające na wydajność pracy, ale niosą też pewne zagrożenia. Pełne i świadome wykorzystanie nowej technologii wymaga, niezależnie od umiejętności obsługi samego sprzętu, zrozumienia zasady działania, interpretacji wyników i wykonania obliczeń. Wydajna praca współczesnego geodety, związana jest często z analizą, wyszukiwaniem i przetwarzaniem dużych ilości danych. Zadania te ułatwia umiejętność posługiwania się systemami baz danych i językiem zapytań SQL. Nawet podstawowa znajomość języków programowania pozwala na znaczne zautomatyzowanie wielu zadań pojawiających się w codziennej pracy geodety.
Program studiów:
Technologie pomiarowe i obliczeniowe
Przedmiot obejmuje dwa bloki tematyczne:
Blok 1: Osnowy geodezyjne, układy współrzędnych i transformacje, wybrane zagadnienia specjalne przetwarzania danych, dotyczące geodezji inżynieryjnej, w tym osnów realizacyjnych, analizy pomiarów przemieszczeń.
Blok 2: Techniki satelitarne, integracja danych klasycznych i danych GNSS, metody wyrównania obserwacji, redukcje, analiza i interpretacja wyników obliczeń. Zajęcia prowadzone w dużej mierze w oparciu o program GEONET.
Przetwarzanie danych w systemach Bazy Danych
Co to są Systemy Zarządzania Bazą Danych? Zasady projektowania relacyjnych baz danych. Język zapytań SQL. Przygotowanie raportów i zestawień. Obsługa MS Access i SQL Server.

Nowy Sącz

Wyższa Szkoła Przedsiębiorczości w Nowym Sączu

Studia stacjonarne

Kierunek geodezja i kartografia

- Studia I - stopnia (inżynierskie) - 7 semestrów; geodezja i kartografii, o specjalności:
    - geodezja urządzeniowo – rolna i wycena nieruchomości
    - geodezja inżynieryjno - przemysłowa

Skaning laserowy
Podstawy skaningu lotniczego i naziemnego. Przetwarzanie danych skaningu lotniczego. Metody opracowania typowych produktów skanowania naziemnego. Integracja skaningu z fotogrametrią, teledetekcją i GIS
Automatyzacja pracy przy pomocy VBA
Podstawy programowania w języku VBA. Tworzenie makr w programach Microstation i Excel.
Systemy Informacji Przestrzennej
Struktury danych geograficznych (raster, wektor, TIN, dane tabelaryczne), jakość danych, metadane, dane georeferencyjne i tematyczne. Wprowadzenie do analiz przestrzennych (zapytania przestrzenne), zapytania do bazy SQL. Zajęcia prowadzone na programach QGIS i EWMAPA.

16.2. Zapotrzebowanie na produkty pochodzące z przetworzenia danych obrazowych (Z. Kurczyński)

16.2.1. Obszary zainteresowania branży – prognoza

Systemy geoinformacyjne opierają się na geodanych, to od jakości tych danych zależy w pierwszym rzędzie jakość i użyteczność systemów, a koszt ich pozyskania stanowi główny czynnik kosztotwórczy.

Z punktu widzenia etapu pozyskania danych źródłowych (danych początkowych) i ich przetworzenia do formy przydatnej dla końcowego użytkownika, fotogrametrię i teledetekcję można postrzegać jako podstawowe źródło tych danych, zasilających systemy geoinformacyjne.

Można zapytać: jakie geodane? Jaki jest stan obecny zasilania systemów geodanymi? Na ile zaspakajają one bieżące potrzeby (gospodarcze, naukowe, inne)? Jakie obserwuje się trendy rozwoju w tym obszarze? Jakie przewiduje się perspektywy rozwoju na najbliższe kilka-kilkanaście lat?

W 1999 roku Narodowa Agencja Kosmiczna – NASA (*National Aeronautics and Space Administration*) i Amerykańskie Towarzystwo Fotogrametrii i Teledetekcji – ASPRS (*American Society for Photogrammetry and Remote Sensing*) zgodziły się podjąć bezpośrednie badania branży geoinformacyjne w USA. Postawiły sobie za cel opracowanie programu rozwoju branży. W 2002 roku do projektu dołączyła Narodowa Administracja Oceanu i Atmosfery (*National Oceanic and Atmospheric Administration*). Instytucje te opracowały i wydały w minionych latach już sześć prognoz, ostatnia to „Dziesięcioletnia prognoza ASPRS rozwoju branży teledetekcyjnej-Faza VI" (*ASPRS Ten-Year Remote Sensing Industry-Phase VI.pdf*), wydana w 2011 roku. Opracowania te opierają się na ankietyzacji instytucji zawodowo związanych z rynkiem geoinformacyjnym sektora rządowego, produkcyjnego i naukowo-badawczego. Zasięg tej ankietyzacji jest tak reprezentatywny a sama ankieta i opracowanie wyników stoją na tak wysokim poziomie, że opracowane prognozy można uznać za bardzo rzetelne. Do prognoz tych odwołują się i powołują liczni autorzy i specjaliści branży geoinformacyjnej. Zważywszy na przodującą rolę rynku geoinformacyjnego USA, można te prognozy uznać za prawdopodobne dla reszty świata, przy uwzględnieniu oczywiście różnego stopnia rozwoju różnych rejonów i rynków geoinformacyjnych, w porównaniu do dojrzałego rynku północnoamerykańskiego.

Słuszność takiego spojrzenia potwierdza zgodność prognoz przewidywanych w pierwszych fazach opracowania z obecną już (wtedy przewidywaną) rzeczywistością. Również stan obecny rozwoju rynku geoinfrmacyjnego w USA można uznać za dobre i wiarygodne przybliżenie trendów rozwoju branży dla Europy, w tym Polski.

Reasumując, w kontekście opracowywanego dokumentu („Stan i przewidywany rozwój geodezji i kartografii jako dyscypliny naukowo-technicznej i zawodu w Polsce do roku 2030") warto przyjrzeć się „Prognozie" w zakresie stanu obecnego i prognozy rozwoju rynku geodanych, postrzegając w niej wiarygodne trendy i prawdopodobny kierunek rozwoju dla Europy i Polski.

Obszary zainteresowania branży – prognoza

W kwestii przewidywanego zainteresowania organizacji badawczych i edukacyjnych w branży geoinformacyjnej, prognoza wskazuje następujące obszary techniczne jako główne;

- zastosowania teledetekcji,
- zastosowania GIS,
- skanowanie laserowe (LiDAR).

We wcześniejszych prognozach (wcześniejsze fazy), wyższą niż obecnie rangę miało obrazowanie hiperspektralne i mikrofalowe (SAR).

Wśród najważniejszych warstw danych geoprzestrzennych, wykorzystywanych w branży, jako najważniejsze wymieniane są w kolejności:

- ortofotomapa,
- dane wysokościowe,
- mapy podstawowe.

Te warstwy są najbardziej przydatne w większości realizowanych zadań produkcyjnych i projektach badawczych.

Inne warstwy uzyskały niższą rangę: użytkowanie ziemi, pokrycie terenu, środowisko, sieci geodezyjne, hydrografia, transport, kataster.

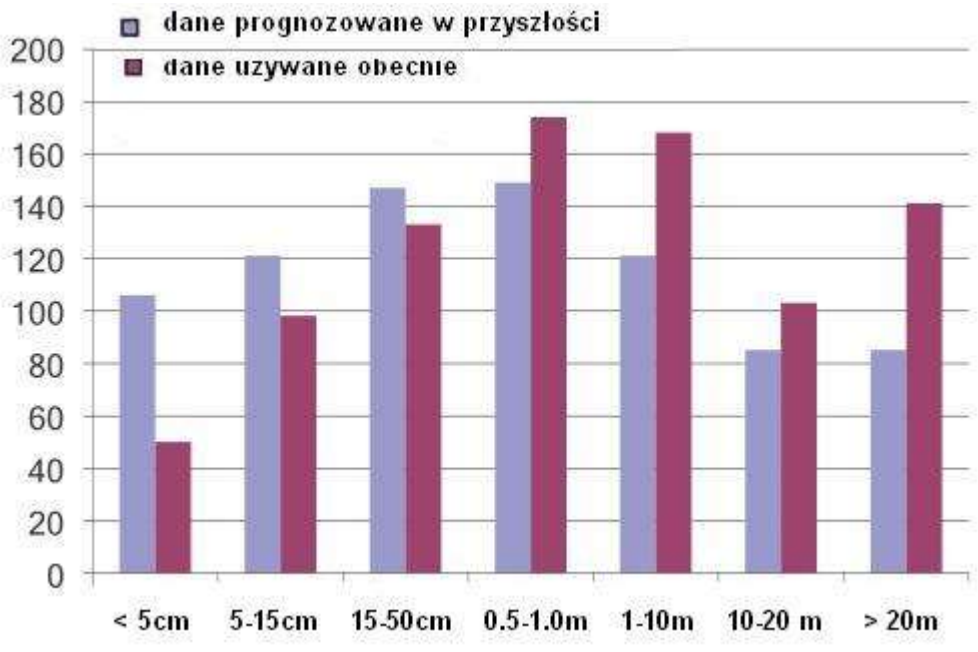
16.2.2. Analiza zapotrzebowania na dane: dane wykorzystywane obecnie a dane pożądane w przyszłości

Ocenę zapotrzebowania na dane geoprzestrzenne można postrzegać wg różnych kategorii i kryteriów. Analizy zarówno w obecnej fazie prognozy jak i wcześniejszych, wskazują na najważniejsze kryteria:

- rozdzielczość przestrzenna,
- dokładność geolokalizacji poziomej i wysokościowej,
- aktualność,
- typy sensorów.

Poniżej prezentowane są odpowiedzi respondentów branży geoinformacyjnej w dwóch kategoriach: dane używane obecnie i dane pożądane w przyszłości. To oddaje stan aktualny i przewidywane przez branżę trendy na przyszłość.

Rozdzielczość przestrzenna. Rysunek 6.1 prezentuje zainteresowanie rynku danymi geoinformacyjnym w zależności od rozdzielczości przestrzennej tych danych, z rozróżnieniem na dane używane obecnie i dane pożądane w przyszłości.

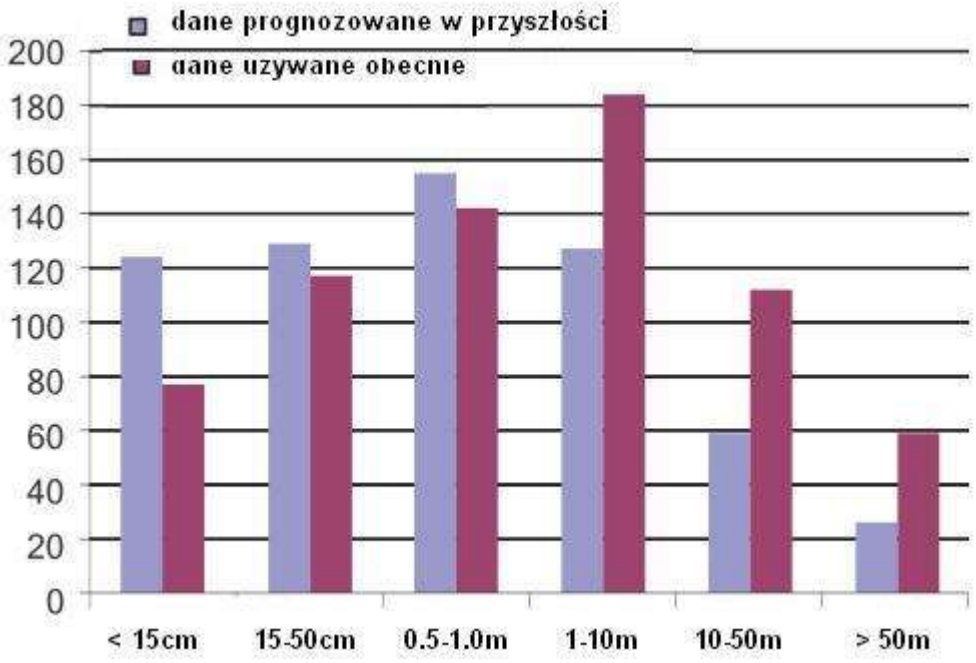


Rys. 16.2.1. Rozdzielczość przestrzenna danych: używanych obecnie i pożądanych w przyszłości

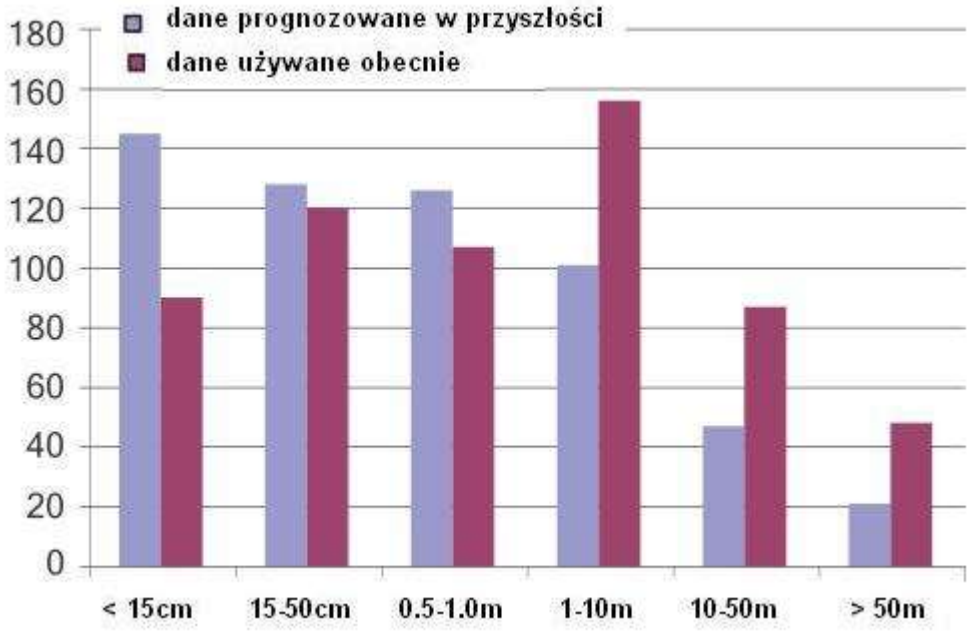
Uderzające jest rosnące zainteresowanie rynku danymi wysokorozdzielczymi. Obserwuje się dużą dysproporcję w tym zakresie (rozdzielczość poniżej 0,50 m) między danymi używanymi, a danymi przewidywanymi w przyszłości. Ta dysproporcja jest większa obecnie, niż była obserwowana w przeszłości (wcześniejsze fazy prognozy).

Te rosnące oczekiwania są zaspokajane m.in. przez automatyczną aerotriangulację, technikę Lidar, georeferencję wprost (pomiar elementów orientacji bezpośrednio w procesie pozyskiwania danych).

Geolokalizacji sytuacyjna i wysokościowa. Rysunek 16.2.2 prezentuje zainteresowanie dokładnością geolokalizacji sytuacyjnej, a rysunek 16.2.3 dokładności wysokościowej danych (obecną i pożądaną w przyszłości).



Rys. 16.2.2. Dokładność geolokalizacji poziomej danych: używanych obecnie i pożądanych w przyszłości



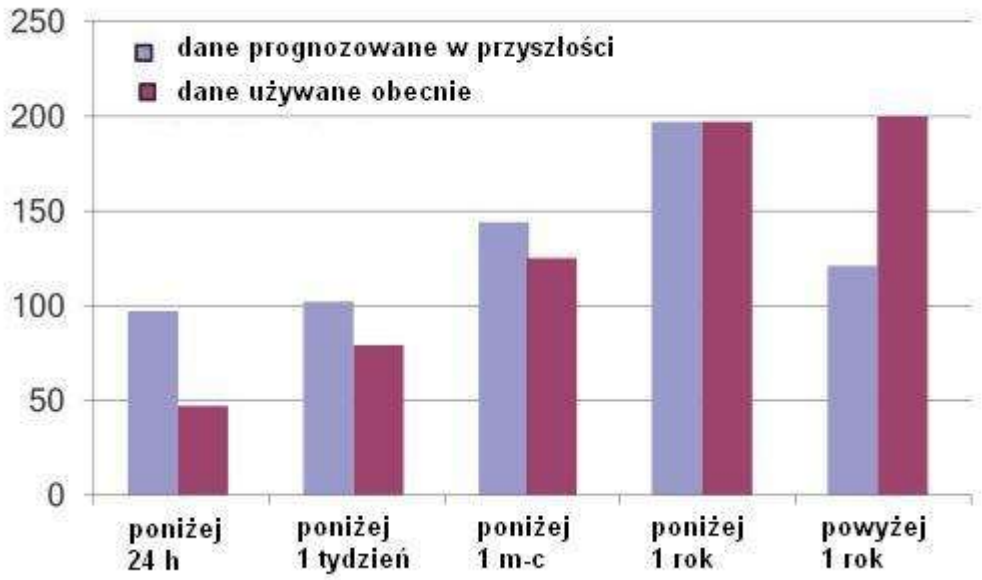
Rys. 16.2.3. Dokładność wysokościowa danych: używanych obecnie i pożądanych w przyszłości

Uderza rosnące zapotrzebowanie na dane o wysokiej dokładności sytuacyjnej, wyższej od 0,50 m, a szczególnie wyższej od 0,15 m i – odpowiednio - malejące zainteresowanie danymi o niższej dokładności (gorszej od 1,0 m). Można to wiązać z rosnącym

zapotrzebowaniem na wysokorozdzielcze dane obrazowe (zdjęcia), o rozdzielczości (GSD) rzędu 0,10 m i lepszej, które stają się coraz bardziej powszechne w użyciu.

W zakresie danych wysokościowych, w porównaniu z wcześniejszymi prognozami (wcześniejsze fazy), obserwuje się wyrównywanie zapotrzebowania na dane używane i pożądane w przedziale 0,15-0,50 m. Obserwuje się natomiast rosnące zainteresowanie danymi o dokładności 0,15 m i lepszej. To wskazuje na rosnący potencjał automatycznej ekstrakcji danych wysokościowych ze zdjęć i danych LiDAR.

Aktualność danych. Zapotrzebowanie na dane w funkcji aktualności tych danych ilustruje rysunek 16.2.4.

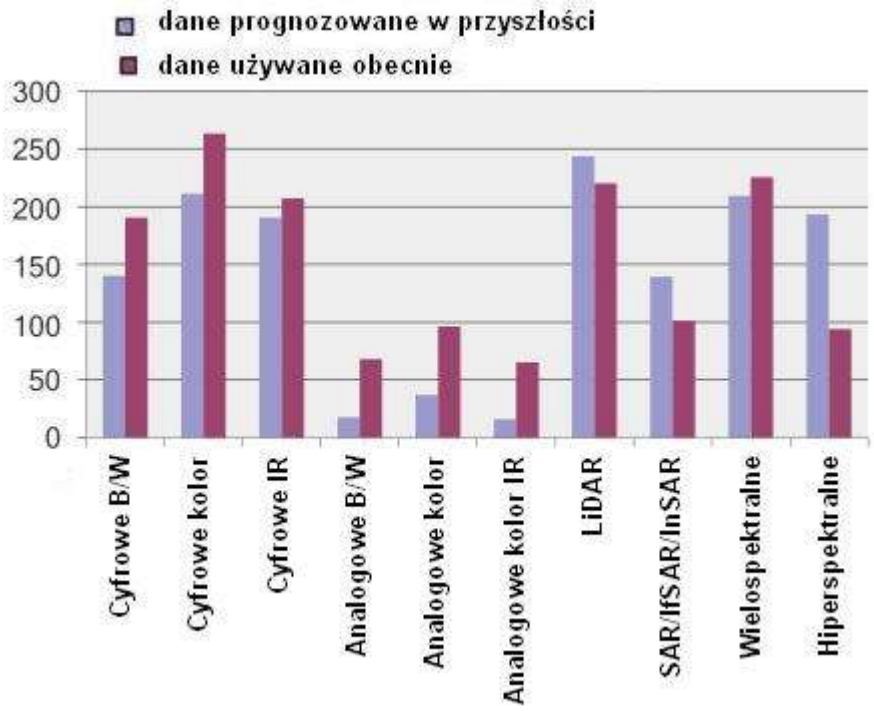


Rys. 16.2.4. Zapotrzebowanie na dane w funkcji aktualności danych: obecne i prognozowane w przyszłości

Najwięcej odbiorców potrzebuje dane nie starsze niż 1 rok, w tym przedziale jest równowaga między danymi używanymi a danymi przewidywanymi w przyszłości. Bardzo wyraźnie widać przewidywany wzrost zapotrzebowania na dane świeże, nawet poniżej 1 doby. Wskazuje to na rosnące zapotrzebowanie na tworzenie systemów i baz danych aktualizowanych w czasie rzeczywistym.

Maleje zapotrzebowanie na dane starsze niż rok, choć należy mieć na uwadze, że dane historyczne (np. archiwalne obrazy satelitarne) są niezastąpione przy badaniu zmian (*changedetection*).

Źródła danych obrazowych. Branża geoinformacyjna bazuje na danych pozyskiwanych przez różne systemy (sensory) platform lotniczych, satelitarnych i naziemnych. Rysunek 6.5 ilustruje ranking różnych kategorii sensorów obrazowych i pomiarowych, wg zapotrzebowania na dane pozyskiwane tymi sensorami, z rozróżnieniem na dane używane obecnie i dane pożądane w przyszłości.

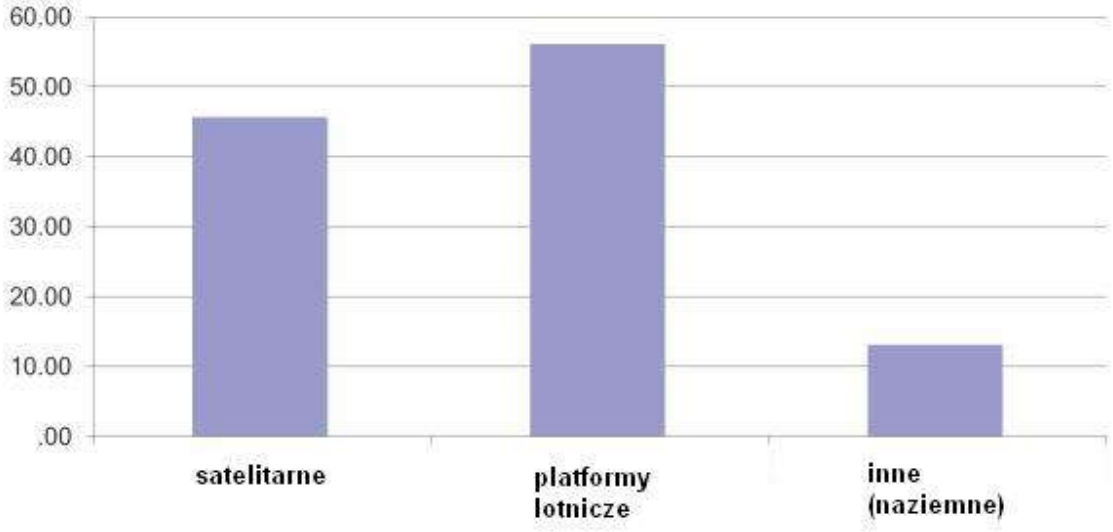


Rys. 16.2.5. Typy sensorów obrazujących: wykorzystywanych obecnie i pożądanych w przyszłości

Bardzo wyraźnie widać małe i silnie malejące zapotrzebowanie na analogowe sensory obrazujące, przejmowane przez rosnące zapotrzebowanie na sensory cyfrowe. Tego należało się spodziewać. Co jednak ciekawe, trend spadkowy sensorów analogowych nie jest w pełni rekompensowany wzrostem systemów cyfrowych. Wynikać to może z faktu znacznego przejęcia roli zdjęć (analogowych a obecnie cyfrowych) w zakresie opracowań wysokościowych przez wysoki (i rosnący) udział techniki LiDAR, oraz interferometrii radarowej (InSAR).

Obserwuje się wysoką pozycję techniki LiDAR, techniki wielospektralnej, mikrofalowej (SAR) i hiperspektralnej, z których duży trend rosnący ma technika hiperspektralna. Wskazywały to również wcześniejsze prognozy, choć w naszym kraju taki trend nie jest jeszcze obserwowany.

Na tym tle interesujące jest porównanie względne pułapów pozyskiwania danych i pytanie: dane lotnicze czy satelitarne?



Rys. 16.2.6. Udział względny danych z pułapów: satelitarnego, lotniczego i naziemnego

Rysunek 16.2.6 wskazuje na przewagę danych z pułapu lotniczego nad pułapem satelitarnym, w proporcji jak około 56:45. Obserwuje się od kilku lat stabilizację relacji obu tych pułapów.

Komentując ten udział, należy dodać, że proporcje udziału silnie zależą od regionu świata, udział obrazowania satelitarnego jest większy w regionach słabiej rozwiniętych. Wykorzystanie obrazowania satelitarnego w naszym kraju jest mniejsze niż wykazane dla rynku USA, co przecież nie wynika z wyższego rozwoju gospodarczego. Problem zasługuje na baczniejszą uwagę.

Przy tej okazji warto odnotować rosnące znaczenie pułapu naziemnego. Wynika to z rosnącego znaczenia mobilnych systemów pomiarowych, z georeferencją wprost (już na etapie obrazowania), jak MMS (*Mobile MappingSystems*), czy TLS (*Terrestrial Laser Scanning*), kosztem obniżającej się roli klasycznych narzędzi i metod fotogrametrii bliskiego zasięgu, bazującej na opracowaniach naziemnych zdjęć cyfrowych.

Literatura:

ASPRS Ten-Year Remote Sensing Industry-Phase VI.pdf