

Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie
Wydział Geodezji Górniczej i Inżynierii Środowiska
Katedra Geoinformacji, Fotogrametrii i Teledetekcji Środowiska

Sprawozdanie z badań statutowych realizowanych w roku 2011

Nr tematu: 11.11.150.949

Tytuł:

**Innowacyjne technologie w zakresie pozyskiwania, przetwarzania,
udostępniania informacji o środowisku i wykorzystanie
biotechnologii środowiskowej dla zrównoważonego rozwoju**

Zadania badawcze

1. Wykorzystanie fotogrametrii, teledetekcji i GIS w wieloskalowym i wieloczesowym monitoringu środowiska
2. Innowacyjne metody monitoringu biologicznego *in situ* oraz bioremediacji wybranych zanieczyszczeń środowiska przyrodniczego.

Kierownik tematu: dr hab. inż. Krystian Pyka prof. AGH

Kraków, luty 2012

Zawartość:

Zespół wykonawców

Sprawozdanie z zadania 1

Sprawozdanie z zadania 2

Załącznik 1a – wykaz publikacji opracowanych w ramach zadania 1

Załącznik 1b – wykaz publikacji opracowanych w ramach zadania 2

Załącznik 2a – publikacje z zadania 1

Załącznik 2b – publikacje z zadania 2

Zespół Wykonawców

Kierownik

dr hab. inż. Krystian Pyka - prof. n. AGH

Zadanie 1

Pracownicy naukowo-dydaktyczni

dr hab. inż. Krystian Pyka – prof. n. AGH
dr hab. inż. Regina Tokarczyk – prof. n. AGH
dr hab. inż. Beata Hejmanowska – prof. n. AGH
dr inż. Adam Boroń – adiunkt
dr inż. Andrzej Wróbel – adiunkt
dr inż. Wojciech Drzewiecki – adiunkt
dr inż. Sławomir Mikrut – adiunkt
dr inż. Tomasz Pirowski – adiunkt
dr inż. Urszula Marmol – adiunkt
dr inż. Natalia Borowiec
dr inż. Mariusz Twardowski
mgr inż. Jakub Kolecki

Pracownicy techniczni

mgr inż. Marta Borowiec – st. specj. nauk.-techn.
inż. Stefan Radziszewski – specjalista

Doktoranci

mgr inż. Monika Badurska
mgr inż. Urszula Cisło
mgr inż. Łukasz Kulesza
mgr inż. Martyna Poręba
mgr inż. Małgorzata Słota
mgr inż. Elżbieta Pastucha

Zadanie 2

Pracownicy naukowo-dydaktyczni

prof. dr hab. Jan Dobrowolski – profesor
dr Aleksandra Wagner – adiunkt

Pracownicy techniczni

mgr inż. Barbara Patuła – specj. nauk.-techn.

Sprawozdanie z zadania badawczego nr 1

Wykorzystanie fotogrametrii, teledetekcji i GIS w wieloskalowym i wieloczasowym monitoringu środowiska

Zakres badań i uzyskane wyniki

W roku 2011 Katedra, w zakresie zadania badawczego nr 1, zaprezentowała swoje prace naukowe głównie na trzech sympozjach, tj.:

- VI Ogólnopolskim Sympozjum Geoinformacyjnym poświęconym tematowi „Mapa w geomatyce”, które odbyło się w Polanicy Zdroju, we wrześniu 2011 r. Na Sympozjum pracownicy Katedry przedstawili cztery referaty i postery opracowane w ramach badań statutowych. Zostały one zakwalifikowane do publikacji w Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i GIS;

- VII Międzynarodowej Konferencji MMT (Mobile Mapping Technology), które odbyło się w czerwcu 2011 roku w Krakowie. Na konferencji pracownicy Katedry zaprezentowali sześć referatów, z których dwa z zakresu Badań Statutowych ukażą się jako publikacje w Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i GIS;

- Krajowej Konferencji „Termografia i termometria w podczerwieni”, które odbyło się w październiku 2011 roku w Ustroniu. Wyniki prezentowane na konferencji zostały wydane w postaci czterech publikacji - w Inżynierze Budownictwa (miesięczniku Polskiej Izby Inżynierów Budownictwa), dwie pozycje oraz w Pomiarach, Automatyce, Kontroli / Stowarzyszenie Inżynierów i Techników Mechaników Polskich. Sekcja Metrologii, Polskie Stowarzyszenie Pomiarów Automatyki i Robotyki POLSPAR, 2 pozycje.

Rok 2011 to kontynuacja i rozwinięcie prac związanych z problematyką będącą w obrębie zainteresowań zespołu badawczego Katedry w latach poprzednich, dotyczące skaningu laserowego, jakości radiometrycznej zdjęć lotniczych, zasilania danymi trójwymiarowymi baz danych GIS. Obszerne miejsce zajęły nowe tematy związane z termografią oraz pomiarami naziemnymi związanymi z infrastrukturą kolejową. Zagadnieniem o coraz większym znaczeniu badawczym dla Katedry staje się wdrożenie i wykorzystanie mobilnych systemów pomiarowych.

Istotnym osiągnięciem Katedry jest zgłoszenie przez jej pracowników – mgr inż. Jakuba Koleckiego oraz dr hab. inż. Reginy Tokarczyk - wzoru użytkowego w Urzędzie Patentowym RP (projekt wynalazczy Pt. „Uchwyt zestawu fotogrametrycznego do masztu anteny systemu nawigacji satelitarnej GNSS”, nr W-120 118, z mocą od dn. 13.06.2011r).

W 2010 r. w ramach sprawozdawanego zadania nr 1 KGFiTS zostało przygotowanych 12 publikacji – wymienionych w wykazie zamieszczonym na końcu sprawozdania jako załącznik nr 1a (teksty tych publikacji stanowią załącznik nr 2a do sprawozdania).

Stosunkowo nowa technologia, jaką jest lotniczy skaningu laserowy, generuje zrozumiałe zainteresowanie oraz chęć zbadania możliwości wykorzystania tej informacji do własnych badań. Niestety brak całkowicie otwartego na dowolne modyfikacje projektu służącego wizualizacji i przetwarzaniu danych pochodzących ze skanera laserowego ogranicza częściowo wolność dopasowania oprogramowania do własnych potrzeb. Dlatego w Katedrze Geoinformacji, Fotogrametrii i Teledetekcji Środowiska narodziła się idea stworzenia własnego narzędzia, które nie będzie obciążone ograniczeniami licencji innej, niż te ogólnie zaliczane do kategorii OpenSource, czyli GPL, LGPL, BSD czy też MIT. Biorąc pod uwagę bardzo ograniczone zasoby, ważne też było wykorzystanie istniejących bibliotek i projektów które nie narzucają restrykcji. Były to główne przesłanki do powstania projektu LIDARView (Twardowski i Marmol 2011). Koncepcja projektu oparta jest na oprogramowaniu OpenSource, co eliminuje ryzyko stagnacji systemu ze względu na czynniki marketingowe, polityczne czy ekonomiczne. Udostępnienie kodu źródłowego obiektów pozwoli na wprowadzanie modyfikacji i udoskonalanie zastosowanych algorytmów. Modułarna budowa systemu umożliwi nieograniczone rozwijanie jego możliwości poprzez aktualizację i dodawanie nowych elementów do systemu.

Technologia lotniczego skaningu laserowego zmieniła tradycyjne podejście do pozyskiwania danych przestrzennych. Niespotykana ilość punktów pomiarowych o bardzo wysokiej precyzji jest obecnie dostępna z dwóch platform: lotniczej (*ang. Airborne Laser Scanner - ALS*) i naziemnej (*ang. Terrestrial Laser Scanner - TLS*). W produktach tych istnieją różnego rodzaju braki w danych, w ALS - na powierzchniach pionowych, a w TLS - na poziomych. Spowodowane jest to faktem, że systemy laserowe rejestrują ten sam obiekt z różnych punktów w przestrzeni. Integracja danych skaningu lotniczego i naziemnego pozwala na uzupełnienie tych brakujących informacji. Celem badań przedstawionych w pracy „Example of the assessment of data integration accuracy on the base of airborne and terrestrial laser scanning” (Warchoń i Hermanowska, 2011) było porównanie zintegrowanych danych ALS i TLS z danymi pochodzącymi z pomiaru tachimetrycznego TS (*ang. Total Station*). Wybrano różne obszary testowe: umieszczone na powierzchniach poziomych, pionowych lub nachylonych, pokryte trawą lub nawierzchnią asfaltową. Analizowane było położenie punktów pochodzące z ALS, TLS i pomiarów TS. Pomiar TS był traktowany jako odniesienie. Analiza dokładności położenia punktów ALS i TLS była przeprowadzana na podstawie odległości prostopadłej do płaszczyzny wyznaczonej przez trzy najbliższe nie współliniowe punkty TS. Uzyskane rozbieżności zostały ponad to poddane analizie statystycznej.

Podsumowując, można zauważyć błąd systematyczny w danych ALS, są one poniżej punktów TLS i TS. Poza tym, zgodnie z oczekiwaniami, bardziej znaczące odchyłki w stosunku do punktów TS są obserwowane na punktów ALS niż dla TLS.

W ramach badań statutowych podjęto także bardzo aktualną obecnie tematykę mobilnych systemów mapowania. W dzisiejszych czasach pozyskiwanie dużej ilości informacji przestrzennej dla różnych zastosowań takich jak generowanie powierzchni terenu czy modelowanie budynków jest przeprowadzane głównie z wykorzystaniem skanera laserowego lub metod fotogrametrycznych. Od początku lat dziewięćdziesiątych ubiegłego wieku obserwuje się intensywny rozwój mobilnych systemów mapowania, integrujących różnego typu kamery, system pozycyjny GPS i inercyjny IMU lub inne systemy georeferencyjne. Takie urządzenia mobilne mają oczywiście bardzo wysoką cenę, duży rozmiar i wagę. Badania przeprowadzane w wielu instytucjach naukowych na świecie wykazują, że systemy te mogą być skonstruowane z wykorzystaniem względnie niedrogich urządzeń dostępnych na rynku. Uzyskiwana dokładność jest satysfakcjonująca dla szerokiej gamy zastosowań mapowych. W artykule „Small and low cost mobile mapping system” (Kolecki 2011) poruszono temat niedrogo systemu mobilnego. Na początku zostało

zaprezentowanych kilka przykładów takich systemów, a następnie dokonano szczegółowego przeglądu technologii georeferencji wprost.

W podobnej tematyce utrzymany jest drugi artykuł „Low cost attitude and heading sensors in terrestrial photogrammetry – calibration and testing” (Kolecki, Kuras 2011). Większość mobilnych systemów mapowania używa nawigacyjnej jednostki inercyjnej (*ang. IMU*) do określenia przybliżonych kątowych elementów orientacji zewnętrznej zdjęć. Jednostka IMU, zwykle zintegrowana z odbiornikiem GNSS, jest także wykorzystywana do określenia współrzędnych środka rzutu. Ostatnie badania wykazują, że wykorzystanie niedrogich systemów odniesienia AHRS lub niedrogich urządzeń IMU spełnia wymagania dokładnościowe określonych zastosowań fotogrametrycznych. Celem przeprowadzonych badań była ocena dokładności tanich urządzeń, odpowiednich dla skonstruowania małych, fotogrametrycznych systemów mobilnych. Podczas przeprowadzonych badań były testowane dwa urządzenia, dostarczające informacji o orientacji zdjęcia. Pierwszym była skalibrowana kamera Ricoh G700SE GPS z kompasem elektronicznym i wskaźnikiem poziomu. Drugim urządzeniem była jednostka Xsens MTi AHRS, składających się z 3 żyroskopów MEMS (*ang. micro-electro-mechanical systems*), 3 akceleratorów MEMS i 3 magnetometrów. Dla celów testowych AHRS został zintegrowany ze skalibrowaną kamerą Nikon D80 SLR. Kalibracja magnetometrów AHRS została przeprowadzona z wykorzystaniem oprogramowania producenta w celu kompensacji miękkich i twardych zakłóceń pola magnetycznego. Ponadto wykonano zdjęcia trzech pól testowych. Obrazy pierwszego pola testowego z zasygnalizowanymi punktami kontrolnymi zostały wykorzystane do określenia macierzy obrotu AHRS. W celu określenia kątowych elementów orientacji zewnętrznej zastosowano wyrównanie metodą wiązki dla każdej kamery i dla każdego pola testowego. Różnice pomiędzy kątami pomierzonymi a przeliczonymi pozwoliły ocenić dokładność pomierzonych kątów. Wyniki testów dla kamery GPS pokazują wysokie odchyłki pomierzonych azymutów, jednakże z drugiej strony wskaźnik poziomu pozwala poziomować kamerę z podstopniową dokładnością. Rezultaty uzyskane dla jednostki AHRS były znacząco lepsze, jednak dla kąta ψ (*ang. yaw*) zaobserwowano odchyłki rzędu 2°. Wyniki udowodniły przydatność AHRS dla skonstruowania małych, podręcznych systemów MMS, natomiast pomiary azymutu z kamery GPS mogą być traktowane jako wstępne przybliżenia w wyrównaniu sieci fotogrametrycznej.

Badania statutowe obejmowały także problematykę wykorzystania systemów pomiarowych do pomiaru skrajni kolejowej. Pomiar skrajni budowli linii kolejowej jest zagadnieniem bardzo praktycznym, realizowanym na całym świecie przy pomocy różnych systemów pomiarowych. Pomiar ten ma na celu głównie określenie granic przestrzeni, jakich nie może przekroczyć żaden obiekt (np. budynek), znajdujący się przy torze. Tematyce tej zostały poświęcone dwa artykuły (Mikrut i inni 2011), (Tokarczyk i inni 2011). W pierwszym artykule pt.: „Systemy do pomiaru skrajni kolejowej – przegląd i tendencje rozwojowe” (Mikrut i inni, 2011) dokonano przeglądu wybranych, istniejących systemów pomiarowych służących do określenia skrajni budowli. Aktualnie pracujące systemy oparte są głównie na trzech grupach metod: fotogrametrycznej – wykorzystującej parę zdjęć, metodzie profili świetlnych zadawanych światłem lasera i rejestrowanych przez szybką kamerę cyfrową oraz metodzie bazującej na pomiarze dalmierzem laserowym lub skanerem laserowym.

W systemach najbardziej zaawansowanych łączy się powyższe metody pomiarowe. W opracowaniu wykazano wady i zalety poszczególnych systemów oraz dokonano podsumowania technologicznego wykorzystanych urządzeń pomiarowych. Jak wynika z przeprowadzonych badań literaturowych, aktualnie w przypadku systemów dedykowanych diagnostyce skrajni dominują najczęściej rozwiązania oparte na skanerach laserowych, pozyskujących dane w postaci profili rejestrowanych prostopadle do kierunku jazdy, wsparte ewentualnie systemami wizyjnymi. Natomiast w przypadku uniwersalnych mobilnych systemów widać wyraźną dominację wspólnych konfiguracji skanerów laserowych i kamer cyfrowych wspartych rejestracją INS/GNNS. W tych systemach pomiar obiektów jest

odniesiony do globalnego układu współrzędnych, a następnie, po detekcji główek szyn, odbywa się transformacja do układu osi toru. Wstępna analiza prowadzi do wniosku, że dokładność pomiaru skrajni jest wyższa dla systemów specjalistycznych niż dla uniwersalnych.

Druga publikacja poświęcona temu zagadnieniu to „Sensory wizyjne stosowane w systemach pomiaru skrajni kolejowej i analiza metod ich doboru” (Tokarczyk i inni 2011). W artykule tym skupiono się na charakterystyce systemów wizyjnych stosowanych dla potrzeb pomiaru skrajni. Można je podzielić na trzy grupy: opisujące geometrię odwzorowania, radiometrię i specyfikację techniczną kamery. Geometrię odwzorowania wyznacza się w procesie kalibracji kamery, która dostarcza takich parametrów jak położenie środka rzutów w stosunku do układu obrazu oraz współczynniki funkcji aproksymującej błędy obiektywu i nośnika obrazu. Badanie radiometrii zwykle obejmuje wyznaczenie rozdzielczości układu obiektyw – nośnik obrazu, ostrości i kontrastu (funkcja MTF lub SFR, gamma), zakresu tonalnego, szumu, odwzorowania kolorów. Pozyskiwanie obrazów charakteryzują takie czynniki jak częstotliwość akwizycji oraz przepustowość. Porównane zostały różne przewodowe i bezprzewodowe technologie interfejsów współczesnych kamer, m.in.: GiGE, CameraLink, USB, FireWire, (decydujące o przepustowości, topologii, wymaganiach co do długości kabli, obciążeniu procesora, czy dopuszczalnej ilości urządzeń akwizycji, itp.). W ramach prowadzonych badań przetestowano kilka reprezentatywnych dla zagadnienia pomiarowego kamer cyfrowych o różnych technologiach interfejsów i wyposażonych w różne obiektywy. W artykule zaprezentowano wyniki kalibracji i testów radiometrycznych wybranych modeli kamer. Wielowariantowa kalibracja geometryczna pozwoliła na zbadanie postawionych problemów:

- jaki jest poziom błędów obrazowania przy zastosowaniu różnych obiektywów,
- czy można w procesie redukcji błędów obiektywu uwzględnić tylko dystorsję radialną i do ilu czynników wielomianu tej dystorsji wystarczy się ograniczyć,
- jakie są błędy szczałkowe obrazu po usunięciu ich optymalnym wielomianem aproksymującym.

Badanie radiometrii zdjęć przeprowadzono z użyciem testu IT8, SFR Plus i oprogramowania firmy Imatest. Skupiono się przede wszystkim na najistotniejszych dla obrazowania na potrzeby skrajni cechach: ostrości i kontraście, zakresie tonalnym i odwzorowaniu barw. W wyniku badań określono zestaw cech istotnych dla optymalnego wyboru systemu wizyjnego.

W zakresie termografii zaprezentowano cztery prace. Dwie miały charakter analizy dokładnościowej. W publikacji „Dystorsja obiektywów kamer termograficznych” (Wróbel An., Wróbel Al., Kadłubowski, 2011) autorzy opisują podstawy teorii rzutu środkowego oraz związane z nim błędy. Jako najważniejszy dla geometrii obrazu podają dystorsję i temu zagadnieniu, w kontekście kamer termograficznych, poświęcają uwagę w badaniach.

Problem dystorsji obiektywów kamer termograficznych jest rzadko poruszany w literaturze. W praktycznych opracowaniach termograficznych często wykorzystuje się termogramy z widocznym wpływem dystorsji. Może to być istotne w przypadku montowania kilku termogramów w jeden wspólny obraz. Widoczne zniekształcenie obrazu spowodowane dystorsją uniemożliwiają niejednokrotnie prawidłowy montaż. Nieuwzględnienie wpływu dystorsji, jeżeli jest ona duża, może prowadzić do znacznych błędów również wtedy, gdy na termogramach dokonuje się pomiaru powierzchni.

W przeprowadzonych badaniach przeanalizowano wielkość dystorsji dla dwóch obiektywów kamery ThermaCAM S65 firmy Flir. Były to obiektywy o ogniskowej 36 mm i 18 mm. Do wyznaczenia dystorsji obiektywów kamery termograficznej wykorzystano stosowany w fotogrametrii proces kalibracji geometrycznej aparatów fotograficznych. Do kalibracji geometrycznej kamery termograficznej zastosowano profesjonalny program PI-Calib firmy TOPCON. Jest to program do kalibracji aparatów fotograficznych i kamer fotogra-

metrycznych na bazie pola testowego. Dla kalibracji kamery termograficznej przygotowano specjalną wersję tego pola. Drukowane czarne kółka zastąpiono pinezkami tapicerskimi i kulkami ze zgniecionej folii aluminiowej. Pięć rombów otaczających niektóre punkty pola testowego pokryto paskami pogniecionej folii aluminiowej.

W wyniku uzyskano wielkości dystorsji. Obiektów o ogniskowej 36 mm ma bardzo niewielką dystorsję. Dystorsja niezbalansowana w narożnikach termogramu wynosiła maksymalnie 5 pikseli, a zbalansowana maksymalnie niecałe 3 piksele. Jeżeli nie wykorzystuje się samego skraju termogramu to wpływ dystorsji jest jeszcze mniejszy. Dla znakomitej większości opracowań termograficznych takie zniekształcenie nie ma praktycznego znaczenia. Obiektów szerokokątny o ogniskowej 18 mm ma bardzo dużą dystorsję. W modelu dystorsji niezbalansowanej w narożnikach termogramu zniekształcenia obrazu osiągają 35 pikseli, natomiast po zastosowaniu modelu dystorsji zbalansowanej zniekształcenia w narożnikach wynoszą do 17 pikseli. Tak duże wartości dystorsji powodują, że montaż kilku termogramów w jeden obraz nie przynosi dobrych efektów.

Ponieważ dystorsja obiektywu w dużej mierze zależy od jego konstrukcji wnioski z badań można rozszerzyć na inne egzemplarze obiektywów o takiej samej ogniskowej. Dystorsja obiektywów szerokokątnych (krótkoogniskowych) z reguły jest dużo większa niż obiektywów normalno i wąskokątnych. Można się, więc spodziewać, że dystorsja obiektywów o jeszcze węższym niż przebadany obiektyw 36 mm kącie widzenia będzie również nieznacząca.

Kolejną pracą omawiającą problematykę dokładności pomiarów termograficznych jest publikacja pt. „Uwagi o dokładności pomiarów termograficznych w budownictwie” (Al. Wróbel, An. Wróbel, 2011). Ilościowe pomiary termograficzne w budownictwie wymagają bardzo dokładnego określenia różnicy temperatury powierzchni ściany i powietrza w jej sąsiedztwie. Autorzy analizują czynniki mające wpływ na dokładność pomiarów. Przedstawiają dokładności pomiarów termograficznych uzyskane w warunkach laboratoryjnych i rzeczywistych budynkach mieszkalnych. Materiały pomiarowe zostały zrealizowane w ramach badań prowadzonych w latach 2007-2010 na temat ilościowych pomiarów termograficznych w budownictwie. W ramach tych badań przeprowadzono również analizę dokładności pomiaru temperatury i różnicy temperatury kamerą termograficzną ThermaCAM S60 firmy FLIR. Pomiar wykonywano w komorze klimatycznej oraz w rzeczywistych budynkach. Mierzono temperaturę na powierzchni ściany oraz na powierzchni kartki papieru, która przyjmowała temperaturę powietrza. Temperaturę wynikową przyjmowano jako średnią wartość z pól pomiarowych, mierzono także temperaturę w kilku punktach pomiarowych. Pomiar w komorze klimatycznej wykonywano po cieplej stronie przegrody a w budynkach rzeczywistych od strony wewnętrznej.

Analizie poddano sześć okresów pomiarowych, w których rejestrowano od 57 do 118 termogramów. Odchylenie standardowe różnic temperatury dla pięciu okresów wyniosło od 0,014 K do 0,025 K, natomiast dla jednej z przegród wyniosło 0,042 K (praca jedną kamerą). Z przeprowadzonych badań wynika, że możliwe jest termograficzne wyznaczenie różnicy temperatury z dokładnością rzędu kilku setnych Kelwina. Używane w opisanych pomiarach kamery ThermaCAM S60 i ThermaCAM P620 mają wartość NEDT odpowiednio 0,07 K i 0,06 K. Pomiar różnicy średniej temperatury pól pomiarowych obydwoma kamerami ma odchylenie standardowe poniżej 0,01 K a maksymalne odchyłki od średniej wynoszą około 0,02 K. W czasie ilościowych pomiarów termograficznych należy unikać wpływu wszelkich czynników zakłócających. Mogą one znacznie obniżyć dokładność wyznaczenia różnicy temperatury powietrza i powierzchni ścian

Kolejne dwie publikacje stanowią dwuczęściowy raport z obszernych prac związanych z kontrolą termograficzną budynków mieszkalnych (Wróbel Al., Wróbel An.,

2011). Najczęściej stosowanym parametrem ilościowej oceny izolacyjności cieplnej przegród jest współczynnik przenikania ciepła U . Na etapie projektowania oblicza się wartość tego współczynnika, biorąc pod uwagę: materiał przegrody, grubość poszczególnych warstw oraz rodzaj samej przegrody. Przy projektowaniu z reguły nie uwzględnia się wpływu ewentualnych mostków termicznych (nie wymagają tego przepisy), chociaż jeśli mostki występują, wartość współczynnika U wzrasta. Wymagania ochrony cieplnej budynków, określone wartością współczynnika przenikania ciepła, służą do właściwego projektowania przegród budowlanych. Sprawdzenie wartości izolacyjności cieplnej przegród jest łatwe na etapie weryfikacji projektu, natomiast w istniejącym budynku jest bardzo trudne.

Kontrola jakości izolacyjności cieplnej przeprowadzona na etapie odbioru nowego budynku pozwala na wykrycie wad oraz dostarcza wiarygodnych danych do sporządzenia certyfikatu energetycznego. Projekt normy zaleca sprawdzenie techniką termograficzną równomierności rozkładu temperatury w obszarze badanym. Według tej normy pomiar powinien być wykonany w stacjonarnych warunkach przepływu ciepła. W ostatnich latach za sprawą rosnącej dostępności kamer termograficznych, chęci poznania rzeczywistych właściwości cieplnych przegród budowlanych wykonuje się coraz więcej termograficznych kontroli budynków, szczególnie nowych. Autorzy w publikacji przeprowadzili rozważania, na przykładach konkretnych budynków mieszkalnych, jakie informacje można uzyskać na podstawie inspekcji termograficznej.

Testom poddano budynek o dwuwarstwowych ścianach – częściowo ocieplony. Budynek jest parterowy, z mieszkalnym poddaszem. Drugim obiektem był budynek o jednowarstwowych ścianach z bloczków betonu komórkowego. Obraz termograficzny pozwala na ilościowe określenie udziału powierzchni mostków cieplnych w całkowitej powierzchni ściany. Przykładowo, w przypadku ścianki kolankowej drugiego z wymienionych budynków, konstrukcyjne mostki cieplne (wieniec i słupki) zajmują 30% powierzchni ściany – bez uwzględnienia geometrycznych mostków cieplnych w narożach ścian i połaci dachu. Tak więc fakt występowania mostków cieplnych na wieńcu i słupkach i widoczności ich na termogramach wykonanych od wewnętrznej strony pozwala na ich inwentaryzację. Autorzy raportuje też, iż termografia pozwala na sprawdzenie szczelności okien w aspekcie jakościowym. Obraz cieplny okna rejestruje nieszczelności na styku ramy i ościeżnicy przedstawiono, powodujące lokalne ochłodzenie.

W drugiej z publikacji, będącej częścią II badań, autorzy opisują sposoby wyznaczenie wartości współczynnika przenikania ciepła metodą termograficzną. Zestawiają wyniki wielomiesięcznych badań nad możliwością zastosowania techniki termograficznej do ilościowego określania właściwości cieplnych przegród budowlanych, opartych o badania prowadzone zarówno w warunkach laboratoryjnych w komorze klimatycznej, jak i w rzeczywistych budynkach. Uzyskane wyniki wykazały bardzo dobrą zgodność wartości gęstości strumienia mierzonych ciepłomierzem i wyznaczonych z pomiaru termograficznego w każdych warunkach wymiany ciepła. Przeprowadzone badania pozwoliły na sformułowanie zasad pomiaru termograficznego mającego na celu wyznaczenie wartości współczynnika przenikania ciepła przez przegrodę budowlaną:

- Pomiary należy wykonywać w stanie wymiany ciepła jak najbardziej zbliżonym do stanu ustalonego.
- Zmiany gęstości strumienia ciepła przejmowanego przez ścianę od wewnętrznej strony zależą w największym stopniu od sposobu ogrzewania (stałości dopływu ciepła), co stwierdzono zarówno w czasie badań w komorze klimatycznej, jak i na przykładach różnych systemów ogrzewania w rzeczywistych budynkach.
- Wstępna analiza dokładności wyznaczenia współczynnika U wykazała, że najlepszą dokładność uzyskuje się dla pomiarów termograficznych prowadzonych od wewnętrznej strony budynku.
- Dla ścian o małej wartości współczynnika przenikania ciepła największy udział w niepewności złożonej wyznaczenia wartości U pochodzi od niepewności wyznaczenia różnicy temperatury pomiędzy powierzchnią ściany a otaczającym ją powietrzem.

Ponieważ wartość różnicy temperatury pochodzi z termogramu, do ilościowych pomiarów termowizyjnych budynków należy stosować kamery o dużej dokładności.

- Różnice temperatury pomiędzy powierzchnią przegrody budowlanej i otaczającego ją powietrza wyznacza się kamerą termograficzną z pojedynczego termogramu, na którym zarejestrowany jest obraz powierzchni przegrody i obiektu przyjmującego temperaturę powietrza. Obiekt przyjmujący temperaturę powietrza powinien cechować się małą pojemnością cieplną (zmiana jego temperatury będzie nadążać za zmianą temperatury powietrza) i matową powierzchnią o dużej wartości współczynnika emisyjności.
- Optymalne warunki do przeprowadzania pomiarów mających na celu wyznaczenie wartości współczynnika przenikania ciepła przez przegrody budowlane istniejących budynków (in situ) zachodzą przy różnicy temperatury powietrza po obu stronach przegrody wynoszącej około 20°C. Przy większej różnicy temperatury dokładność wyznaczenia wartości współczynnika U niewiele się zwiększa.
- Obliczenie wartości współczynnika przenikania ciepła U jest możliwe: a) na podstawie chwilowych wartości temperatury w warunkach wymiany ciepła zbliżonej do stanu ustalonego; b) z wartości średnich lub narastających średnich dla cyklicznych dobowych zmian wartości mierzonych (ważne jest, by warunki na końcu doby osiągały wartości zbliżone do tych na początku doby, a obliczenia obejmowały pełne okresy zmian).

Przeprowadzone badania doświadczalne wykazały możliwość wyznaczenia gęstości strumienia ciepła metodą termograficzną, a zatem możliwe jest ilościowe określenie parametrów izolacyjności cieplnej przegród budowlanych in situ za pomocą tej techniki. Niewątpliwą i wyjątkową zaletą termografii jest natychmiastowe uzyskanie informacji o całej powierzchni badanej przegrody. Możliwe jest wykrycie mostków cieplnych i niejednorodności izolacyjności cieplnej wraz z określeniem ich powierzchniowego zasięgu.

Zagadnienie jakości radiometrycznej obrazu porusza w publikacji Pyka („Wykorzystanie transformacji falkowej do oceny spadku jakości radiometrycznej w procesie mozaikowania ortofotomapy”, 2011). Jest to kontynuacja badań autora z lat ubiegłych (w 2010 roku analizował możliwości dopasowania radiometrycznego ortoobrazów). W 2011 roku przedmiotem pracy jest wykorzystanie transformacji falkowej do ilościowej oceny degradacji kontrastu, jaki ma miejsce podczas kompilowania ortofotomapy z ortoobrazów. Jest to problem rzadko podejmowany, a tymczasem w sytuacji masowego wykorzystywania ortofotomapy coraz większej wagi nabiera ocena jakości, także radiometrycznej.

W pracy autor wyjaśnił przyczyny spadku kontrastu przy mozaikowaniu. Opisał dwa możliwe przypadki mozaikowania. Pierwszy dotyczy sytuacji, gdy ortoobrazy są wystarczająco zbliżone tonalnie i przy łączeniu obrazów zachowujemy ich histogramy jasności. Nigdy jednak piksele ortoobrazów stykające się na linii łączenia nie będą miały identycznej jasności. Różnice z reguły mają charakter systematyczny — np. jeden z ortoobrazów jest jaśniejszy albo ma barwy bardziej nasycone. Nawet drobna, ale systematyczna różnica radiometryczna jest z reguły widoczna dla oka ludzkiego, gdyż system wzrokowy człowieka jest bardzo wyczulony na nieciągłości tonalne. Aby zminimalizować wrażenie nieciągłości łagodzi się przejście od tonalności jednego ortoobrazu do drugiego. Zabieg ten, przypominający stosowane w kartografii uzgadnianie styków, dokonuje się w buforze wzdłuż linii łączenia. Tak uzyskana ortofotomapa będzie dla oka ludzkiego poprawna, aczkolwiek w strefie wokół linii łączenia występuje spadek kontrastu w stosunku do tego, jaki ma miejsce na poszczególnych ortoobrazach.

Druga z możliwych sytuacji przy mozaikowaniu to taka, w której różnice tonalne pomiędzy ortoobrazami są zbyt duże i konieczny jest zabieg ujednoczenia. Wpierw należy podjąć decyzję o sposobie zniwelowania różnicy. Najczęstszy scenariusz to wskazanie jednego z ortoobrazów o poprawnym kontraście, i poddanie drugiego korekcji radiometrycznej. Na podstawie zbioru porównywanych jasności w pobliżu planowanej linii łączenia określone są współczynniki funkcji przejścia z jasności pierwotnej na skorygowaną.

Jako model dopasowania radiometrycznego przyjmuje się funkcję liniową albo potęgową. Dopasowanie radiometryczne może jednak powodować obniżenie jakości radiometrycznej korygowanego ortoobrazu.

Ocenę tej degradacji autor proponuje dokonać z użyciem transformacji falkowej. W publikacji charakteryzuje ją, przedstawiając istotę zachowania wariancji podczas dekompozycji. Dla kontrastu krytyczne znaczenie mają wariancje komponentów detalicznych. Badania polegały na obserwacji wariancji podczas dekompozycji ortofotomap i źródłowych ortoobrazów.

W badaniach autor wykorzystał ortoobrazy i ortofotomapy wykonane przez firmę produkcyjną. Materiałem źródłowym były zdjęcia lotnicze z kamery cyfrowej DMC. Piksel ortoobrazów wynosił 10 cm, tyle samo co średni rozmiar terenowy pikseli zdjęć. Badania zaplanowano tak, aby miały formę kontroli jakości radiometrycznej materiału opracowanego w cyklu produkcyjnym, z naciskiem na monitorowanie zmian kontrastu. Po przejrzaniu materiału złożonego z ortoobrazów i ortofotomap, do prac badawczych wskazano 20 ortofotomap „produkcyjnych”, wykonanych przy pomocy oprogramowania ImageStation Ortho Pro (firmy Intergraph) i OrthoVista (firmy Info). Dodatkowo, dla potrzeb badawczych, opracowano trzy ortofotomapy na stacji fotogrametrycznej SocetSet, ale korzystając z wykonanych produkcyjnie ortoobrazów. Każda z ortofotomap dodatkowych była opracowana w dwóch wariantach, co stworzyło sześć zestawów badawczych. W jednym wariacie wykorzystywano mozaikowanie z równoczesną korekcją radiometryczną, a w drugim mozaikowanie było poprzedzone wcześniejszym wyrównaniem radiometrycznym ortoobrazów przy pomocy funkcji Image Balancing Dodger. Przebadano 26 przypadków. We wszystkich widoczny był spadek wariancji, ale tylko w czterech skutki rozmycia krawędzi były wykrywane przez obserwatora.

Autor w podsumowaniu podkreśla, iż wobec dużego znaczenia ortofotomapy dla systemów informacji przestrzennej, konieczna jest obiektywizacja oceny jakości radiometrycznej. Celem poznawczym pracy było więc sprawdzenie, w jakim stopniu analiza zmian wariancji obrazu podczas dekompozycji falkowej może być podstawą oceny straty jednego z ważniejszych elementów jakości radiometrycznej, jakim jest kontrast obrazu. Analiza zachowania się wariancji podczas dekompozycji falkowych opisuje zmianę kontrastów w obrazach. Jeśli obrazy nie zawierają szumów przypadkowych, wówczas wariancje detali powinny rosnać na kolejnych poziomach rozdzielczości. Taki efekt uzyskano dla przebadanego materiału testowego, co potwierdza opinie o bardzo dobrej jakości zdjęć wykonanych kamerami cyfrowymi. Wyniki analityczne potwierdzają osłabienie kontrastów ortofotomapy w stosunku do ortoobrazów, z których jest montowana. Nie zawsze jednak osłabienie kontrastu jest na tyle duże, że powoduje utratę informacji pozyskiwaną na drodze fotointerpretacji. W wyjaśnieniu tego zjawiska pomocna jest analogia do idei kompresji stratnej. Polega ona na takim usunięciu detali z obrazu, aby człowiek nie był w stanie zauważyć różnicy. Zatem wskaźniki osłabienia oparte na falkach są bardzo czułe na niewielkie zmiany i konieczne jest ustalenie progów uznających zmiany za zbyt duże. W pracy dokonano takiej waloryzacji, ale tylko dla jednego materiału badawczego. Nie pozwala to na uogólnienie wyników. Konieczne są badania na znaczących statystycznie próbkach badawczych, pozyskanych różnymi kamerami i przetwarzanymi przez niezależne zespoły z wykorzystaniem różnego oprogramowania. Dotychczasowe wyniki potwierdzają możliwość wnioskowania o jakości radiometrycznej na podstawie badania wariancji komponentów. W obecnym stadium badań wskaźniki falkowe mają jednak głównie charakter porównawczy.

Interesujące zagadnienie z zakresu styku Systemów Informacji Geograficznej i Fotogrametrii podjął Pyka w pracy „Możliwości wykorzystania stereoortofoto w GIS” (2011). W pracy podjął próbę znalezienia odpowiedzi na pytanie: czy rosnące zapotrzebowanie na

dane 3D jest szansą na wykorzystanie w GIS znanej od dziesięcioleci techniki stereoortofoto?

Jest to o tyle aktualne pytanie, gdyż w GIS dzisiaj miejsce materiałów kartograficznych przejęła ortofotomapa, która stała się głównym źródłem danych dla systemów gromadzących obiekty topograficzne, wcześniej przedstawiane na mapach w skalach 1:10 000 i mniejszych (Baltsavias, 1996). Praktycznie każde narzędzie informatyczne z zakresu GIS ma funkcję do wczytania ortofotomapy. Zadowolająco sprawne jest także udostępnianie ortofotomapy poprzez usługi WMS, dostępne zarówno w przeglądarkach internetowych jak i klasycznych narzędziach GIS.

Koncepcję stereoortofoto, czyli stereoskopii uzyskiwanej z obrazów ortofektyfikowanych przedstawił Collins w 1968 roku. Główną przyczyną małego rozpowszechnienia tej techniki, a właściwie jej porzucenia, był stosunkowo skomplikowany system użytkowania stereoortofoto. Co prawda do obserwacji zaproponowano przyrząd stosunkowo prosty, jednak konsekwencją pracy na materiałach w skali mapy (a nie w skali zdjęcia, która jest kilkukrotnie mniejsza od skali mapy) wymusiła konstruowanie, co prawda prostych, ale dużych gabarytowo przyrządów (tzw. stereokompiler).

Blisko 20 lat temu w fotogrametrii miał miejsce przełom technologiczny, polegający na wprowadzeniu skanowania zdjęć analogowych i dalszym ich opracowywaniu na cyfrowych stacjach fotogrametrycznych. Drugi krok ku w pełni cyfrowej technologii został zrobiony w ostatniej dekadzie, kiedy to kamery analogowe zostały praktycznie wyparte przez kamery cyfrowe. Te zmiany zdecydowanie poprawiły jakość opracowań fotogrametrycznych a największym beneficjentem skoku jakościowego jest ortofotomapa. Ten fakt zbiegł się z rozwojem technologii GIS, która zwiększyła krąg użytkowników ortofotomapy. Pomimo tych zmian nie nastąpiło odrodzenie techniki stereoortofoto. Cyfrowe stacje fotogrametryczne nie oferują generowania stereokomponentów, wyjątkiem jest oprogramowanie stacji SocetSet.

Zdaniem autora stereoortofoto w GIS należy postrzegać jako materiał wspomagający ortofotomapę a nie jako jej zamiennik. Ortofotomapa jest już w GIS dobrze znana i błędem byłoby nakłanianie do rezygnacji z niej na rzecz obrazu 3D, który wymaga dodatkowego sprzętu do obserwacji stereoskopowej. Ważnym elementem strategii promowania stereoorto jest też wg autora wykorzystanie popularności otwartego oprogramowania GIS. W ramach tego ruchu powstało kilka wartościowych narzędzi GIS, które mają spore grono użytkowników na całym świecie. W pierwszej kolejności należy wskazać Quantum GIS, które rozwija się imponująco a poza zastosowaniami amatorskimi sprawdziło się w poważnych projektach w kilku branżach. Takie narzędzia łatwo rozbudować o nową funkcjonalność, np. opcję do wyświetlania przygotowanych zestawów stereoorto w technice anaglifu z możliwością pomiarów i wektoryzacji 3D. Jej rozszerzeniem mogłaby być funkcja do generowania stereokomponentów z ortobrazów. Autor wyraźnie opowiada się za związaniem strategii popularyzacji stereoortofoto z otwartymi rozwiązaniami informatycznymi, pomimo kuszącej perspektywy skorzystania z narzędzi udostępnianych przez firmy komercyjne.

W konkluzjach autor stwierdza, że w dobie fotogrametrii cyfrowej i rozwoju GIS istnieje szansa na odrodzenie techniki stereoortofoto. Niewielkim nakładem pracy można przygotować pary stereoskopowe wykorzystując dane z projektów fotogrametrycznych realizowanych w ostatnich latach w Polsce, zarówno o zasięgu krajowym jak i lokalnym. Popularyzacja stereoortofoto powinna odbyć się na bazie technologii GIS, gdyż tylko wtedy jest szansa na dotarcie do szerokiego kręgu odbiorców.

Sprawozdanie z zadania badawczego nr 2

Innowacyjne metody monitoringu biologicznego in situ oraz bioremediacji wybranych zanieczyszczeń środowiska przyrodniczego

Zakres badań i uzyskane wyniki

Syntetyczne sprawozdanie z prac w roku 2011 wraz z wykazem udziału w konferencjach naukowych, oraz załączonymi opracowaniami.

Prof. zw. dr hab. Jan W. Dobrowolski

W okresie sprawozdawczym kontynuowano badania doświadczalne (zainicjowane przez prof. zw. dr hab. Jan W. Dobrowolskiego – autora prekursorskiej w skali międzynarodowej, polskiej koncepcji proekologicznych zastosowań biotechnologii laserowej) nad optymalizacją algorytmów fotostymulacji światłem spójnym różnorodnego materiału biologicznego dla potrzeb zrównoważonego rozwoju terenów skażonych i zdegradowanych. Badania te dotyczyły wieloletnich efektów zwiększenia odporności na hipotermie jednokrotnie laserowanych wykorzystywanych do oczyszczania ścieków roślin wodnych (ze szczególnym uwzględnieniem rzęsy drobnej *Lemna minor*). Potwierdzono, że ten efekt utrzymuje się nawet po ośmiu latach od fotostymulacji (po zastosowaniu światła koherentnego o odpowiedniej długości fali, gęstości energii i czasie ekspozycji).

Komplementarne prace eksperymentalne dotyczyły zastosowania także zainicjowanych w Polsce i nowych w skali międzynarodowej metod monitoringu biologicznego w odniesieniu do ochrony środowiska wodnego odpowiedniego dla prawidłowej reprodukcji zasobów biologicznych, ochrony bioróżnorodności i ekosystemów. Są to metod oceny efektów letalnych, oraz komputerowej analizy zaburzeń morfogenezy i kinetyki w rozwoju juvenilnym wybranych zooindykatorów skażeń wód. Zastosowano także komputerowa analizę obrazu do porównania dynamiki wzrostu grup roślin (*Lemna minor*) w środowisku wodnym nieskażonym oraz skażonym określonymi związkami chemicznymi o różnych stężeniach. Materiałem do tych testów biologicznych były głównie powszechnie występujące w ekosystemach słodko-wodnych bezkręgowce z rodzajów *Daphnia sp.*, *Hydra sp.* oraz *Limnea sp.* Biotesty te stanowią obiektywne kryteria do porównawczej oceny efektywności dotychczas stosowanych i nowych metod oczyszczania ścieków i ochrony różnorodności i równowagi ekologicznej. Zastosowanie komputerowej analizy obrazu stanowi też polski wkład do zwiększenia obiektywności oceny jakości wód przy użyciu zalecanego przez OECD biotestu z zastosowaniem rzęsy drobnej. Badania te wykonał kierowany przez prof. J.W. Dobrowolskiego zespół jego byłych magistrantów i doktorantów, którzy byli współautorami referatu dotyczącego nowych zastosowań biotechnologii laserowej do bardziej skutecznej bioremedjacji dla lepszej ochrony ekosystemów wodnych oraz do rekultywacji terenów skażonych toksycznymi metalami (Dobrowolski i inni, Laser Biotechnology for more efficient Bioremediation, Protection of Aquatic Ecosystems and Reclamation of Contaminated Areas). Referat ten był przedstawiony na europejskim forum specjalistów w zakresie inżynierii środowiska i biotechnologii środowiskowej (5th European Conference on Bioremediation, zorganizowanej przez Zakłady Inżynierii Środowiska i Biotechnologii Środowiskowej Uniwersytetu Technicznego na Krecie, oraz Uniwersytetu Bolońskiego w miejscowości Chania od 4 do 7 lipca 2011 r.-vide poz.2 w wykazie załączników). Prace te uznano za innowacyjne i wysoko oceniono na tej Konferencji, oraz na posiedzeniu Europejskiego Zespołu do spraw Biotechnologii Środowiskowej. Załączono kserokopie informacji związanej z tym referatem z Materiałów w/w Europejskiej Konferencji oraz odnośne opracowanie przekazane do publikacji J.W. Dobrowolski i inni „Laser Biotechnology for more effective Bioremediation and promotion Sustainable Development”.

Prof. Dobrowolski wykorzystał też wyniki tych badań na zajęciach dydaktycznych w ramach przedmiotu biotechnologia środowiskowa, na Studiach Podyplomowych, na zajęciach w j. angielskim w przedmiocie obieralnym Biotechnology, w pracach doświadczalnych studentów w ramach Koła Naukowego Ochrony Środowiska (którym opiekuje się od 30 lat), oraz w swoich wykładach w Uniwersytecie Otwartym AGH i jako zaproszony profesor w chińskim Narodowym Uniwersytecie CAU w Pekinie w październiku 2011 roku. Doświadczenia związane z tymi badaniami były również przydatne do przeprowadzonej w w/w Uniwersytecie w Pekinie, oraz Uniwersytecie Technicznym w Dalian konsultacji prac magisterskich i doktorskich. Efektem tych wizyt naukowych było zaproszenie na spotkanie z władzami Dalian i kierownictwem tamtejszego Centrum Technologicznego. Jego efektem było stwierdzenie żywego zainteresowania współpracą i przyjazd już w grudniu 2011 r. do prof. Dobrowolskiego znanego chińskiego eksperta od biotechnologii środowiskowej prof. R. Donga na konsultacje dotyczące perspektyw zastosowania polskiej koncepcji biotechnologii laserowej dla zwiększenia skuteczności bioremedjacji, oraz produkcji biomasy w oczyszczalniach hydrobotanicznych i jej wykorzystania do produkcji bioenergii i zrównoważonego rozwoju różnych rejonów Chin (w ramach rozwijającej się od ponad 50 lat współpracy naukowców chińskich z AGH). W najbliższych miesiącach mają przyjechać do prof. Dobrowolskiego dyplomantki kończące swojej prace magisterskie z Inżynierii środowiska celem przeszkolenia w zakresie w/w innowacyjnej biotechnologii i jej zastosowania w ich pracach doktorskich. W 2011 r. prof. Dobrowolski przeszkolił w zakresie proekologicznych zastosowań biotechnologii laserowej stażystkę z Kazachstanu, która kontynuowała według jego instrukcji odnośne prace doświadczalne po powrocie do swojej uczelni i przesała sprawozdanie świadczące o pozytywnych wynikach badań nad zwiększeniem odporności roślin poddanych odpowiedniej fotostymulacji laserowej na skażenia ropopochodne gruntów. Wyniki uzyskane przez prof. J. W. Dobrowolskiego i wyszkolonych przez niego współpracowników spowodowały zainteresowanie zastosowaniem tej nowej metody do potrzeb zrównoważonego rozwoju szczególnie cennych pod względem ekologicznym regionów Etiopii przez przebywającego w AGH stażystę z tego kraju (który uczestniczył w wykładach prowadzonych po angielsku przez prof. Dobrowolskiego w ramach obieralnego przedmiotu Biotechnology w 2011 r.). Prof. Dobrowolski przedstawił też oparty o relacjonowane prace doświadczalne referat na 1 Światowym Kongresie Biotechnologii Środowiskowej i Szczyście Ziemi dotyczącym energetyki niskowęglowej w Dalian 20 października 2011 roku (-vide załącznik nr.1). Wyniki badań nad nowymi zastosowaniami biotechnologii laserowej do poprawy stanu środowiska przyrodniczego w rejonach skażonych, oraz metod monitoringu biologicznego do obiektywnej oceny skuteczności bioremedjacji opracowano również pod kątem ich zastosowań dla potrzeb promocji zrównoważonego rozwoju w kontekście zmian klimatu (Laser Biotechnology for sustainable development as ecoinnovation for sustainable materials, energy and contribution to prevention climate change-poz.3).

Analiza perspektyw zastosowań wyników przeprowadzonych badań do potrzeb Województwa Małopolskiego znalazła wyraz w odnośnej publikacji w 2011 r. (poz. 7).

Natomiast wykorzystanie uzyskanych doświadczeń w zakresie innowacyjnych biotechnologii środowiskowych dla potrzeb zrównoważonego rozwoju Indii- (nb. również jako kontynuacja wieloletniej współpracy z AGH w tym współpracy autora z naukowcami indyjskimi od 1983 roku)-stanowiła przedmiot wspólnej publikacji z prof. A.S. Guha z New Delhi w czasopiśmie wydawanym w AGH „Geomatics and Environmental Engineering”-(vide poz.6).

Doświadczenia uzyskane w związku z realizacją badań i wykorzystaniem nowej biotechnologii środowiskowej w odnośnych szkoleniach na rzecz poprawy stanu środowiska i promocji ekologicznie i ekonomicznie zrównoważonego rozwoju, oraz humanizacji techniki zostały też uwzględnione w referacie i publikacji związanej z próbami bardziej skutecznej Ochrony Światowego Dziedzictwa Kultury w Krakowie i Florencji (poz.4).

Ogólnie można stwierdzić, że te kompleksowe prace wiążą doskonalenie metod wczesnego wykrywania określonych zagrożeń dla środowiska, ekosystemów, zdrowia człowieka i zabytków z zastosowaniem nowych, efektywnych biotechnologii w celu usuwania tych zanieczyszczeń (szczególnie ze skażonych wód i gruntów), oraz lepszego zagospodarowania terenów poddanych silnej antropopresji (ze szczególnym uwzględnieniem skażeń wielopierścieniowymi węglowodorami).

Dr Aleksandra Wagner

Część badań dotyczyła oceny stanu zbiorników wodnych położonych w okolicach Krakowa. W lecie 2011 r. przebadano 16 lub ich kompleksów w Krakowie i okolicy. Badano parametry fizykochemiczne zbiorników oraz oceniano możliwość wykorzystania tychże w rekreacji i edukacji ekologicznej. Rezultaty porównano z wynikami wcześniejszych obserwacji prowadzonych w ciągu ostatnich kilkunastu lat. Parametry fizykochemiczne badano przy pomocy zestawu do analiz ilościowych Sera® Aqua-Test, a następnie porównano z pożądanymi wartościami (głównie pod kątem warunków życia ryb) zawartymi w instrukcji do testu oraz stosownych przepisów prawnych. Listę zbiorników oraz wartości zbadanych parametrów przedstawiono w tabeli 1. Badano również zawartość miedzi, ale w żadnej z próbek nie stwierdzono stężeń powyżej progu wykrywalności.

Najpoważniejsze przekroczenia dopuszczalnych wartości stwierdzono w przypadku fosforanów w stawie przy ul. Zamkowej w Niepołomicach oraz w dwóch z trzech badanych punktów w Przylasku Rusieckim. Wody te należało zaliczyć do klasy V, czyli wód w stanie złym. Pod względem fosforanów do klasy IV należały wody w stawach Bagry, Dąbie, przy ul. Księcia Józefa w Krakowie oraz w Ojcowie. Świadczy to o znacznej eutrofizacji zbiorników, pomimo że tylko w jednym przypadku (azotyny w Ojcowie) poziom jonów amonowych, azotynowych oraz azotanowych przekroczył wartość dopuszczalną dla II klasy. W dniu 15.10. 2008 r. stwierdzono 0,76 mg/dm³ fosforanów w Przylasku Rusieckim (Wagner, niepublikowane). Natomiast mierzone tam w latach 1999-2008 wartości azotu mierzonego metodą Kjeldahla kilkakrotnie wskazywały na wartości klasyfikujące do wód klasy V (Wagner, niepublikowane; dane SANEPID). Podwyższony stopień eutrofizacji może być wynikiem naturalnej zawartości materii organicznej (w zbiornikach małych) lub też odprowadzaniem nieoczyszczonych ścieków (również w zbiornikach średnich, a nawet dużych).

Oprócz analiz chemicznych podjęto próby oceny zagrożeń oraz walorów zbiorników wodnych (tab. 2).

Wyniki badań na temat zagrożeń zaprezentowano na konferencji „Woda-Środowisko- Obszary Wiejskie” oraz opublikowano [8] (Wagner, Polish Journal of Environmental Studies).

Podjęmowano też próby oceny walorów przyrodniczych i rekreacyjnych zbiorników wodnych [9] (Wagner, Hruševar, Ljubobratović, Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych). Badano też historię zbiorników wodnych, znajdujących się na terenie Krakowa, [10] (Wagner, Orlewicz-Musiał, Miasta wracają nad wodę). Oprócz samych zbiorników wodnych przeprowadzono też badanie ich otoczenia. Podjęto badania nad stopniem zagrożenia gadów i płazów na drogach średniej i niskiej intensywności ruchu [11] (Wagner, Srećković, Paradiković, Patuła, Biologia płazów i gadów - ochrona herpetofauny)

Tab. 1. Parametry fizykochemiczne wód z Krakowa i okolic.

Lp.	Wartość zalecana	pH	gH [°dGH]	kH, [°dKH]	NH ₄ ⁺ [mg/dm ³]	NO ₂ ⁻ [mg/l]	NO ₃ ⁻ [mg/ dm ³]	PO ₄ ⁺³ [mg/ dm ³]	Fe [mg/dm ³]
		6.0-8.0	5-15	5-10	<0.5	<0.5	<50	<1.0	0.5
4.	Kraków -Księcia Józefa	8.5	20	13	0	0	0	1	1
7.	Kaczeńcowa	7.5 7.2*	16	11	0.5	0	0	0.1	0.2
8.	Przyłasek Rusiecki – strona wschodnia	8.5 9.2*	14	7	0	0	0	0.1	0-0.1
	Przyłasek Rusiecki - plaża	8.5 8.0*	12	11	0	0	0	2	0.1
	Przyłasek Rusiecki – stona zach.	8.5 8.5*	13	12	0	0	0	2	0.25
9.	Zakrzowiec	9 8.5*	11	8	0	0	0	0.1	0.5
10.	Staniątki	7.5	14	7	0	0	0	0.5	0
12.	Wola Batorska – staw duży	8.5	12	5	0	0	-	0.1	0.25
	Wola Batorska – staw mały	8	10	6	0	0	-	0.1	0.5
	Wola Batorska – staw mały zarośnięty	8.0	9	6	0	0	-	0.1	0.5
13.	Ulesie – staw mały	6.5 6.3*	14	7	1	0	0	0.5	1
	Ulesie – staw duży	7 6.8*	13	3	0.5	0	0	0.25	≥1
14.	Wola Zabierzowska	7.0	10	9	0	0	-	0.1	1
15.	Kryspinów	8.5 9.0*	8	10	0	0	0	0.1	0.25
	Kryspinów plaża	8.5 9.1*	9	4	0	0	0	0.1	0-0.1
16.	Ojców	8 7.8*	12	11	0.5	0.5	0	1	0.25

* badane pH-metrem

Tab. 2. Ocena stopnia zagrożenia badanych zbiorników.

Lp.	Zbiornik	Zanieczyszczenie	Odwodnienie	Zarastanie	Zaśmiecenie	Zakłócenia krajobrazu	Bliskość drogi	Razem	
								Suma	Średnia
1.	Zakrzowiec	3*	2	1	1	0	2	9	1.50
2.	Staniątki	2	2	2	2	0	1**	9	1.50
3.	Wola Zabierzowska	1	2	1	1	0	3	8	1.33
4.	Ulesie	2	3	2	0	0	1	8	1.33
5.	Kryspinów	0	0	0	2	2	3***	7	1,17
6.	Ojców	3	1	1	0	0	0	5	0.83
7.	Przyłasek Rusiecki	3	0	0	1	1	1	6	1.00
8.	Kaczeńcowa	0	1	1	1	0	2	5	0.83
9.	Kraków – okolice ul. Księcia Józefa,	3	2	2	3	1	0	11	1.83
10.	Suma zagrożeń	17	13	10	11	4	13		

* Na początku października 2011 doszło do skażenia prawdopodobnie substancjami ropopochodnymi (Łowisko "Jesiotr" – informacja ustna)

** Obecnie droga o znacznie ograniczonym ruchu.

*** Dodatkowe zagrożenie stanowią uprawiane tu sporty motorowe (cross country oraz wypożyczalnia quadów)

Udział w Konferencjach naukowych związanych z przedstawianiem wyników Badań Statutowych w 2011 roku.

1. 4-7.06.2011.- 5th European Conference on Bioremediationj, University of Technology in Krete, University of Bologna, Chania-wyłoszony referat: Laser Biotechnology for more efficient bioremediation, protection of aquatic ecosystems and reclamation of contaminated areas. Autorzy: **Jan W.Dobrowolski**, Mateusz Jakubiak, Robert Mazur, Małgorzata Śliwka, Magdalena Knast, Małgorzata Słoniec.
2. 19-22.10.2011.-1st World Congress of Environmental Biotechnology Theme: Healthier Safer and Environmenta Friendly, Dalian Wolrd EXPO Center, Dalian.New :aser Biotechnology for Bioremediation (Toxic Metals), Biodegradation (Petroleum Polltants), Carbon Caputer and Environmental Helath; 44 Years of Environmental Education (of Experts and Knowledge-based Society) focused on Sustainable Development, Autor: **Jan W. Dobrowolski** .
3. 14-16.09. 2011 - VII Konferencja Naukowo - Techniczna. Zieleń Miejska. Naturalne bogactwo miasta. Rola i znaczenie wody na terenach zurbanizowanych, Toruń-Bydgoszcz – wyłoszony referat: *Zbiorniki rekreacyjne na terenie Krakowa na przestrzeni dziejów* – autorzy: **Aleksandra Wagner**, Małgorzata Orliwicz-Musiał
4. 15-17.09 2011 - Ochrona i Inżynieria Środowiska - Zrównoważony Rozwój, Szkoła Ochrony i Inżynierii Środowiska im. Walerego Goetla, Kraków – wyłoszony referat: *Zagrożenia wybranych zbiorników wodnych w Krakowie i okolicy, z uwzględnieniem zanieczyszczeń oraz skutków zmian zagospodarowania terenu*, autor: **Aleksandra Wagner**.
5. 23-24.09.2011. Seminarium Uniwersytetu Otwartego AGH. Ekoinnowacje a Zrównowazony Rozwój-wyłoszony referat: Biotechnologi środowiskowa jako podstawa unowocześnienia inżynierii środowiska i promocji zrównoważonego rozwoju. Autor: **Jan W. Dobrowolski**
6. 23-24.09. 2011. Seminarium Uniwersytetu Otwartego AGH. Ekoinnowacje a Zrównowazony Rozwój– wyłoszony referat: *Koncepcja edukacji ekologicznej w rejonie wybranych zbiorników wodnych Krakowa i okolic, z uwzględnieniem propozycji innowacji*, autorzy: **Aleksandra Wagner**, Aziza Mirzayeva, Umidjon Ahmedov
7. 19,10.2011.Seminarium Technologie proekologiczne dla zrównoważonego rozwoju, Kraków.Wyłoszony referat;Kultura i środowisko a wieloletnie badania interdyscyplinarne wpływu zanieczyszczeń powietrza na Światowe Dziedzictwo Kultury w Krakowie i Florencji. Autor: **Jan W. Dobrowolski**
8. 23-24.11.2011– Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie. Wyłoszony referat: *Wstępna ocena zagrożeń i znaczenia wybranych zbiorników wodnych w rejonach wiejskich wokół Krakowa* – autorzy: **Aleksandra Wagner**, Aziza Mirzayeva, Umidjon Ahmedov, **Barbara Patuła**

Załącznik 1a

Wykaz publikacji opracowanych w ramach zadania 1a:

1. Andrzej WRÓBEL, Alina WRÓBEL, Dawid Kadłubowski Dystorsja obiektywów kamer termograficznych — Lens distortion in thermography / // Pomiary, Automatyka, Kontrola / Stowarzyszenie Inżynierów i Techników Mechaników Polskich. Sekcja Metrologii, Polskie Stowarzyszenie Pomiarów Automatyki i Robotyki POLSPAR ; ISSN 0032-4140. — 2011 vol. 57 nr 10 s. 1116–1119. — Bibliogr. s. 1119, Streszcz., Abstr.
2. Alina WRÓBEL, Andrzej WRÓBEL *Kontrola termograficzna izolacyjności cieplnej nowo wzniesionych budynków mieszkalnych – cz. 1* — [Thermographic verification of thermal transmittance of newly built residential buildings – pt. 2] // Inżynier Budownictwa : miesięcznik Polskiej Izby Inżynierów Budownictwa ; ISSN 1732-3428. — 2011 nr 2 s. 55–56, 58, 60. — Bibliogr. s. 60
3. Alina WRÓBEL, Andrzej WRÓBEL *Kontrola termograficzna izolacyjności cieplnej nowo wzniesionych budynków mieszkalnych – cz. 2* — [Thermographic verification of thermal transmittance of newly built residential buildings – pt. 2] // Inżynier Budownictwa : miesięcznik Polskiej Izby Inżynierów Budownictwa ; ISSN 1732-3428. — 2011 nr 3 s. 54–56, 58. — Bibliogr. s. 58
4. Andrzej WRÓBEL, Alina WRÓBEL *Uwagi o dokładności pomiarów termograficznych w budownictwie* — Remarks on the accuracy of thermovision measurements in building engineering / // Pomiary, Automatyka, Kontrola / Stowarzyszenie Inżynierów i Techników Mechaników Polskich. Sekcja Metrologii, Polskie Stowarzyszenie Pomiarów Automatyki i Robotyki POLSPAR ; ISSN 0032-4140. — 2011 vol. 57 nr 10 s. 1187–1190. — Bibliogr. s. 1190, Streszcz., Abstr.
5. J. Kolecki 2011, Small and Low-Cost Mobile Mapping Systems, Geomatics and Environmental Engineering, Vol. 5, Number 2/2011
6. J. Kolecki, P. Kuras 2011, Low Cost Attitude and Heading Sensors in Terrestrial Photogrammetry - Calibration and Testing, Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji, (MMT 2011)
7. S. Mikrut, K. Pyka, R. Tokarczyk: *Systemy do pomiaru skrajni kolejowej – przegląd i tendencje rozwojowe*. Archiwum Polanica
8. Pyka K.: *Możliwości wykorzystania stereo-ortoobrazów w GIS*. Archiwum Polanica
9. Tokarczyk R., Kohut P., Kolecki J.: *Sensory wizyjne stosowane w systemach do pomiaru skrajni kolejowej i analiza metod ich doboru*. Archiwum Polanica wydruk
10. Pyka K.: *Wykorzystanie transformacji falkowej do oceny spadku jakości radiometrycznej w procesie mozaikowania ortofotomapy*. Biuletyn WAT, Vol LX, Nr 3. s. 353-364.
11. Twardowski M., Marmol U.: *Wizualizacja i przetwarzanie chmury punktów lotniczego skaningu laserowego* - Archiwum Polanica
12. Artur Warchoń, Beata Hejmanowska: *Example of the Assessment of Data Integration Accuracy on the base of Airborne and Terrestrial Laser Scanning MMT*

Załącznik 1b

Wykaz publikacji oraz manuskryptów opracowanych w ramach zadania 1b

Publikacje do sprawozdania z Badań Statutowych 2011

1. Dobrowolski J.W. „New laser biotechnology for bioremediation (toxic metals), biodegradation (petroleum pollutants) carbon capture and environmental health and 44 years of environmental education (of experts and knowledge-based society) focused on sustainable development.” W: „Low Carbon Earth Summit 2011, BIT’s 1st World Congress of Environmental Biotechnology, October 2011. (abstract)
- 2a). Dobrowolski J. W., Jakubiak M., Mazur R., Śliwka M., Knsat M., Sloniec M. „ Laser biotechnology for more efficient bioremediation, protection of aquatic ecosystems and reclamation of contaminated areas. W: Book of abstracts, 5th European Conference, Khania, Greece, July 4-7. 2011, str. 198 (abstract)
- 2b). Dobrowolski J. W., Jakubiak M., Mazur R., Śliwka M., Knsat M., Sloniec M. „ Laser biotechnology for more efficient bioremediation, protection of aquatic ecosystems and reclamation of contaminated areas. W: Book of abstracts, 5th European Conference, Khania, Greece, July 4-7. 2011, **(manuskrypt)**
3. Dobrowolski J.W. „Laser biotechnology for sustainable development as ecoinnovation for sustainable materials, energy and contribution to prevention of climate change.” **(manuskrypt)**
4. Dobrowolski J. W. „Kultura i środowisko a wieloletnie badania interdyscyplinarne wpływu zanieczyszczeń powietrza na światowe dziedzictwo kultury w Krakowie i Florencji.” **(manuskrypt)**
5. Dobrowolski J.W. „ Nowe kierunki biotechnologii jako podstawy unowocześniania inżynierii środowiska i zwiększenia skuteczności zapobiegania zmianom genetycznym, teratogennym i karcynogennym związanym ze skażeniem środowiska (w tym profilaktyki nieuleczalnych chorób cywilizacyjnych).” **(manuskrypt)**
6. Dobrowolski J.W., Guha Ananda S. „Open University and modern learning for sustainable development in India and Poland” W: Geomatics and Environmental Engineering, Volume 5, no 1, 2011 r. str . 25-35
7. Dobrowolski J.W., Śliwka M. „Innowacyjna biotechnologia na inżynierii środowiska w AGH”. W: Innowacyjny start, nr 2, 2011, Periodyk wydawany przez Urząd Marszałkowski Województwa Małopolskiego, str. 6.
8. Wagner A. „Threat to selected water bodies in Krakow and vicinity, focused on pollution and the effects of changes in the area management.” Polish Journal Environmental Study, Vol. 20, no 44 (2011), str. 329-334.
9. Wagner A., Hruševar D., Ljubobratović U. „An attempt to evaluate the water bodies in selected rural regions in the vicinity of Krakow (Poland)” W: Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych 2011, z. 561 (w druku)

10. Wagner A., Orlewicz-Musiał M. „Zbiorniki rekreacyjne na terenie Krakowa na przestrzeni dziejów.” W: Miasta wracają nad wodę., red naukowy Prof. dr hab.. Marek Kosmała, Toruń, wrzesień 2011 r., str. 197-205 (materiały recenzowane).

11. Wagner A., Srećković I., Paradiković I., Patuła B. „Zagrożenia herpetofauny spowodowane motoryzacją oraz turystyką rowerową w terenach rekreacyjnych na wybranych przykładach z okolic Krakowa poza sezonem rozrodczym płazów” W: Biologia płazów i gadów. Ochrona herpetofauny. Pod red. Władysława Zamachowskiego, Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Pedagogicznego w Krakowie, 2011, str. 121-129. (materiały recenzowane).

Załącznik 2a – publikacje z zadania 1

Załącznik 2b – publikacje i manuskrypty z zadania 2