

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

Sprawozdanie z badań statutowych realizowanych w roku 2009

Nr tematu: 11.11.150.949

Tytuł:

INNOWACYJNE TECHNOLOGIE W ZAKRESIE
POZYSKIWANIA, PRZETWARZANIA, UDOSTEPNIANIA
INFORMACJI O ŚRODOWISKU I WYKORZYSTANIE
BIOTECHNOLOGII ŚRODOWISKOWEJ DLA
ZRÓWNOWAŻONEGO ROZWOJU

Zadania badawcze

1. Wykorzystanie fotogrametrii, teledetekcji i GIS w wieloskalowym i wieloczasowym 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, styczeń 2010

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

prof. dr hab. inż. Jerzy Bernasik - profesor

dr hab. inż. Beata Hejmanowska - prof. n. AGH

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

dr inż. Regina Tokarczyk - adiunkt

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

mgr inż. Barbara Zabrzaska - Gąsiorek- asystent

mgr inż. Michał Majewski – asystent

Pracownicy techniczni

mgr inż. Marta Borowiec - st. specj. nauk.-techn.

inż. Stefan Radziszewski - specjalista

Andrzej Kmieciński - technik

Doktoranci

mgr inż. Monika Badurska

mgr inż. Natalia Borowiec

mgr inż. Urszula Cisło

mgr inż. Jakub Kolecki

mgr inż. Łukasz Kulesza

ZADANIE 2

Pracownicy naukowo-dydaktyczni

prof. dr hab. Jan Dobrowolski - profesor

dr Aleksandra Wagner - adiunkt

dr Robert Mazur - adiunkt

dr inż. Małgorzata Śliwka - adiunkt

Pracownicy techniczni

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

Doktoranci

mgr inż. Mateusz Jakubiak

Sprawozdanie z zadania badawczego nr 1

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

Zakres badań i uzyskane wyniki

Rok 2009 był rokiem Jubileuszu 90-lecia Akademii Górniczo-Hutniczej. Z tej okazji Katedra zaprezentowała swoje dokonania naukowe na wydziałowej konferencji naukowo-technicznej poświęconej współczesnym technologiom geoinformacyjnym. Pracownicy Katedry przedstawili na niej kilka referatów opracowanych w ramach badań statutowych, które zostały zakwalifikowane do publikacji w Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i GIS. Drugi ważnym spotkaniem naukowym w 2009 roku było V Ogólnopolskie Sympozjum Geoinformacyjne „Geoinformatyka dla środowiska i społeczeństwa – badania i zastosowania”, które odbyło się w Krakowie w dniach 17-19 września 2009, na którym również zaprezentowano wyniki prac wykonanych w ramach badań statutowych.

W 2009 roku kontynuowane były prace związane z problematyką będącą w obrębie zainteresowań zespołu badawczego Katedry w latach poprzednich, dotyczące skaningu laserowego oraz rozwoju lotniczych kamer cyfrowych. W zakresie tematyki skaningu laserowego w poprzednich latach prace związane były z filtracją danych wysokościowych i wykrywaniem budynków. W 2009 roku zajęto się problemem zastosowania skaningu lotniczego w leśnictwie.

W pracy badawczej (Marmol, 2009) przyjęto rozwiązanie hybrydowe, bowiem włączenie w procesie badawczym dodatkowych informacji zawartych na zdjęciach lotniczych wydaje się podejściem logicznym, które z założenia powinno przynieść poprawę rezultatów. Prowadzono badania związane z weryfikacją tezy, że integracja danych laserowych i fotogrametrycznych pozwoli na poprawę wiarygodności wyznaczenia pojedynczych drzew. Źródłem danych badawczych były wyniki uzyskane za pomocą lotniczego skanera laserowego FALCON II. W skanowaniu tym zarejestrowano pierwsze i ostatnie odbicie impulsu lasera od obiektów terenowych. Dodatkowo zostały zapisane informacje dotyczące intensywności impulsu lasera. Średnia gęstość skanowania dla wybranego pola badawczego wyniosła 10 punktów/m². Dane obrazowe o rozdzielczości 0,15 m pochodziły ze skanera liniowego RGB/NIR LINE SCANNER firmy Toposys i kamery cyfrowej DMC 2001 produkcji ZI Imaging. Wygenerowano z nich ortofotomapy o rozdzielczości 0,20 m, w barwach naturalnych oraz spektrostrefową. Numeryczny Model Koron Drzew (DCM) został wygenerowany jako różnica pomiędzy DSM i DTM, które otrzymano z danych lidarowych (DSM) i danych po filtracji (DTM). Numeryczny Model Koron Drzew w postaci siatki regularnej potraktowano jako obraz cyfrowy, w związku z tym w procesie wyznaczenia wierzchołków pojedynczych drzew zastosowano algorytmy przetwarzania obrazów. W pierwszym kroku model DCM został poddany morfologicznej operacji otwarcia, która pozwoliła na uwydatnienie maksimów lokalnych, a następnie została przeprowadzona detekcja ekstremów lokalnych będących wierzchołkami drzew za pomocą transformacji WTH (ang. *White-Top Hat*). Obrysy koron drzew uzyskano z kolei z ortofotomap przez wykorzystanie metody wykrywania krawędzi na obrazach cyfrowych. Jako metodę detekcji krawędzi wykorzystano operator LoG. Scalenie wykrytych wierzchołków z obrysami koron

ujawniło problem związany z występowaniem skupisk drzew. Odzwierciedlił się on się poprzez wystąpienie kilku wierzchołków drzew w obrębie pojedynczej korony. Rozwiązany został przez wykonanie segmentacji wododziałowej. Dla oceny przedstawionych algorytmów przeprowadzono manualną wektoryzację na ortofotomapie spektostrefowej. Przeprowadzone badania przyniosły obiecujące rezultaty w procesie wyznaczania pojedynczych drzew. Dla badanego obszaru testowego uzyskano dużą zgodność pomiędzy manualną wektoryzacją, a w pełni automatycznym wyznaczeniem zasięgu przestrzennego drzew. Przedstawione analizy pozwalają postawić hipotezę, że to właśnie integracja danych będzie stanowić w przyszłości podstawę dla rozwiązań wielu problemów badawczych.

Integrację danych lidarowych i zdjęć cyfrowych połączoną z próbą znalezienia „wąskich gardeł” w dostępnych technologiach i propozycjami rozwiązań tego problemu przeprowadzono w badaniach dotyczących sporządzenia modelu 3D Wiatraka z Grzmicina - przykładowego obiektu zlokalizowanego w Parku Etnograficznym Muzeum Wsi Kieleckiej w Tokarni (Mikrut 2009a). W badaniach wykorzystano skaner laserowy firmy Zoller-Fröhlich model „IMAGER 5006”, cyfrową kamerę fotogrametryczną Rollei 6008, tachimetr bezlusterkowy TCR 405 POWER oraz oprogramowanie RealWorks Survey Advanced, Photomodeler, Dephos i własne algorytmy zebrane w programie FES (Feature Extraction Software). Dane pozyskane ze skaningu laserowego w postaci chmury punktów zostały wykorzystane do stworzenia modelu powierzchni obiektu, pokrytego teksturą ze zdjęć. W trakcie badań przeprowadzono również eksperymenty związane z automatycznym wykrywaniem krawędzi. Do tego celu wykorzystano autorskie oprogramowanie FES, wykrywające krawędzie z dokładnością podpixelową. Wykryte krawędzie służą jako wzmocnienie modelu szkieletowego pozyskanego ze skaningu w oparciu o linie szkieletowe wykryte na chmurze punktów, ale kontrolowane poprzez linie wydobyte z obrazu cyfrowego.

W 2009 roku nie zabrakło badań związanych z najpopularniejszym obecnie produktem fotogrametrycznym – ortofotomapą cyfrową. W dobie powszechnego wykorzystywania ortofotomapy, co widać zwłaszcza w geoportalach internetowych, coraz większej wagi nabiera ocena jakości. O ile jakość geometryczna jest względnie łatwa do oceny to zgoła inaczej jest z jakością radiometryczną, która jest znacznie trudniejsza do określenia niż jakość geometryczna. W podjętych badaniach na ten temat (Pyka, 2009a) zwrócono uwagę na fakt, że ponieważ ortofotomapa jest zwykle interpretowana wizualnie, należy mówić o jakości fotometrycznej a nie radiometrycznej. Problem rozdzielczości fotometrycznej jest znacznie bardziej złożony niż problem rozdzielczości radiometrycznej, ponieważ fotometria to część radiometrii skupiająca się na percepcji obrazu przez system wzrokowy człowieka. Jakość fotometryczna ortofotomapy to stopień spełnienia przez obraz (o określonej rozdzielczości geometrycznej) następujących warunków kształtujących jego przydatność do interpretacji treści:

- optymalne wykorzystanie rozdzielczości radiometrycznej,
- kontinuum jasności i tonacji obrazu,
- odpowiedni dla wyróżnienia detali kontrast lokalny,
- akceptowalny poziom szumów,
- brak efektów sztucznych (nieuzasadnionych treścią obrazu źródłowego),
- stałość barw w obrębie całego obrazu dla wszystkich obiektów, które powinny podobnie odbijać promieniowanie elektromagnetyczne rejestrowane przez sensor,
- zachowanie naturalnej tonacji obiektów rzeczywistych (dla obrazów RGB).

W sytuacji masowej produkcji ortofotomapy, z coraz większym udziałem automatyzacji, opracowanie ilościowych parametrów jakości fotometrycznej może być bardzo pożyteczne. Powinno pomóc w przewyżczeniu nieracjonalnego dążenia do „idealnej” ortofotomapy. Pewne różnice jakości fotometrycznej powinny być dopuszczone, ale tylko w zakresie w jakim są uzasadnione. Aby stwierdzić kiedy różnica jest dopuszczalna, trzeba posiadać odpowiednie „narzędzia pomiarowe”. Pomimo złożonej natury jakości fotometrycznej udaje się opisać ilościowo część czynników kształtujących to pojęcie. Na rynku wirtualnych map i tzw. lokalizatorów internetowych ortofotomapa ma bardzo silną pozycję z tendencją do jej wzmacniania. Zdarza się jednak, że serwowane są ortofotomapy o niskiej jakości, błędy dotyczą zwłaszcza pomijania specyficznych właściwości systemu wzrokowego człowieka. Przeciwdziałanie niskiej jakości to kolejny argument przemawiający za potrzebą wypracowania parametrów jakości fotometrycznej ortofotomapy.

Od wielu lat datuje się współpraca Katedry z Tatrzańskim Parkiem Narodowym, która przejawia się prowadzeniem wspólnych badań, korzystaniem z danych obrazowych związanych z Tatrami, a wykorzystywanych w tak chętnie podejmowanych przez studentów pracach dyplomowych o tematyce tatrzańskiej. Olbrzymia ilość tych danych spowodowała konieczność stworzenia bazy danych o zasobie fotogrametrycznym pokrywającym obszar TPN. W bazie powinny się znaleźć przede wszystkim zdjęcia lotnicze: panchromatyczne, barwne, spektrostrefowe, wielkoskalowe zobrazowania satelitarne oraz opracowania pochodne (fotomapy, ortofotomapy). Potencjalne wykorzystanie tych materiałów ułatwiłoby szereg dodatkowych danych, pozwalających na opracowanie fotogrametryczne. Powinny to być np. dane dotyczące elementów orientacji wewnętrznej zdjęć, fotoszkice, materiały z aerotriangulacji, itd.

Przykładem wykorzystania zobrazowań archiwalnych, wieloczasowych, są wykonane ortofotomapy ze zdjęć lotniczych wykonanych w latach 1955/56 i 1974 (Mikrut i inni, 2009). W pierwszym kroku opracowania sporządzono zestawienie wykorzystywanych zdjęć w postaci fotoszkieców, z naniesionymi fotopunktami terenowymi, pozyskanymi na podstawie archiwalnych map topograficznych lub pomierzone techniką GPS. Aerotriangulacja bloku zdjęć (w oprogramowaniu Image Station Automatic Triangulation), pomiar danych i wykonanie NMT (Match-T) poprzedziły osiągnięcie produktu docelowego, jakim była ortofotomapa. Wygenerowana została w programie OrtoMaster, a wyrównanie tonalne nastąpiło w programie OrthoVista i Adobe Photoshop oraz porównawczo w oprogramowaniu .PCI Geomatica. Postać cyfrowa zdjęć umożliwiła ich radiometryczną korekcję, dając znaczną poprawę słabej jakości zdjęć archiwalnych, co zaowocowało dobrą jakością obrazu ortofotomapy. Analiza dokładności wygenerowanej ortofotomapy została wykonana w oparciu o pomierzone fotopunkty. Zgodnie z wytycznymi technicznymi K-2.8 dopuszczalny błąd położenia na ortofotomapie dla skali wykorzystanych zdjęć 1: 25 000 wynosi 7,5 m. Dla wygenerowanej w programie OrthoVista ortofotomapy błąd średni liczony na 51 punktach wyniósł 2,3 m, a więc mieścił się w dopuszczalnych granicach. Wygenerowane produkty posłużyły do analiz środowiskowych polegających na określaniu zmian górnej granicy lasu, zarastania tatrzańskich polan, regeneracji kosodrzewiny oraz inwentaryzacji szafasów.

Postać cyfrowa zdjęć, uzyskiwanych obecnie dla pałapu lotniczego w znaczącej części z kamer cyfrowych otwiera nowe możliwości analizy danych z wykorzystaniem algorytmów przetwarzania obrazów cyfrowych. Analiza obrazu w procesach fotogrametrycznych to jedno z kluczowych zagadnień, jakimi się zajmuje Katedra.

Stosowanie cyfrowych kamer fotogrametrycznych o podwyższonej rozdzielczości radiometrycznej powoduje konieczność redukcji zakresu tonalnego do wielkości stosowanej w grafice komputerowej. Zabieg ten jest szczególnym przypadkiem mapowania tonalnego jakie ma miejsce przy wizualizacji obrazów cyfrowych na ekranach monitorów komputerowych. W mapowaniu najczęściej wykorzystuje się funkcję gamma która transformuje liniową skalę jasności obrazu na logarytmiczną, co generuje obraz lepiej rozpoznawalny przez człowieka.

W pracy (Pyka, 2009b) przedstawiono koncepcję wykorzystania transformacji falkowej do mapowania tonalnego. Proponowana metoda ma charakter etapowy. Wpierw ustala się arbitralnie kilka funkcji transformujących o postaci logarytmicznej i wykładniczej. Następnie dokonuje się mapowania z zastosowaniem poszczególnych funkcji. W kolejnym etapie obraz źródłowy i wszystkie obrazy zmapowane są poddawane transformacji falkowej. Porównanie komponentów falkowych pomiędzy obrazem pierwotnym a obrazami wynikowymi odzwierciedla spadek kontrastu lokalnego jaki następuje wskutek mapowania. Finalna funkcja mapująca jest złożona z segmentów funkcji inicjalnych wybranych tak, aby zminimalizować spadek kontrastu. Koncepcja została poddana weryfikacji praktycznej w której wykorzystano zdjęcie lotnicze wykonane fotogrametryczną kamerą cyfrową DMC. W stosunku do mapowania funkcją gamma uzyskano obraz zawierający znacznie więcej szczegółów w cieniach i światłach. Dowodzi to słuszności założenia, że komponenty transformacji falkowej są nośnikami kontrastów lokalnych obrazu. Przetestowanie rozwiązania wykorzystuje transformację falkową aplikowaną tylko jako pojedyncza dekompozycja. Zasadne jest przypuszczenie, że wykorzystanie dekompozycji wielorozdzielczej przyniesie jeszcze lepsze rezultaty a przede wszystkim pozwoli zautomatyzować proces.

Detekcja krawędzi stanowi podstawowe zadanie najniższego poziomu analizy obrazów i zaliczana jest do detekcji cech na obrazie cyfrowym. Umożliwia automatyczną wektoryzację, klasyfikację obiektową, odtwarzanie przestrzennych kształtów obiektów 3D. Autorski program *Feature Extraction*, w zamyśle będący modułem tworzonego w Katedrze autografu cyfrowego VSD-WIN pozwala na detekcję krawędzi z dokładnością podpikselową według trzech różnych algorytmów (Mikrut, 2009b). Algorytm I bazuje na badaniu składowych RGB obrazu cyfrowego, odpowiednie wagowanie jasności pikseli i aproksymacji krzywej opisującej krawędź. Algorytm II opiera się na wykrywaniu krawędzi obiektu w oparciu o podpikselową analizę obrazu. Wykorzystuje drugą pochodną obrazu cyfrowego pozwalającą na wykrycie linii poprzez interpolację miejsca zera na obrazie będącym po filtracji np. operatorem Laplace'a. Algorytm III bazuje na metodzie analizy krawędzi, polegającej na przyjęciu pewnych poziomów wysokości obiektu jako bazowych. Dla nich obliczane są rejony na obrazie, w których ma być analizowana krawędź, a właściwie jej fragment. Testowania algorytmów dokonano w oparciu o obrazy zarejestrowane różnymi kamerami i dla różnych warunków oświetleniowych. Przeprowadzono je na obrazach zarejestrowanych kamerą RolleiMetric, przedstawiających maszty oświetleniowe stadionu Cracovia w różnych warunkach ekspozycji. Badania wykazały, że najwyższe dokładności detekcji uzyskuje się z zastosowaniem Algorytmu II, pozwala on również na eliminację błędów grubych.

Z przetwarzaniem obrazów cyfrowych wiąże się tematyka badań dotyczących fotogrametrii bliskiego zasięgu w aplikacji medycznej.

Photogrammetrical Body Explorer, system fotogrametrii cyfrowej służący do badania geometrii ciała człowieka utworzony przez pracowników Katedry służy oprócz swojego głównemu zastosowaniu również jako narzędzie do eksperymentów mających na celu automatyzację pomiaru ciała. System ten wyznacza parametry wad postawy poprzez pomiar przestrzennych współrzędnych środków markerów – styropianowych białych kuleczek znaczących elementy szkieletu przeniesione na powierzchnię ciała metodą palpacji. Mając na uwadze zawodność tej metody, podjęto próby (Tokarczyk i Tokarczyk, 2009) wyznaczenia parametrów schorzenia drogą analiz powierzchni ciała, wykorzystując do tego celu analizy typowo GISowskie: wyznaczanie form terenu drogą analizy krzywizn, spadków, nachyleń.

Uzyskano obiecujące wyniki detekcji wyrostka kołczystego C7, kołców biodrowych tylnych górnych oraz linii przebiegu kręgosłupa. Do badań użyto modelu ciała pozyskanego z użyciem systemu *Photogrammetrical Body Explorer*, zbudowanego na stacji PI3000 Topcon. Po zrasteryzowaniu wysokościowego modelu powierzchni ciała poddano ją analizom w programach GeoMedia Professional z nakładką Grid oraz Idrisi-Andes. Obiecujące wyniki badań pozwoliłyby w praktyce na podniesienie dokładności pomiarów i wyraźne ich skrócenie przez pominięcie sygnalizacji punktów kostnych.

Przydatność metod sztucznej inteligencji w automatyzacji pomiaru na lotniczych obrazach cyfrowych sprawdzono w ramach projektu badawczego KBN realizowanego w Katedrze w poprzednich latach. Wyniki uzyskane w ramach tego projektu zachęciły do badania (Czechowicz i Tokarczyk, 2009) zastosowania sztucznych sieci neuronowych do detekcji punktów pomiarowych systemu *Photogrammetrical Body Explorer*- fotopunktów i markerów. Doświadczenia przeprowadzone w ramach tych badań wykazały, że metoda ta sprawdza się bardzo dobrze i pozwala na prawidłowe wykrycie 98-100% fotopunktów, natomiast wykrycie markerów elementów kośćca nie dało zadowalających rezultatów. Zadaniem sieci neuronowej stosowanej do wybranego celu była klasyfikacja kolejnych fragmentów obrazu na zawierające obraz fotopunktu, markera lub niezawierające obrazu żadnego z nich. W ramach badań sprawdzono możliwość przeprowadzenia zdefiniowanej powyżej klasyfikacji sieciami o architekturze wielowarstwowego perceptronu (ang. *Multi Layer Perceptron* - MLP) ze wsteczną propagacją błędów oraz sieciami z radialnymi funkcjami bazowymi RBF (ang. *Radial Basis Function Networks*). Zweryfikowano przydatność reprezentacji opartej na informacji o rozkładzie wartości gradientu oraz jego kierunku dla celów wykrycia punktów pomiarowych. Wspomniana reprezentacja wywodziła się z badań nad selekcją podobrazów dla potrzeb dopasowania zdjęć lotniczych, prowadzonych w ramach powyżej wymienionego grantu KBN. Wnioski wyniesione z badań wskazują, że o ile informacja o rozkładzie gradientu i jego kierunków dla wykrycia siecią neuronową fotopunktów sprawdza się znakomicie, to dla markerów należy szukać innej charakterystycznej reprezentacji.

Omówione powyżej badania związane z systemem w aplikacji medycznej wpisują się zarówno w tematykę przetwarzania obrazów cyfrowych jak i w zastosowania fotogrametrii bliskiego zasięgu. W podobnym zakresie tematycznym znajdują się badania związane z zastosowaniem technik cyfrowych w fotogrametrycznej inwentaryzacji zabytków (Boroń i inni, 2009). Jest to tradycyjny obszar zainteresowań Katedry, mającej już wieloletnie doświadczenia i sukcesy na tym polu.

Od początku istnienia Zakładu Fotogrametrii AGH (obecnie Katedry Geoinformacji, Fotogrametrii i Teledetekcji Środowiska), w ramach prac naukowo-badawczych rozwijana była technologia fotogrametrycznej inwentaryzacji zabytków. Początkowo w badaniach i opracowaniach stosowano jedynie metody analogowe, w tym technikę analogowej

ortofotografii. W latach dziewięćdziesiątych ubiegłego wieku rozpoczęto stosowanie technik cyfrowych do inwentaryzacji obiektów zabytkowych. W tym okresie skonstruowano autograf cyfrowy VSD-AGH umożliwiający opracowanie zdjęć metrycznych i niemetrycznych. Poprzez wiele funkcji dedykowanych opracowaniom z zakresu fotogrametrii naziemnej stał się podstawowym instrumentem wykorzystywanym do inwentaryzacji zabytków. Do chwili obecnej stosowany jest on do opracowań wektorowych oraz do pozyskiwania danych dla opracowań rastrowych. Zwiększona moc obliczeniowa komputerów oraz rozwój urządzeń do pozyskiwania obrazów cyfrowych (kamery cyfrowe, skanery itp.) umożliwiły rozwój technik tworzenia cyfrowej dokumentacji rastrowej. Oprócz wysokorozdzielczych fotoplanów uzyskiwanych najprostszą metodą przekształcenia rzutowego rozwinięto technologię tworzenia fotoplanów rozwinięć sklepień kolebkowych oraz technologię ortofotoplanów.

Zastosowanie komputerowych technik przetwarzania umożliwiło rozpowszechnienie nowej formy dokumentacji – pokrytych naturalnymi teksturami modeli 3D obiektów zabytkowych. Pierwsze takie opracowania wykonano w Zakładzie Fotogrametrii pod koniec lat dziewięćdziesiątych. W ostatnich latach coraz częściej do opracowań architektonicznych stosowany jest skaning laserowy. Rozwijane w Zakładzie Fotogrametrii cyfrowe metody fotogrametrycznej inwentaryzacji zabytków są praktycznie weryfikowane podczas inwentaryzacji wielu obiektów zabytkowych w kraju i za granicą. Wyniki prac badawczych i zdobyte doświadczenia są przekazywane studentom w ramach dwóch przedmiotów fakultatywnych związanych z fotogrametryczną inwentaryzacją zabytków. Opracowano też wiele dyplomowych prac magisterskich, w których rozwiązywane były różnorakie zagadnienia związane z cyfrową inwentaryzacją.

Inwentaryzacja fotogrametryczna obiektu architektonicznego dotyczyć może również obiektów już nieistniejących, o ile zachowały się archiwalne dane obrazowe. Na podstawie archiwalnych zdjęć niemetrycznych pochodzących z początku XX wieku został utworzony przestrzenny model 3D krakowskiej willi Rożnowskich (Mikrut i Dużyńska, 2009). W zaproponowanej metodyce rekonstrukcji wykorzystano również archiwalne zdjęcia lotnicze, za pomocą których uzyskano współrzędne fotopunktów. Opracowanie wykonano przy użyciu programów: Dephos, PhotoModeler i MicroStation.

Teledetekcja bliskiego zasięgu to pole badawcze zespołu zajmującego się oceną energetyczną budynków na podstawie interpretacji termogramów (Wróbel i inni, 2009). Tematyka ta zyskuje na wadze i aktualności w świetle decyzji o konieczności uzyskiwania certyfikatów energetycznych budynków. Właściwa ocena energetyczna budynku powinna uwzględniać zarówno oddziaływanie energii promieniowania słonecznego, jak też radiacyjną wymianę ciepła z otoczeniem w ciągu całego roku. Rozwijają się różne metody modelowania matematycznego i symulacji procesów cieplnych w budynku w skali całego roku. Badania doświadczalne rzeczywistych budynków są kosztowne i pracochłonne, toteż podejmowane są rzadko. Rzeczywisty rozkład temperatury na powierzchniach przegród budowlanych można otrzymać poprzez zobrazowanie termograficzne. Prezentacja rozkładu temperatury na przestrzennym modelu budynku ułatwia analizę i interpretację termiki budynku. Przykładem wizualizacji 3D rozkładu temperatur na budynku mieszkalnym jest wykonane w ramach badań opracowanie. Model szkieletowy budynku wykonano w programie AutoCAD w lokalnym układzie współrzędnych. Podstawowe informacje o kształcie i wymiarach budynku przyjęto na podstawie projektu technicznego. Fragmenty dobudowane do budynku później i nieujęte w projekcie pomierzono bezpośrednio. Teksturowanie modelu szkieletowego wykonano termogramami cyfrowymi wykonanymi kamerą ThermaCAM S65,

przetworzonymi do jednolitej dla wszystkich obrazów skali temperatury. Rzeczywisty dobowy rozkład temperatury na zewnętrznej powierzchni trójwymiarowej bryły budynku otrzymany na drodze przestrzennej wizualizacji termogramów może służyć do weryfikacji modeli obliczeniowych. Na jego przykładzie możliwa jest analiza zależności rozkładu temperatury na zewnętrznej powierzchni budynku od różnych czynników.

Problematyka integracji geodanych teledetekcyjnych pozyskiwanych z pułapu satelitarnego podejmowana jest w Katedrze od kilku lat, jej efektem w 2009 roku jest opracowanie rankingu metod integracji (Pirowski 2009). Metody teledetekcyjne charakteryzuje wielostopniowy model pozyskiwania danych, rejestracja z wielu platform i różnych pułapów, rejestracja wielospektralna, możliwość wykorzystania wielu różnych urządzeń obrazujących, rejestracja obrazów o różnej rozdzielczości przestrzennej, rejestracja obrazów wieloczasowych. Zatem zasadne są prace badawcze nad integracją i uzupełnianiem się tych danych. Ma to doprowadzić do zwiększenia i uwiarygodnienia informacji znajdujących się na obrazach.

Badania przeprowadzono na danych spektralnych o niższej rozdzielczości przestrzennej (Landsat) łączonych z obrazami panchromatycznymi o wyższej rozdzielczości (IRS). W ich ramach przetestowano 30 podejść (rozumianych jako metody i ich warianty) integrujących optyczne dane satelitarne, m.in. rozwiązania wykorzystujące substytucje kanałów (SK), operacje algebraiczne (IM), w tym ilorazowe (NVS, WMK), oparte o właściwości teksturalne obrazów (PRAD, PRICE), tablicę kolorów (LUT), transformacje liniowe (IHS, PCA, RVS), filtracje (HPF), lokalne operacje na obrazach (LMM, LMVM, LCM), analizy obrazów w różnych rozdzielczościach (PL, DWT) i kombinacje powyższych rozwiązań (IHS-HPF, IHS-LMVM, PCA-PRAD). Oceniono uzyskane syntetyczne obrazy pod kątem ich formalnej jakości w dwóch aspektach: stopnia czytelności oraz stopnia zniekształcenia tematycznego i na tej podstawie podano rankingi 30-stu testowanych podejść w obu powyższych aspektach. Dzięki przeprowadzonym doświadczeniom wykazano, że możliwe jest uzyskanie szeregu różnorodnych produktów scalania – i to często w obrębie jednej metody, zmieniając jej parametry. Fuzja obrazów jest więc elastyczną procedurą, dzięki której można otrzymać zarówno zestawy kanałów spektralnych o dużym czytelności jak i obrazy o dużej wierności spektralnej. Badania statystyczne wykazały, że te dwie cechy obrazów otrzymanych na drodze fuzji są z sobą powiązane. Od wyboru metody zależy przede wszystkim relacja tych dwóch cech i można wskazać takie rozwiązania, które mniejszym kosztem zniekształcenia informacji tematycznej dają większe czytelności.

Wykorzystanie systemów informacji przestrzennej dla potrzeb analizy i przetwarzania informacji o terenie środowisku jest stałym polem badawczym Katedry. W 2008 roku w ramach pracy badawczej w Katedrze opracowano koncepcję trójwymiarowej wielorozdzielczej bazy danych topograficznych (TBD 3D), będącej udoskonaleniem istniejącej od 2003 roku dwuwymiarowej bazy danych wektorowych i rastrowych. Koncepcja Bazy Danych Topograficznych w postaci 3D (TBD 3D) zakłada istnienie obiektów w trzech wymiarach na trzech poziomach szczegółowości (uogólnienia). W TBD 3D przewiduje się, że wybrane obiekty będą przedstawiane za pomocą symboli 3D na najbardziej szczegółowym poziomie (LoD2), gdzie obiekty będą odpowiadały 3 poziomowi uogólnienia TBD i wszystkie będą przedstawione za pomocą modelu znakowego. W ramach badań prowadzonych w 2009 roku zaprojektowane symbole 3D (Cisło 2009), ze względu na sposób pozyskiwania i prezentowania informacji wysokościowej obiektów, podzielono na trzy zasadnicze grupy. Pierwszą grupę stanowią symbole o zmiennej wysokości, znanej dla

każdego obiektu np. z pomiaru. Druga grupa składa się z symboli o zmiennej, ale arbitralnie przyjętej wysokości lub głębokości. Natomiast w trzeciej grupie znalazły się symbole o stałej wysokości. Symbole 3D zaprojektowano z przyjętą powszechnie konwencją kartograficzną oraz, w przypadku braku możliwości przeniesienia kształtu czy koloru przyjętego powszechnie znaku 2D do 3D, z wykorzystaniem pogładowości symboli. Ponadto w przedstawianym etapie badań zaprojektowano różne warianty symboli 3D. Opracowane symbole 3D (wszystkie warianty) w kolejnym etapie prac zostaną przetestowane w formie ankiety internetowej przez potencjalnych użytkowników pod kątem percepcji krajobrazu.

Katedra Geoinformacji, Fotogrametrii i Teledetekcji Środowiska w ramach INSPIRE w 2009 uczestniczyła w pracach zmierzających do optymalnego wykorzystanie danych o środowisku (Bujakowski i Pyka, 2009). Dostęp do informacji przestrzennej dotyczącej środowiska jest zagwarantowany Konwencją z Aarhus, która została implementowana na grunt polskiego prawa w 2008 roku, kiedy to weszła w życie ustawa o udostępnianiu informacji o środowisku i jego ochronie, udziale społeczeństwa w ochronie środowiska oraz o ocenach oddziaływania na środowisko. W ustawie tej zawarto zobowiązanie organów administracji publicznej do prowadzenia, publicznie dostępnych wykazów danych w formie elektronicznej. Dyrektywa INSPIRE wypełnia jeden z ważniejszych warunków funkcjonowania społeczeństwa informacyjnego – powszechny dostęp do informacji przestrzennej tworzonej przez administrację publiczną, niezbędny społeczeństwu informacyjnemu dla potrzeb zawodowych i osobistych. Implementacja przepisów wykonawczych INSPIRE ma polegać m.in. na uruchomieniu szeregu usług sieciowych w zakresie informacji przestrzennej. Usługi te mają stopniowo rozszerzać swoją funkcjonalność, od wyszukiwania poprzez przeglądanie aż po dostępność do danych przestrzennych. Przygotowania do implementacji w Polsce mają już miejsce od kilku lat. Ich przejawem jest m.in. uruchomienie usługi internetowej Geoportal. Jako podstawową mapę podkładową oferuje on ortofotomapę, wykonaną ze zdjęć lotniczych. Łączy ją z publikowaniem części danych z EGiB w postaci geometrii działek ewidencyjnych. Integracja różnego rodzaju danych jest zagadnieniem złożonym, przykładem niech będzie integracja metadanych pochodzących z różnych źródeł, zapisanych w innych układach współrzędnych czy opracowanych wg innych modeli pojęciowych. Szerokie udostępnienie danych przestrzennych przez administrację publiczną do powtórnego wykorzystania przez innych użytkowników, w tym także biznesowych, przyniesie państwu trudne do przecenienia korzyści. Jedną z nich jest wypełnienie oczekiwań społeczeństwa informacyjnego, które ma prawo do wiarygodnej informacji przestrzennej. Jeśli uda się, a INSPIRE stwarza ku temu dogodną sposobność, przekonać społeczeństwo, aby korzystało w pierwszej kolejności z danych zaopatrzonych w metrykę jakości, wówczas wzrośnie zaufanie społeczne do działalności administracji publicznej.

Referaty i publikacje

W 2009 r. KGFiTS przedstawiła **14** referatów jako rezultatów badań statutowych – zadanie 1, z czego 5 wystąpień miało miejsce w ramach Konferencji Naukowo-Technicznej z okazji 90-lecia AGH „Współczesne technologie geoinformacyjne”, mającej miejsce w Krakowie, 28-29 maja 2009, 7 referatów wygłoszono na V Ogólnopolskim Sympozjum Geoinformacyjnym „Geoinformatyka dla środowiska i społeczeństwa – badania i zastosowania”, odbytym w Krakowie 17-19 września 2009, jeden referat został zaprezentowany na konferencji na temat: „Modernizacja polskich zasobów geoinformacyjnych w ramach INSPIRE” w Warszawie, w dniach 5-7 października 2009 i jeden na konferencji „Tatrzański Park Narodowy 1955-1977-2004. Długookresowe zmiany w przyrodzie i użytkowaniu obszaru TPN”, Zakopane, 21-22 maja 2009.

W 2009r. w ramach sprawozdawanego zadania zostało przygotowanych **14** publikacji – wymienionych w wykazie zamieszczonym na końcu sprawozdania jako załącznik nr 1a (teksty tych publikacji stanowią załącznik nr 2a do sprawozdania).

Sprawozdanie z zadania badawczego nr 2

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

Zakres badań i uzyskane wyniki

Zespół, który realizował to zadanie badawcze zaprezentował związane z tą problematyką referaty m.in. na Krajowej Konferencji dotyczącej nowych kierunków w inżynierii ochrony środowiska w odniesieniu do zasad zrównoważonego rozwoju która odbyła się w AGH w 2009 roku z okazji 90 lecia Uczelni, oraz 120 lecia urodzin prekursora interdyscyplinarnej współpracy w ramach sozologii i sozotechniki prof. W. Goetla. Prof. J.W. Dobrowolski był przewodniczącym Komitetu Naukowego tej Konferencji [1, 2, 3, 4].

Kontynuowane zainicjowane przez niego badania nad doskonaleniem metod monitoringu biologicznego z zastosowaniem szczególnie czułych kryteriów embriologicznych i stadiów juwenilnych dla oceny zagrożeń dla prawidłowej reprodukcji niektórych gatunków szczególnie wrażliwych na często występujące zanieczyszczenia ekosystemów słodkowodnych. Dotyczyły one zarówno wybranych gatunków bezkręgowców, jak też roślin.

Dla potrzeb ocen ekotoksykologicznych wód wykonano biotesty dotyczące toksyczności ostrej na *Lemna minor* L., *Daphnia magna* S. i *Lepidium sativum* L. dla takich toksykantów, które występują w wielu rodzajów ścieków i z tego powodu stanowią rosnące zagrożenie dla ekosystemów wodnych. Prace te wiążą się z priorytetowymi kierunkami badań zalecanymi w obecnym Europejskim Programie Ramowym 7.6 Środowisko.

W okresie sprawozdawczym przeprowadzono biotesty dotyczące zarówno toksyczności ostrej jak również przewlekłej dla:

- Roztworów detergentów (gł. z grupy brij).
- Roztworów chlorków (chlorek sodu i siarczan (VI) sodu) – problem zasolenia wód słodkich, w wyniku zrzutu wód dołowych z kopalni węgla itd.).
- Ścieków bytowo - komunalnych z osadnika Dorna oraz po oczyszczeniu biologicznych.

Wykonano następujące biotesty:

- Test na *Lemna minor* (30 dniowy)
- Test na *Daphnia magna* (typ fluorotox – 1h 15min)
- Test na *Lepidium sativum* (96h)

Istotnym elementem dla zwiększenia obiektywności i czułości testów biologicznych dla wykrywania wczesnych dysfunkcji było zastosowanie komputerowych metod analizy obrazu do automatycznego monitoringu zarówno zaburzeń morfogenetycznych jak też kinetycznych wykrywanych już przy niskim stężeniu testowanych zanieczyszczeń wód.

Wykorzystano opracowane makroprogramy do analiz morfometrycznych (w obrazach statycznych) w celu określenia pola powierzchni rzęsy drobnej w ramach testu biologicznego przeprowadzonego na na *Lemna minor*. W ramach tych prac doświadczalnych wykonywano zdjęcia co 5 dni, z zachowaniem stałych parametrów doświadczenia. Po zakończeniu biotestu serie zdjęć poddano analizie w środowisku programu Aphelion 3.02. Wyznaczono pole powierzchni dla rzęs w każdej z populacji testowych, następnie porównano te same grupy

testowe fotografowane w kolejnych okresach czasu. Umożliwiło to wyznaczenie średniego współczynnika przyrostu rzęs eksponowanych na określony rodzaj toksykanta przy różnych jego stężeniach oddziaływujących na ten materiał roślinny przez taki sam czas. Dzięki zastosowanej metodzie można było precyzyjnie wyznaczyć efekt działania toksycznego lub stymulującego badanej substancji. Prace te dostarczają przesłanek metodologicznych dla doskonalenia monitoringu biologicznego opartego o ocenę wpływu różnych zanieczyszczeń wód na szczególnie wrażliwe wczesne stadia rozwojowe bezkręgowców, które są rekomendowane w aktualnych normach UE, oraz OICDE.

Opracowano wstępnie makroprogramy do wczesnego wykrywania efektów neurotoksycznych zanieczyszczeń wód po przez długotrwałą detekcję i rejestracje komputerową ruchu wrażliwych na różne zanieczyszczenia stadiów młodocianych *Lymnaea stagnalis*. Kokony z zarodkami błotniarki można wykorzystać do biotestów charakteryzujących się wysoką wrażliwością, którą uzasadniły prace wykonane przez prof. J. W. Dobrowolskiego i prof. R. Tadeusiewicza. Automatyzacja testów toksyczności ostrej na *Lymnaea stagnalis* pozwoli na wdrożenie metody opracowanej przez dr R. Mazura w ramach jego pracy doktorskiej wykonanej pod opieką prof. Dobrowolskiego. Prace te są rozwijane przy współpracy z innym przedstawicielem tej samej szkoły naukowej dr inż. Piotrem Lewickim z Instytutem Informatyki Stosowanej Politechniki Krakowskiej. Kontynuowana jest też współpraca rozpoczęta w ramach dwoj programów szwajcarsko-polskich w zakresie nowych metod porównawczego monitoringu biologicznego rzek i jezior w różnych rejonach Europy zrealizowanych przy współpracy prof. J.W. Dobrowolskiego z AGH, oraz prof. J. Dominika w Uniwersytecie w Genewie. W okresie sprawozdawczym miała miejsce kolejna wizyta konsultacyjna i wykład prof. Dominika w AGH [5].

Przedmiotem porównawczej oceny był w 2009 r. monitoring biologiczny stanu środowiska i ocena jakości wód w strefie ujścia rzeki Raby do Zbiornika Dobczyckiego. Wybór tego miejsca wiąże się z kontynuacją w/w badań, oraz znaczeniem tego zbiornika, jako szczególnie ważnego rezerwuaru wody pitnej dla Krakowa. Zgodnie z aktualnymi zaleceniami wiodących specjalistów w zakresie ekotoksykologii i biotechnologii środowiskowej łączono monitoring biologiczny wykonywany w terenie, oraz biotesty przeprowadzane w laboratorium samodzielnego Zespołu Biotechnologii Środowiskowej i Ekologii w powiązaniu z analizami stanu jakości wód w strefie ujścia rzeki Raby do jeziora Dobczyckiego. Monitoring ten jest prowadzony od 2 lat i ma na celu określenie roli formacji roślinnej, która utworzyła się

w strefie przejściowej między rzeką a jeziorem w oczyszczaniu wód wpływających do zbiornika. W pracach tych przyjęto hipotezę roboczą, iż ukształtowana formacja może pełnić funkcje naturalnego bioreaktora i podobnie jak rośliny moczarowe w rejonach starorzeczy może w istotny sposób wpływać na procesy samooczyszczania wód. Przebadano podstawowe parametry fizyko – chemiczne próbek wód pobranych zarówno przed ta fitocenozą jak też po przefiltrowaniu z akwenu znajdującego się za tym zbiornikiem roślinny. Wyniki dotychczasowych badań wykazują, że roślinność moczarowa w tym rejonie może być przyczyną korzystnych zmian wyrażających się obniżeniem niektórych parametrów wskazujących na rosnącą eutrofizację wód w tym zbiorniku (np. po przez obniżenie ilość biogenów w porównaniu z ilością związków azotu i fosforu znajdujących się w próbkach wód Raby pobranych przed w/w zbiornikiem roślinnym). Prace są prowadzone przy współpracy z dr M. Macierzyńskim z Katedry Nauk o Środowisku w Energetyce oraz MPWiK Kraków. W przyszłości dodatkowo planuje się analizy z zakresu teledetekcji w celu opracowania mapy wypłykania Zbiornika Dobczyckiego oraz stopnia eutrofizacji w sezonie wegetacyjnym [6].

Część badań doświadczalnych przeprowadzonych w 2009 r. była rozwijana również w ramach następujących prac magisterskich wykonanych pod opieką dr R. Mazura:

- Kamila Kasztalskiego „Komputerowa automatyzacja standardowych metod biotestów toksyczności ostrej dla wód i ścieków”,
- Anny Rusek „Zastosowanie biotestów w badaniu toksyczności zasolonych wód dołowych”,
- Beaty Frąc „Ekotoksykologiczna ocena toksyczności ścieków na różnych etapach procesu oczyszczania w oczyszczalniach miejskich”,
- Dominiki Głąb „Badanie toksyczności detergentów z grupy środków czystości z wykorzystaniem biotestów toksyczności ostrej i chronicznej na *Daphnia magna* i *Lymnaea stagnalis*”,
- Kamila Kłaka: „Monitoring rtęci w glebie i zbiorniku Pogoria na terenie Dąbrowy Górniczej”.

Prace pokrótce przedstawione odnoszą się do zagrożeń ekotoksykologicznych występujących w konkretnych terenach i mogą dostarczyć nowych przesłanek naukowych dla bardziej skutecznych działań zapobiegawczych prowadzonych przy użyciu komplementarnych, innowacyjnych technologii.

Wyniki (wieloletnich badań wielospecjalistycznego zespołu ekspertów utworzonego i koordynowanego przez prof. Dobrowolskiego) kontynuowanych w 2009 r. dostarczają nowych w skali międzynarodowej przesłanek do zastosowania odpowiednich algorytmów fotostymulacji laserowej do bardziej skutecznej bioremediacji, oraz biodegradacji niektórych zanieczyszczeń środowiska przyrodniczego. Proekologiczne zastosowania biostymulacji światłem spójnym dostarcza przesłanek zwiększenia efektywności renaturyzacji terenów silnie zdegradowanych i trudnych do rekultywacji przy użyciu dotychczasowych metod.

Uzyskano dane empiryczne wskazujące na realne perspektywy przyspieszenia formowania wysokich pasów żywopłotów wzdłuż głównych dróg w celu ograniczenia rozprzestrzeniania się niskiej emisji motoryzacyjnej stanowiącej rosnące zagrożenie dla zdrowia ludzi (bezpośrednie i po przez intoksykacje łańcucha pokarmowego), zwierząt, oraz unikalnych obiektów przyrodniczych i zabytkowych (m.in. w związku z rozwojem turystyki zmotoryzowanej).

Celowe jest rozwijanie badań doświadczalnych nad wykorzystaniem fotostymulacji laserowej do zwiększenia zdolności przystosowawczych lokalnych genotypów mikroorganizmów, oraz roślin do różnorodnych skażeń powietrza, gleb i wody.

Uzyskane wyniki wskazują na perspektywę zastosowania tej innowacyjnej biotechnologii środowiskowej do zwiększenia produktywności roślin uprawianych na terenach skażonych, a także przyspieszenia zjawiska adaptacji biocenoz do zmian klimatu.

Zgodnie z wytycznymi UE kraje członkowskie powinny zwiększać produkcje biomasy (ze względu na obowiązek wykorzystania jej w ilości do 20 % zamiast obecnych około 5%) w 2020 r. jako dodatku do paliw kopalnych w energetyce zawodowej i ciepłownictwie.

Zastosowanie wypracowanej i doświadczalnie zweryfikowanej w tym zespole metody stwarza nowe przesłanki dla uzyskania większej ilości biomasy w rejonach o glebach niskiej bonitacji i na terenach skażonych. Obniżyć to może koszty produkcji tej biomasy. Godnym uwagi jest też fakt, że wzrost produkcji potrzebnej biomasy nie odbywałby się kosztem zmniejszenia produkcji roślin wykorzystywanych bezpośrednio lub pośrednio do wytwarzania żywności.

Doświadczalnie wykazano możliwość zwiększania wyniku fotostymulacji laserowej plonów roślin takich jak różne gatunki wierz z rodzaju *Salix*, oraz miscanta *Miscanthus* sp., ślázowca pensylwańskiego *Sida hermaphrodita*, trzciny pospolitej *Phragmites australis*, itd. Godnym uwagi jest też wykazanie przydatności tej metody do zwiększenia produkcji roślin, które mogą dostarczać substratów do produkcji biopaliw np. ziemniaka, czy kukurydzy (do produkcji etanolu do silników spalinowych), a także lnu czy rzepaku (do wytwarzania biodiesla analogicznych paliw oleistych).Może to mieć dodatkowe istotne znaczenie dla ograniczenia nie tylko emisji gazów cieplarnianych ale też mutagennych i karcinogennych produktów spalania paliw ropopochodnych. Problem ten poruszony przez prof. Dobrowolskiego w dyskusji na Światowej Konferencji nt. Zmian Klimatu z udziałem 147 krajów znalazł akceptacje w aktualnym stanowisku dyrektora generalnego programu Środowiskowego ONZ (UNEP).

Zgodna akceptacje specjalistów z ośrodków akademickich z wielu krajów znalazła też też o konieczności rozwijania interdyscyplinarnych badań i szkoleń pod kątem rozwijania i upowszechniania metod innowacyjnych łączących wczesne wykrywanie zagrożeń środowiskowych z bardziej skutecznym zapobieganiem im. Taki właśnie charakter miały prace objęte tym sprawozdaniem. Ich wyniki były prezentowane tylko w 2009 r. poprzez kilkanaście wystąpień na krajowych i międzynarodowych konferencjach naukowych, oraz kilkunastu publikacji 4 osobowego zespołu - (vide zestaw).

Zespół pod kierunkiem prof. Dobrowolskiego podjął też współpracę z prof. Budak i dr Trojanowską z Collegium Medicum UJ pod kątem izolacji mikroorganizmów z próbek gruntu skażonego przez węglowodory oraz rozpoczął interdyscyplinarne badania pod kątem wpływu światła spójnego laserów i diod laserowych na inoculum wyizolowanych mikroorganizmów.

W/w specjalistki dokonały izolacji grzybów dermatofitowych z w/w próbek i przeprowadziły namnożenie tego materiału na podłożu Sabourauda o składzie: glukoza, pepton, wyciąg drożdżowy, agar i antybiotyki (chloramfenikol) z dodatkowym cykloheksymid (aktidion) hamujący wzrost grzybów pleśniowych. Hodowlę prowadzono przez 3 tygodnie w temp. 27 °C. Ocena makroskopowa poszczególnych gatunków dermatofitów na podłożach umożliwia wstępne różnicowanie na podstawie koloru i konsystencji kolonii oraz struktury jej powierzchni. Ocena mikroskopowa polega na założeniu mikrohodowli szkiełkowych, które prowadzi się w wilgotnych komorach (płytki Petriego) w temp. 27 °C przez okres 10-14 dni. Po inkubacji z mikrohodowli przygotowuje się preparaty podbarwione laktofenolem z błękitem metylenowym i ogląda w mikroskopie świetlnym w powiększeniu 100-400 razy. Podstawą identyfikacji poszczególnych gatunków dermatofitów jest wygląd mikrokonidii (aleurospory) i makrokonidii (klasterospory) oraz obecność i wygląd owocników szczątkowych, będących wytworem grzybni wegetatywnej. Wyizolowano następujące dermatofity z próbek gruntu skażonego węglowodorami

T1- *Trichophyton mentagrophytes* (odmiana puszysta)

T2- *Trichophyton mentagrophytes* (odmiana mączysta)

T3- *Trichophyton terrestre*, oraz

T4- *Trichophyton mentagrophytes* var. *granulosum* . Po odpowiednim naświetleniu diodą laserową inoculum tego ostatniego gatunku uzyskano istotną stymulację wzrostu. Dostarcza to przesłanki wskazujące na celowość kontynuacji tych doświadczeń co obecnie ma miejsce.

Dr. M. Śliwka kontynuowała prace doświadczalne nad optymalizacją algorytmów biostymulacji laserowej niektórych z powszechnie występujących gatunków roślin w celu zwiększenia ich zdolności bioremediacyjnych. Głównym celem tych doświadczeń było zastosowanie zainicjowanej przez J.W. Dobrowolskiego laserowej biotechnologii środowiskowej do potrzeb tanich oczyszczalni z zastosowaniem wybranych roślin wodnych. Próba ta dotyczyła w szczególności zwiększenia skuteczności hydrobotanicznych oczyszczalni ścieków poprzez stymulację światłem spójnym o różnej długości fali i gęstości energii rzęsy drobnej (*Lemna minor*) oraz kosaćca żółtego (*Iris pseudoacorus*) diodami laserowymi ($\lambda=660$ nm., $\lambda=473$ nm.) oraz laserem argonowym ($\lambda=514$ nm.). Zastosowano również nową diodę laserową emitującą światło o długości podobnej do światła lasera argonowego. Potwierdzono w odniesieniu do nowych źródeł światła spójnego wcześniej już uzyskane wyniki doświadczeń świadczące o możliwości dobrania takich algorytmów fotostymulacji aby stymulować procesy energetyczne związane z frakcją mitochondrialną enzymów i znacznie przyspieszyć podział komórek, co prowadzi do zwiększenia produkcji biomasy oraz pośrednio do silniejszego wychwytu biogenych. Najkorzystniejsze efekty uzyskano dla grupy rzęsy drobnej naświetlanych diodą laserową, otrzymano ponad 300% większy przyrost biomasy w porównaniu z grupą kontrolną. Największą powierzchnię liści, w przeliczeniu na jedną roślinę, otrzymano dla grupy naświetlanej laserem argonowym. Grupa roślin naświetlanych tą diodą laserową wykazała się najwyższą odpornością na hipotermię w okresie jesienno-zimowym a zarazem obniżoną podatność na chlorozę poprzedzającą obumieranie roślin. Fotostymulacja światłem spójnym w sposób statystycznie znamienne obniżyła biokumulację u *Lemna minor* niektórych metali śladowych o wysokiej toksyczności. Efekt ten może zmniejszyć fitotoksyczne zagrożenie tych roślin w sytuacji kiedy są one wykorzystywane w oczyszczalniach hydrobotanicznych w których ścieki skażone są kadmem czy ołowiem. Innym korzystnym skutkiem odpowiedniej stymulacji światłem spójnym może być istotne podwyższenie kumulacji przez te rośliny związków fosforu i azotu, których eliminacja ze ścieków bytowych zapobiegać może tendencji do eutrofizacji. Empiryczne wykazanie możliwości uzyskania podobnej fotostymulacji rzęsy drobnej i wierzby wiciowej przy użyciu światła niebieskiego emitowanego przez diodę laserową $\lambda=473$ nm jak przy zastosowaniu drogiego i trudnego do transportu lasera argonowego-może znacznie obniżyć koszty stosowania fotostymulacji w celu podwyższenia efektywności oczyszczalni hydrobotanicznych. Są one szczególnie przydatne do realizacji aktualnych wymagań UE w odniesieniu do poprawy jakości wód i ochrony bioróżnorodności, szczególnie na terenach rolniczych, oraz rejonach o dużej koncentracji turystów. Oczyszczalnie takie są najbardziej ekonomiczne, a zarazem najlepiej odpowiadają wymaganiom ochrony krajobrazu, oraz rozwojowi agro- i eko-turystyki jako narzędzi zrównoważonego rozwoju [7, 8, 9, 10].

Dobrowolski zaproponował wykorzystanie wyników doświadczeń nad biostymulacją laserową do zagospodarowania znacznych obszarów stanowiących nieużytki w Polsce w celu zwiększenia ilości związanego przez rośliny dwutlenku węgla (uważanego przez większość specjalistów za najważniejszy z tzw. gazów cieplarnianych). Zastosowanie takiej fotostymulacji w odniesieniu do sadzonek i zrzewów przed ich wysadzeniem na tzw. plantacjach energetycznych na terenach nieużytków dostarczyłoby ważnych dla środowiska i gospodarki przesłanek. Oszacowanie ilości dodatkowo asymilowanego w ten sposób przez rośliny CO₂ mogłoby stać się przesłanką naukową do wniosku Polski do UE o zwiększenie o tą ilość limitów emisji tego gazu. Pozwoliłoby to na promowanie zrównoważonego rozwoju z wielkim pożytkiem dla naszego Kraju.

W roku 2009 Aleksandra Wagner wprowadzała uzupełnienia do rozprawy habilitacyjnej: „Zastosowanie koncepcji zrównoważonego rozwoju w zagospodarowaniu zbiorników wodnych w rejonie Krakowa”. W pracy uwzględniono próbę waloryzacji terenu w pobliżu zbiorników wodnych, w oparciu o własną koncepcję autorki, uwzględniającą walory rekreacyjne zbiornika, atrakcyjność turystyczną (flora, fauna, obecność miejsc ważnych z kulturowego punktu widzenia). Przeprowadzono też zdjęcia fitosocjologiczne terenu wokół 22 zbiorników wodnych w samym Krakowie, w gminie Liszki oraz gminie Niepołomice. Przeprowadzenie zdjęć fitosocjologicznych pozwoliło na dokładniejszą ocenę przydatności danego terenu w ekoturystyce (stanowiącej ważny element koncepcji zrównoważonego rozwoju). W badaniach terenowych brali udział: Aleksandra Wagner, Robert Mazur, Barbara Patuła oraz podczas wakacji w 2009 roku studenci zagraniczni, praktykanci IAESTE: Dario Hruševar i Uroš Ljubobratović [11].

Załącznik 1a

Wykaz publikacji opracowanych w ramach zadania 1a:

Boroń A., Borowiec M., Wróbel A., 2009. Rozwój cyfrowej technologii w inwentaryzacji obiektów zabytkowych na przykładzie doświadczeń Zakładu Fotogrametrii i Informatyki Teledetekcyjnej AGH. *Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji*, Vol. 19, 2009. W druku

Bujakowski K., Pyka K., 2009. Rola INSPIRE w rozwoju społeczeństwa informacyjnego. *Roczniki Geomatyki 2009, Tom VII, Zeszyt 6(36)*.

Cisło U., 2009. Próba opracowania symboli 3D wybranych obiektów trójwymiarowej wielorozdzielczej bazy topograficznej. *Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji*, Vol. 20, 2009. W druku.

Czechowicz A., Tokarczyk R., 2009. Automatyczna lokalizacja punktów pomiarowych na obrazach fotogrametrycznego systemu do badania wad postawy wybranymi metodami sztucznej inteligencji. *Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji*, Vol. 20, 2009. W druku.

Marmol U., 2009. Metody integracji danych lidarowych i zdjęć lotniczych w procesie automatycznego wykrywania obiektów. *Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji*, Vol. 20, 2009. W druku.

Mikrut S., 2009a. Integracja danych ze skaningu laserowego i fotogrametrycznych. *Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji*, Vol. 20, 2009. W druku.

Mikrut S., 2009b. Przydatność algorytmów podpixselowej detekcji cech w wybranych zagadnieniach fotogrametrycznych. *Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji*, Vol. 19, 2009. W druku

Mikrut S., Dużyńska U., 2009. Próba rekonstrukcji nieistniejących obiektów architektonicznych na wybranym przykładzie. *Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji*, Vol. 20, 2009. W druku.

Mikrut S., Guzik M., Dąbrowska A., 2009. Zdjęcia lotnicze i ortofotomapy Tatrzańskiego Parku Narodowego. Długookresowe zmiany w przyrodzie i użytkowaniu obszaru TPN. Wydawnictwo TPN, 2009.

Pirowski T., 2009. Ranking metod integracji obrazów teledetekcyjnych o różnej rozdzielczości – ocena formalna scalenia danych Landsat TM i IRS-PAN. *Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji*, Vol. 20, 2009. W druku.

Pyka K., 2009a. Jak ocenić jakość fotometryczną ortofotomapy? *Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji*, Vol. 19, 2009. W druku

Pyka K., 2009b. Mapowanie tonalne obrazów o podwyższonej rozdzielczości radiometrycznej z wykorzystaniem transformacji falkowej. *Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji*, Vol. 20, 2009. W druku.

Tokarczyk R., Tokarczyk P., 2009. Wykorzystanie analiz typu GIS do detekcji wybranych części anatomicznych ciała ludzkiego dla potrzeb badania wad postawy. *Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji*, Vol. 19, 2009. W druku

Wróbel A, Wróbel A., Rejowicz A., 2009. Przestrzenna wizualizacja dobowych zmian rozkładu temperatury na zewnętrznej powierzchni budynku. *Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji*, Vol. 20, 2009. W druku.

Załącznik 1b

Wykaz publikacji opracowanych w ramach zadania 1b

1. Tadeusiewicz R., Dobrowolski J.W., Use e-learning technology and cybernetic methodology for modern education in the area of prevention of Environmental Health hazard based on sustainable development - przyjęte do druku.
2. Dobrowolski J.W., Guha A.S., Open University and modern distance learning for sustainable development in India and Poland-przyjęte do druku i promocji elektronicznej.
3. Dobrowolski J.W., 20 lecie działalności Uniwersytetu Otwartego AGH jako próba interdyscyplinarnej edukacji wszystkich grup wiekowych dorosłych słuchaczy dla zrównoważonego rozwoju- przyjęte do druku.
4. Dobrowolski J.W., Modern concept of qualified tourism and education for common action focused on innovative biotechnologies for sustainable development of regions with culture and nature heritage, *Ochrona i Inżynieria Środowiska-Zrównoważony Rozwój*, Monografie Wydziału Inżynierii Mechanicznej i Robotyki AGH, Vol.38, 21-31, 2009.
5. Mazur R., Macherzyński M., The Monitoring of Water and Environmental Quality in the Raba River in the Area of the Dobczyce Reservoir, *Polish Journal of Environmental Studies*, Vol. 18, No. 3A, P; 243-249, Hard Olsztyn, 2009.
6. Mazur R., Lewicki P.; Badanie toksyczności ostrej związków Brij metodą Fluotox na *Daphnia magna* oraz przy zastosowaniu komputerowej analizy obrazu w automatyzacji biotestu., *Materiały Krakowskiej Konferencji Młodych Uczonych*, Wyd. FSiA, Kraków 2009, str. 379 – 387.
7. Śliwka M., Jakubiak M., Instrumenty prawne i finansowe wspierające rozwój energetyki odnawialnej w Polsce — Legal and financial support for renewable energy development in Poland w: *Półrocznik Polityka energetyczna – przyjęte do druku*.
8. Śliwka M., Jakubiak M. The application of the innovative biotechnology in Hydrobotanical wastewater treatment plants. *Polish Journal of Environmental Studies*. Vol 18, No 3A. , pp. 445-449, 2009.
9. Śliwka M. Jakubiak M. Wpływ światła spójnego na zmiany zawartości pierwiastków w biomase roślin. *Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych*, nr 40, s. 380 – 387, Instytut Ochrony Środowiska, Warszawa, 2009
10. Śliwka M. Jakubiak M. Zastosowanie stymulacji laserowej hydrofitów dla zwiększenia fitoremediacji pierwiastków biogennych w: *Proceedings of ECOpole*, 2009, przyjęte do druku
11. Wagner A., 2009. The proposals of the valuation of small water bodies in terms of their significance for eco-tourism. *Polish Journal of Environmental Studies* vol. 18 no. 3A: 456–462.

Czynny udział w Konferencjach;

- Międzynarodowa Konferencja, Ecotoxicology in the real World, 16 - 19 September 2009, Kraków:
 - Dobrowolski J. W., Mazur R., Lewicki P., Kawa R.; “Complementary methods of ecotoxicological assessment of natural environment and their results referring to different biological material”; (referat)
 - Mazur R.; “Acute toxicity studies of selected groups of detergents with the application of new biotests, compared to the test on *Daphnia magna*” (prezentacja)
- IV Krakowska Konferencja Młodych Uczonych, Kraków, 17 – 19. 09. 2009:
 - Mazur R., Lewicki P.; Zastosowanie metod komputerowej analizy obrazu w automatyzacji biotestu Fluotox na *Daphnia magna* Strauss.; (prezentacja),
 - Śliwka M. „Instrumenty prawne i finansowe wspierające rozwój energetyki odnawialnej w Polsce” (prezentacja)
- VII Międzynarodowa Konferencja Młodych Naukowców „Zastosowania Informatyki w Technice” Kraków, 17-18 września 2009: - Mazur R., Lewicki P., Kasztalski K.; The application of the computer image analysis methods in environmental biomonitoring, (prezentacja)
- XXV. Międzynarodowa Konferencja Naukowa – 25th International Scientific Conference; „Procesy transformacji przemysłu i usług w regionalnych i krajowych układach przestrzennych” 30. 11. 2009, Kraków: - Aleksandra Wagner, dr Robert Mazur, (Akademia Górniczo Hutnicza w Krakowie), mgr Paweł Kramarz (Uniwersytet Pedagogiczny w Krakowie): „Studium możliwości ekoturystycznego wykorzystania Zbiornika Dobczyckiego i rzeki Raby w świetle badań ankietowych”, (referat)
- Zebranie naukowe Oddziału Krakowskiego Polskiego Towarzystwa Inżynierii Ekologicznej, UR, Kraków - Śliwka M. „Możliwości zastosowania stymulacji laserowej w inżynierii środowiska”, 13 listopada 2009, (referat)
- Międzynarodowa Konferencja „Obieg Pierwiastków w Przyrodzie” 23-24 września 2009, Warszawa, org. Instytut Ochrony Środowiska - Śliwka M. „Wpływ światła spójnego na zmiany zawartości pierwiastków w biomasie roślin”, (poster)
- Środkowoeuropejska Konferencja ECOpole , 14-17 październik 2009, Piechowice, org. Uniwersytet Opolski: - Śliwka M. „Zastosowanie stymulacji laserowej hydrofitów dla zwiększenia fitoremediacji pierwiastków biogennych, – (poster)
- IV Konferencja: Ochrona i Inżynieria Środowiska - Zrównoważony Rozwój w ramach obchodów 120-tej rocznicy urodzin prof. Walerego Goetla oraz 90-lecia Akademii Górniczo-Hutniczej organizowana przez Szkołę Ochrony i Inżynierii Środowiska im. Walerego Goetla, AGH - 24-26 września 2009:
 - Dobrowolski J.: ”Nowoczesna koncepcja turystyki kwalifikowanej i edukacja dla wspólnej działalności na rzecz innowacyjnych biotechnologii dla zrównoważonego

- rozwoju regionów o szczególnych walorach kulturowych i przyrodniczych” – (referat programowy)
- Wagner A.: „Propozycje waloryzacji małych zbiorników wodnych, pod kątem ich wykorzystania w ekoturystyce”(referat).
 - Śliwka M. „Innowacyjne biotechnologie w roślinnych oczyszczalniach ścieków” – (referat)
 - Jakubiak M. “Research on effects of laser stimulation on selected strains of energetic willow”(referat).
 - Mazur R. Macherzyński M.; “The Monitoring of Water and Environment Quality in the Raba River in the Area of the Dobczyce Reservoir” (prezentacja)
 - 7th International Symposium on Trace Elements in Human; New Perspectives, University of Athens, 13-15 October 2009: - Dobrowolski J.W., Tadeusiewicz R.; „Use of e-learning technology and cybernetic methodology for modern education on prevention Environmental health hazard based on sustainable development” (referat programowy)
 - Uwaga J.W. Dobrowolski był członkiem Komitetu Naukowego w/w Międzynarodowego Sympozjum w Atenach,
 - VII KNS Człowiek – Cywilizacja - Przyszłość, Politechnika Wrocławska, Wrocław, 18-20.05.2009: - Jakubiak M., “Analiza możliwości finansowania projektów z zakresy edukacji ekologicznej w Polsce”(poster)
 - VIII Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna „Obieg pierwiastków w przyrodzie: bioakumulacja – toksyczność - przeciwdziałanie”, Instytut Ochrony Środowiska, Warszawa, 24-25.09.2009: – Jakubiak M., „Wpływ fotostymulacji na zawartość wybranych pierwiastków w liściach wierzby energetycznych”(poster)
 - II Krakowska Konferencja Młodych Uczonych, Grupa Naukowa ProFuturo, AGH, 17-19.09.2009, Kraków: –Jakubiak M. „Analiza regulacji prawnych wspierających działalność organizacji pozarządowych w zakresie edukacji ekologicznej.” (prezentacja).
 - The World on line Conference on Climate Change, 1-3.12.2009 - Dobrowolski J.W. “Interdisciplinary cooperation for innovative bioremediation of greek-house gasses as contribution to primary prevention of Environmental deterioration and climate change versus sustainable development”. (referat jako zaproszonego eksperta i moderatora w/w Światowej Konferencji z Polski).
 - Konferencja Jubileuszowa „20-lecie działalności Uniwersytetu Otwartego AGH dla Społeczeństwa Opartego na Wiedzy”. AGH, Kraków, 6 czerwca 2009: - Dobrowolski J.W. „Geneza i dorobek interdyscyplinarnego Uniwersytetu Otwartego AGH a wykorzystanie przez społeczeństwo postępu nauki i techniki dla poprawy jakości życia” (referat).

Załącznik 2a – publikacje z zadania 1

Załącznik 2b – publikacje z zadania 2