

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

Sprawozdanie z badań statutowych realizowanych w roku 2014

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 wieloczasowym monitoringu środowiska
2. Innowacyjne metody monitoringu biologicznego *in situ* oraz
bioremediacji wybranych zanieczyszczeń

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

Kraków, luty 2015

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. Natalia Borowiec – adiunkt

dr inż. Wojciech Drzewiecki – adiunkt

dr inż. Jakub Kolecki – adiunkt

dr inż. Urszula Marmol – adiunkt

dr inż. Sławomir Mikrut – adiunkt

dr inż. Tomasz Pirowski – adiunkt

dr inż. Antoni Rzonca – adiunkt

dr inż. Mariusz Twardowski – adiunkt

dr inż. Andrzej Wróbel – adiunkt

Zadanie 2

Pracownicy naukowo-dydaktyczni

prof. dr hab. Jan Dobrowolski – profesor

dr Aleksandra Wagner – adiunkt

Pracownicy techniczni

mgr inż. Stefan Radziszewski – specj. nauk.-techn.

Andrzej Kmieciński – st. technik

Sprawozdanie z zadania badawczego nr 1

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

Zakres badań i uzyskane wyniki

W 2014 roku kontynuowano wcześniej zainicjowane prace badawcze, których zakres obejmuje:

1. Integrowanie fotogrametrii, skaningu laserowego, satelitarnego systemu pozycjonowania i klasycznych pomiarów geodezyjnych dla potrzeb zasilania w dane 3D systemów informacji przestrzennej prowadzonych w technice GIS,
2. Modelowanie wybranych procesów przestrzennych
3. Wykorzystanie fotogrametrii i skaningu laserowego i nowoczesnych tachimetrów elektronicznych w inwentaryzacji obiektów inżynierskich oraz obiektów architektonicznych
4. Wykorzystanie pomiarów termograficznych do badania rozkładu temperatury powierzchni obiektów inżynierskich
5. Rozwój metod przetwarzania obrazów teledetekcyjnych

1. Integrowanie fotogrametrii, skaningu laserowego, satelitarnego systemu pozycjonowania i klasycznych pomiarów geodezyjnych dla potrzeb zasilania w dane 3D systemów informacji przestrzennej prowadzonych w technice GIS

1.1. Monitoring obrazowy stanu technicznego obiektu zabytkowego

Badania obejmowały możliwości zastosowania metod obrazowych przy monitoringu stanu obiektu zabytkowego o szczególnej wartości historycznej. Odpowiednie użycie 2 metod obrazowych jako dopełniających się technologii stanowiło podstawę badań (Gabor i Rzonca, 2014).

W powyżej wspomnianym artykule przedstawiono wyniki opracowania systemu monitoringu stanu technicznego obiektu zabytkowego. System przetestowano przy okazji badania odkształceń oraz deformacji ścian szczytowych wybranych baraków zlokalizowanych na terenie byłego obozu Auschwitz – Birkenau. Analizy wykonano korzystając z metody fotogrametrycznej oraz z danych pozyskanych ze skaningu laserowego. Wobec dużego zróżnicowania wykrytych uszkodzeń podjęto decyzję o zastosowaniu systemu opartego na integracji obszarowej danych fotogrametrycznych oraz skaningowych. Ponieważ rozpoznanie obiektu wskazywało na duże prawdopodobieństwo zachodzenia zmian, konieczne okazało się opracowanie systemu monitorującego stan obiektów w konkretnych obszarach. Czasowa rejestracja stanu obiektu wraz z analizą i wnioskowaniem pozwoliła na dokumentację stanu baraków oraz określenie korelacji pomiędzy powstałymi uszkodzeniami a pojawiającymi się czynnikami zewnętrznymi takimi jak: wstrząsy kopalniane, napór wiatru i śniegu, zmiany poziomów wód gruntowych itp.

Przeprowadzone badania oparte na użyciu opracowanego systemu potwierdziły prawidłowy wybór technologii, sprzętu oraz zasad przyjmowania parametrów pierwotnych. Zostało wykazane, że zaproponowany system monitoringu prowadzony w oparciu o metodę stereofotogrametryczną i skaningu laserowego do tego typu obiektów stanowi wiarygodne źródło danych dla modelowania zjawisk dynamicznych, ponieważ uzyskane wyniki charakteryzują się wysokim poziomem dokładności i możliwością powtarzania pomiaru przy zachowanych takich samych warunkach. Dodatkową zaletą systemu okazał się fakt, że nie istnieje potrzeba montowania na stałe wartościowych urządzeń zaburzających otoczenie badanych obiektu i wymagających dodatkowego dozoru.

Kolejną zaletą korzystania z zaproponowanych metod, jest możliwość wykonywania *pasywnego monitoringu*, który polega na rejestracji danych i ich archiwizacji. Takie podejście zaleca się szczególnie w przypadku analizowania zmian pęknięć, dla których pozyskanie danych jest szybkie i tanie.

Rozwojowa wersja systemu powinna posiadać możliwości automatycznego przetwarzania danych, wnioskowania oraz ostrzegania. Zarówno w przypadku danych fotogrametrycznych jak i skaningowych można wykonać analizy automatycznie. Dane fotogrametryczne mogą być przetwarzane z wykorzystaniem metod matchingu obrazowego, natomiast dane skaningowe nie wymagają zaawansowanych algorytmów przetwarzania. Jest to obszar potencjalnych badań będących kontynuacją niniejszych prac.

Opracowany system monitoringu stanowi przykład skutecznego zastosowania geodezyjnych metod obrazowych do bezinwazyjnego monitorowania stanu obiektów zabytkowych.

1.2. Analiza przydatności lotniczego skaningu laserowego do opracowania modelu budynków 3D zgodnego ze specyfikacją INSPIRE

W ramach badań statutowych prowadzonych w poprzednich latach pracownicy KGFiTŚ zebrali wiele doświadczeń nad wykorzystaniem lotniczego skaningu laserowego do zasilania systemów informacji przestrzennej. Doświadczenia te pozwoliły zająć stanowisko w sprawie szerszego wykorzystania danych skanerowych, zarejestrowanych prawie dla całej Polski, z myślą o analizach zagrożenia powodziowego (projekt ISOK). W szczególności podjęto problem wyboru metody przetworzenia tych danych dla potrzeb opracowania modelu 3D budynków, w projekcie o zasięgu ogólnopolskim (Cisło i inni, 2014). Chodziło zatem o wskazanie metody na tyle wydajnej, aby realne było opracowanie modeli 6 mln budynków w krótkim czasie i przy minimalnych kosztach. Rozważono modelowanie na dwóch poziomach szczegółowości LoD 1 i LoD 2 (zgodnie z wymogami unijnej dyrektywy na temat infrastruktury informacji przestrzennej – INSPIRE).

W przypadku poziomu szczegółowości LoD 1 wskazano na metodę model driven z wykorzystaniem danych ISOK i danych o budynkach z rejestrów publicznych. Stwierdzono, że dysponowanie konturami budynków usprawnia proces modelowania. Można wtedy określić reprezentatywną wysokość dachu jako wybrany parametr statystyczny współrzędnej wysokościowej - wyciętego konturem budynku - fragmentu chmury punktów

Dla opracowania LoD 2 zarekomendowano postępowanie stosujące w pierwszej kolejności metodę model driven, a w przypadku niepowodzenia - data driven. Wskazano, że krytycznym, ale koniecznym do rozwiązania problemem, jest wypracowanie miary jakości dopasowania wzorcowych kształtów budynków pozwalającej zdecydować, czy konieczne jest

zastosowanie bardziej złożonej metody nieparametrycznej. Dla obszarów miast gęsto zabudowanych można od razu zalecać podejście data driven. Zaproponowano opracowanie biblioteki wzorcowych budynków dostosowaną do regionalnych trendów architektonicznych, zarówno historycznych, jak i współczesnych.

Przedstawiona w pracy (Cisło i inni, 2014) koncepcja budowy modeli o szczegółowościach LoD 1 i LoD 2 jest dobrze dopasowana do danych z lotniczego skaningu laserowego, jakie są lub wkrótce będą dla prawie całej Polski. Skaniny o gęstości 12 pkt/m² wykonywane w obszarach miast wystarczą dla opracowania LoD 2, a skaniny o gęstości 4 pkt/m² jest odpowiedni do modelowania LoD 1. Zalecanym źródłem obrysów budynków jest rejestr publiczny EGiB, lub alternatywnie baza BDOT10k. Negatywnie opowiedziano się w stosunku do pozyskiwania informacji o wysokości budynku na podstawie liczby kondygnacji, co teoretycznie mogłoby być zastosowane przy opracowaniu LoD 1. Takie podejście prowadzi to do wielu przekłamań, często większych od zalecanej dla LoD 1 dokładności wysokościowej 5 m.

Reasumując, w pracy (Cisło i inni, 2014) potwierdzono wynikający z wcześniejszych badań Autorów pogląd, że dane ISOK wsparte danymi z bazy ewidencji budynków lub z bazy topograficznej, mogą być z powodzeniem wykorzystane do opracowania modelu budynków 3D zgodnego z wymaganiami INSPIRE.

1.3. Integracja danych obrazowych i skaningowych na wybranym przykładzie

Celem artykułu (Mikrut i inni, 2014b) było przedstawienie wyników badań dotyczących integracji danych obrazowych i skaningowych na wybranym przykładzie. Autorzy od kilku lat prowadzą badania nad opracowywaniem danych obrazowych oraz pozyskanych ze skaningu laserowego w postaci tzw. „chmury punktów”. W eksperymentach porównywano dane zarówno ze skaningu naziemnego jak i mobilnego uzyskanego z platformy mobilnej na dwóch różnych obiektach tj. plebanii z Goźlic zlokalizowanej na terenie Skansenu w Tokarni oraz fragmentu trasy linii kolejowej Kraków – Warszawa. Wyniki eksperymentów pokazały, że dane w postaci chmury punktów nie zawsze są wystarczające do precyzyjnego zbudowania modeli 3D. Uzupełnienie „chmury punktów” obrazami fotogrametrycznymi wydaje się najlepszym rozwiązaniem.

W pracach wykorzystano dane pozyskane z naziemnego skaningu laserowego oraz mobilnego. W ramach projektu realizowanego przez AGH dla PKP PLK pozyskano dane dla obszaru miasta Słomniki (woj. małopolskie). Dane pozyskane zostały pod kątem określenia skrajni linii kolejowej. Jednym z elementów projektu była próba integracji danych obrazowych i skaningowych.

Z przeprowadzonych eksperymentów wynika, że istnieje możliwość wykrywania krawędzi w sposób półautomatyczny (czy automatyczny pod kontrolą użytkownika, użytkownik widzi obraz, ustala parametry, uruchamia program). Użycie własnych algorytmów, bazujących na półautomatycznej wektoryzacji pokazało celowość zastosowanych badań. Wykrywanie punktów na krawędzi poprzedzone analizą obrazu może dać zadowalające efekty w postaci aproksymacji wydobytych automatycznie linii na krawędzi szyn. Wykrycie krawędzi w chmurze daje możliwość odtworzenia położenia krawędzi w przestrzeni z dużą dokładnością (kilka milimetrów). Położenie to możliwe jest do określenia w sposób bardzo precyzyjny (poniżej piksela) z obrazów cyfrowych.

Istnieje również możliwość wydobywania wybranych elementów z obrazów cyfrowych, ale tutaj proces automatyzacji musi być poprzedzony odpowiednim wyborem elementów (obiekty wydobywane na tle mało kontrastowym dawały niezadowalające rezultaty).

Algorytm jest skuteczny, ale może mieć problemów z definicją krawędzi. Musi być ona jednoznaczna do określenia tj. kontrastować z tłem.

1.4. Ekstrakcja obiektów infrastruktury na podstawie zintegrowanych danych laserowych i fotogrametrycznych

Przegląd światowej literatury badawczej ujawnia, że obecnie jednym z bardziej aktualnych zagadnień jest ekstrakcja obiektów z różnego rodzaju danych przestrzennych.

W artykule (Marmol, 2014) na wybranym polu testowym przeprowadzono próbę wyodrębnienia dróg z wykorzystaniem informacji o intensywności pochodzącej z danych laserowych oraz informacji geometrycznej i radiometrycznej zawartej w zdjęciach lotniczych.

W pierwszym etapie prac wykorzystano parametr intensywności danych laserowych w procesie klasyfikacji dróg. Niestety parametr ten okazał się niejednoznaczny i ze względu na duże zaszumienie doprowadził do wyodrębnienia nie tylko dróg, ale także innych elementów o podobnych wartościach intensywności.

W związku z tym zdecydowano się na włączenie do analizy ortofotomapy dla wybranego obszaru. W procesie badawczym wykorzystano możliwości jakie niesie transformata falkowa w zakresie ekstrakcji krawędzi na obrazie. Analiza falkowa została przeprowadzona w środowisku MATLAB na dwóch poziomach dekompozycji. Wynikiem transformaty są trzy zbiory obrazów krawędziowych przedstawiających filtrację horyzontalną, wertykalną i diagonalną.

Końcowym etapem badań była integracja wyników pozyskanych z dwóch źródeł: danych laserowych i ortofotomapy. Po nałożeniu dwóch obrazów na siebie, zauważono, że uzyskane wyniki wzajemnie się uzupełniają, co przyczynia się do poprawy wyznaczenia dróg.

Wyniki oparte na intensywności, w przypadku małych dróg, były niejednoznaczne. Ze względu na niewielką ilość pikseli sklasyfikowanych jako drogi było problematyczne wyodrębnienie tych fragmentów. Włączenie analizy falkowej pozwoliło na wykrycie krawędzi w tych obszarach i segmentację obiektów.

Z drugiej strony analiza falkowa wykryła wiele dodatkowych krawędzi na całości obszaru, które nie stanowiły granic dróg. Przyjęcie zasady, że usuwane są krawędzie w otoczeniu których nie ma pikseli o intensywności charakterystycznej dla dróg, pozwoliło na wyeliminowanie niewłaściwych obszarów.

Uzyskany efekt końcowy nie jest do końca prawidłowy. Jednakże transformata falkowa wydaje się być interesującym narzędziem, które może zostać wykorzystane nie tylko do obrazów, ale także danych laserowych.

Celem artykułu mieszczącego się w podobnej tematyce (Mikrut i inni, 2014a) jest przedstawienie wyników badań dotyczących wykrywania i rozpoznawania wybranej klasy znaków kolejowych. W badaniach zaproponowano własny algorytm bazujący na sieciach neuronowych, który osiągnął około 90% skuteczności dla detekcji znaków kolejowych typu W11p i 98% skuteczności w ich klasyfikacji.

Badania przeprowadzono na zbiorze testowym, otrzymanym z danych terenowych obejmujących zdjęcia wskaźników W11p1 i W11p2 znajdujących się jedynie na 64 obrazach. W zbiorze testowym znajdowało się 71 znaków, co oznacza, że jeden niewykryty znak powoduje spadek skuteczności algorytmu o prawie 1,5 %.

Zbiór testowy stanowiło 118 obrazów. 27 z nich zawierało jeden wskaźnik, 22 z nich zawierało 2 wskaźniki i 69 z nich nie zawierało żadnych. Razem należało zlokalizować i rozpoznać 71 wskaźników. Algorytm wykrył 76 znaków, przy czym 12 false positive, a co za tym idzie 7 wskaźników nie zostało w ogóle wykrytych (false negative). Na etapie klasyfikacji 63 poprawnie wykrytych wskaźników zostało dobrze sklasyfikowanych, 1 nie.

Część wskaźników nie została wykryta ze względu na przysłonięcie przez roślinność. Innym problemem było ustawienie słońca wobec kamery wykonującej zdjęcia. Refleksy na zdjęciach uniemożliwiły wykrycie części znaków. Problemy z wykrywaniem wystąpiły również na zdjęciach wykonywanych w pełnym słońcu. Spowodowało to obniżenie składowej nasycenia HSV, przez co znaki nie należały do najjaśniejszej części obrazu odpowiedzi neuronu N1 i nie zostały wykryte.

Proces lokalizacji, segmentacji i rozpoznawania znaków W11p został znacznie uproszczony dzięki zastosowaniu sieci neuronowej typu I. Zdaniem autorów na uwagę zasługują dwa niestandardowe etapy związane z wykorzystaniem sieci:

1. zastosowanie interaktywnej metody generacji zbioru uczącego, dzięki której zostały uwzględnione bardzo różnicowane kolorystycznie piksele,
2. użycie pełnego spektrum odpowiedzi sieci neuronowej, co pozwoliło na zrealizowanie sprzężenia zwrotnego. Polegało ono na automatycznym dostosowywaniu progu odpowiedzi sieci do wyników segmentacji i rozpoznania. W zależności od wyników wstępnej segmentacji lub ostatecznego rozpoznawania zmienna wartość progu, zastosowana do wyjść sieci, decydowała o uwzględnieniu większej lub mniejszej liczby pikseli w klasie 'znak'.

1.5. Ocena metod aproksymacyjnych w aspekcie ich wykorzystania do wyznaczenia kształtów obiektów inżynierskich

Celem artykułu (Lenda i inni, 2014) była ocena różnych metod aproksymacyjnych w aspekcie ich wykorzystania do wyznaczania kształtów obiektów inżynierskich. W pracach skupiono się na specyficznych budowach powłokowych, dla których istotna jest znajomość wielkości oraz rozkładu lokalnych deformacji ich płaszcza. Deformacje mogą mieć znaczenie zarówno z punktu widzenia stateczności jak i funkcji specjalnych pełnionych przez te obiekty. Pomiar tego typu budowli prowadzone mogą być na kilka sposobów: za pomocą metody fotogrametrycznej, biegunowej bezzwierciadlanej lub wcięć kątowych. O ile instrumenty geodezyjne dostarczają zazwyczaj obserwacji o wymaganej dokładności, to metody matematycznego opisu kształtu powłok nie zawsze pozwalają na poprawne zdiagnozowanie deformacji. Opracowanie zawiera porównanie możliwości kilku metod aproksymacyjnych w aspekcie precyzyjnego opisu kształtu kilku wybranych budowli powłokowych. Jako metodę bazową przyjęto funkcje sklepane, które autorzy ocenili jako narzędzie najbardziej uniwersalne. Do porównań, stosownie do kształtu rozpatrywanego obiektu, wybrano metody krigingu i szeregów Fouriera. Autorzy zwrócili w badaniach szczególną uwagę na aspekt dokładnościowy, pozwalający na wyznaczenie deformacji z centymetrową lub subcentymetrową dokładnością. Wyniki badań wykazały ogólną największą dokładność

funkcji sklepanych, która jednak w wypadku obserwacji prowadzonych nieregularnie szybko się pogarsza. Dotychczasowe jak i przyszłe badania autorów skupiają się na integracji najlepszych cech tych metod, celem zapewnienia wysokich dokładności tworzonych modeli.

2. Modelowanie procesów przestrzennych

2.1. Prosta metoda uwzględnienia czynnika topograficznego w projektowaniu przebiegu trasy kolejowej przy użyciu GIS

Opracowywanie koncepcji przebiegu kolejowych inwestycji liniowych jest złożonym problemem planistycznym. Wymaga uwzględnienia wielu uwarunkowań i kryteriów: formalnoprawnych, środowiskowych (w tym fizjograficznych), ekonomicznych, technicznych, społecznych, a nawet politycznych. W efekcie prac studialnych, w warunkach polskich prowadzonych zazwyczaj w oparciu o mapy w skali 1:50000, powstaje kilka wariantów lokalizacyjnych w postaci korytarzy. Następnie, w wyniku analiz wielokryterialnych, następuje ich waloryzacja, dostarczająca przesłanek dla wyboru ostatecznego rozwiązania. W obrębie korytarza, określonego w wybranym do realizacji wariantcie lokalizacyjnym, przeprowadzane jest dalsze uściślanie przebiegu trasy, przeprowadzane w oparciu o materiały kartograficzne w skalach 1:10 000 lub 1:5000, a w niektórych przypadkach jeszcze większych. Podstawowe materiały, niezbędne do opracowania zbioru wariantów przebiegu trasy, stanowią trzy grupy danych: kryteria techniczno-eksploatacyjne inwestycji, warunki techniczne oraz zbiór informacji o terenie. Ta ostatnia grupa danych pozwala na uwzględnienie wymogów sformułowanych w przepisach prawa oraz uwarunkowań i ograniczeń, przede wszystkim natury topograficznej, geologiczno-inżynierskiej i środowiskowej.

Systemy Informacji Geograficznej (GIS) stanowią narzędzie mogące wspierać projektantów w procesie określania przebiegu korytarzy wyznaczających teren przydatny dla lokalizacji planowanej linii kolejowej (czy też innej liniowej inwestycji infrastrukturalnej). Szczególnie przydatną i najpowszechniej wykorzystywaną w tym celu techniką analityczną jest analiza kosztów. Powierzchnia kosztów jest w tych przypadkach tworzona w oparciu o wielokryterialną analizę przydatności terenu w aspekcie poszczególnych kryteriów istotnych dla osiągnięcia założonych przez projektanta celów (takich jak np. zminimalizowanie wpływu na środowisko, koszt realizacji inwestycji czy obsługa określonej liczby pasażerów).

W procesie projektowania przebiegu linii kolejowej czynnikiem szczególnie istotnym, i w wielu przypadkach determinującym jej przebieg, jest ukształtowanie terenu. Wynika to z faktu, iż linie kolejowe charakteryzują się dużymi promieniami łuków i małym pochyleniem miarodajnym. Wartości graniczne tych parametrów zależne są od przyjętych kryteriów techniczno-eksploatacyjnych inwestycji, co znajduje odzwierciedlenie w brzegowych warunkach technicznych narzucanych projektowi. Z punktu widzenia automatyzacji procesu określania potencjalnego korytarza lokalizacyjnego z wykorzystaniem GIS zagadnienie uwzględnienia rzeźby terenu w procesie analitycznym wydaje się być jednym z najistotniejszych wciąż otwartych problemów.

Pirowski i Drzewiecki (2014b) przedstawiają autorskie podejście do uwzględnienia wpływu rzeźby terenu w procesie tworzenia powierzchni tarcia. Bazuje ono z jednej strony na uwzględnieniu trendu powierzchni topograficznej, z drugiej zaś zmierza w kierunku naśladowania manualnego tyczenia trasy przez projektanta. Podstawę stanowi założenie, aby wyznaczając trasę minimalizować ilość przecięć warstwic. Dzięki temu tam, gdzie jest to możliwe, wykorzystuje się trawersowanie zboczy. Jeśli konieczne jest przekroczenie przełęczy lub doliny, wybiera się miejsca najwęższe. W efekcie możliwe jest wtedy

utrzymanie reżimu lokalnego pochylenia trasy, przy minimalizacji kosztów robót inżynierskich (tunele, mosty).

Głównym celem przedstawionych badań było zatem przetestowanie zaproponowanej metodyki uwzględnienia wpływu rzeźby terenu w procesie analiz przestrzennych zmierzających do automatyzacji wielowariantowego wytyczania korytarzy pod projektowane linie kolejowe. Opracowanie testowe wykonano dla hipotetycznego projektu podmiejskiej linii kolejowej o znaczeniu lokalnym pomiędzy Krakowem ze Skalą – miastem leżącym na północ od Krakowa, w bezpośrednim sąsiedztwie Ojcowskiego Parku Narodowego.

Postulat minimalizacji nachylenia trasy projektowanej linii kolejowej starano się uwzględnić na etapie analizy wielokryterialnej poprzez zastosowanie kryterium „odbiegania” powierzchni terenu od powierzchni trendu. Podejście takie nie zapewnia jednak uwzględnienia wpływu lokalnych warunków topograficznych. Zdecydowano się zatem na wzmocnienie roli czynnika ukształtowania terenu poprzez dodatkowe jego uwzględnienie na etapie konstruowania ostatecznej powierzchni tarcia. W tym celu z Numerycznego Modelu Terenu (NMT) wygenerowano warstwice o cięciu wynoszącym 10 m. W kolejnym etapie dokonano ich konwersji do postaci mapy rastrowej o dwóch wartościach: 0 – brak warstwicy i 1 - obecność linii warstwicy. W ostatnim etapie przypisano warstwicom wysokie wartości oporu, aby algorytm wyznaczania kosztów i trasy preferował „poruszanie się” wzdłuż warstwicy. Na tak przygotowanej mapie oporu obliczono mapy kosztów od stacji początkowej i końcowej, które następnie zsumowano. Uzyskany w ten sposób korytarz „niskich kosztów” pokazuje tereny najbardziej przydatne z punktu widzenia lokalizacji linii. Szerokość korytarza jest największa na początku i końcu trasy. Tam właśnie występuje najwięcej możliwości jej poprowadzenia. W części środkowej szeroki korytarz zmienia się w wąskie „gardło”. Wiąże się to ze wzrostem kosztów, spowodowanym niekorzystnym ukształtowaniem terenu. Analiza przebiegu trasy na tle rysunku warstwicowego wskazuje, iż osiągnięty został również cel polegający na naśladowaniu manualnego tyczenia trasy w oparciu o rysunek warstwicowy.

Zaproponowane podejście jest stosunkowo proste i łatwe do implementacji, a jednocześnie stwarza możliwość określenia istotności kryterium lokalnych warunków topograficznych w stosunku do wstępnie określonej przydatności lokalizacyjnej terenu. Osiągnąć to można poprzez przypisanie zrasteryzowanym warstwicom odpowiednich wartości na mapie tarcia.

Podsumowując przeprowadzone badania należy stwierdzić, iż cyfrowe dane przestrzenne mogą z powodzeniem być wykorzystywane do wsparcia opracowania koncepcji przestrzennych tras przy projektowaniu przebiegu linii kolejowych. Dostępne w ramach infrastruktury informacji przestrzennej bazy danych pozwoliły na zbudowanie bazy danych przydatnych dla rozważanego problemu projektowego. Zdaniem Autorów największa słabość metod wyznaczania korytarzy lokalizacyjnych dla linii kolejowych przy użyciu analiz przestrzennych bazujących na określaniu powierzchni kosztów stanowi ograniczona możliwość uwzględniania czynników związanych z ukształtowaniem terenu. Oparcie się w analizach na nachyleniu powierzchni terenu nie jest wystarczające. Potrzeba poszukiwania nowych rozwiązań zaowocowała propozycjami metodycznymi przedstawionymi w niniejszych pracach badawczych.

3. Wykorzystanie skaningu laserowego i nowoczesnych tachimetrów elektronicznych w inwentaryzacji obiektów inżynierskich oraz obiektów architektonicznych

3.1. Pomiary inwentaryzacyjne stalowych wież telekomunikacyjnych

Stalowe wieże kratowe są konstrukcjami inżynierskimi o ustrojach przestrzennych i cechuje je przede wszystkim bardzo duży stosunek wysokości do wymiarów poprzecznych. Konstrukcje te są bardzo wrażliwe na błędy montażu oraz wymagają zapewnienia wysokiej niezawodności wszystkich elementów. Dla oceny bezpieczeństwa konstrukcji wieży analizuje się stan techniczny poszczególnych elementów oraz geometrię konstrukcji i jej zmiany w czasie.

Podstawowym badaniem jest pomiar wychylenia osi wieży od pionu na poszczególnych wysokościach. Same pomiary pionowości dla wież kratowych są często niewystarczające - zwłaszcza dla wież o przekroju kwadratowym bądź prostokątnym. Pomijają one bardzo ważny aspekt, jakim może być skręcenie konstrukcji wokół osi własnej. Dlatego błędem w sztuce jest ograniczenie pomiarów geodezyjnych geometrii wieży kratowej jedynie do wyznaczenia wychylenia osi bez analizy przestrzennego kształtu poszczególnych krawędzi.

Inwentaryzacyjnemu pomiarowi geodezyjnemu powinny podlegać poziome przekroje konstrukcji wieży na wybranych wysokościach. Analiza kształtu poszczególnych przekrojów oraz określenie ich wzajemnego skręcenia umożliwiają ocenę deformacji konstrukcji.

Analiza kształtu przekrojów wieży wymaga bardzo dokładnego wyznaczania współrzędnych przestrzennych wybranych elementów. Nie można zastosować do wyznaczenia deformacji wieży metody różnicowej. W związku z tym zastosowanie metod fotogrametrycznych na aktualnym ich etapie rozwoju jest nieekonomiczne. Niektórzy autorzy próbują stosować do pomiaru deformacji wież naziemny skaningu laserowy. W przypadku wież, których konstrukcja wykonana jest z kątowników lub podobnych elementów stalowych metoda ta może nie pozwalać na osiągnięcie wystarczających dokładności. Spowodowane to jest faktem, iż cechą skaningu laserowego jest przypadkowe rozmieszczenie mierzonych punktów i w związku z tym nie jest wyraźnie uwidaczniana krawędź elementów konstrukcyjnych.

Autorzy artykułu (Wróbel i Kędziński, 2014) proponują zastosowanie do pomiaru tachimetru elektronicznego z bezlustrowym pomiarem odległości. W poszczególnych przekrojach należy mierzyć narożniki stalowych elementów konstrukcji. Istotny jest odpowiedni sposób celowania przy pomiarze odległości do narożników. Można zastosować metodę wcięć kątowych, biegunową lub połączyć te dwie metody. W stosunku do pomiaru metodą skaningu laserowego wykorzystanie tachimetrów elektronicznych z bezlustrowym pomiarem odległości nie przedłuża zbytnio prac terenowych. Opracowanie kameralne pomiaru tachimetrycznego jest natomiast szybsze niż opracowanie chmury punktów ze skaningu.

W artykule opisano metodykę pomiaru sprawdzoną na wielu obiektach. Badania te pozwoliły na ocenę możliwej do uzyskania dokładności wyników. Osiągane dokładności rzędu kilku mm są wystarczające do rzetelnej oceny stanu konstrukcji wież kratowych.

3.2. Ekstrakcja elementów liniowych infrastruktury kolejowej na podstawie danych z lotniczego skaningu laserowego

Polska infrastruktura kolejowa, w skład której wchodzi elementy napowietrzne (trakcje) oraz naziemne tory kolejowe, obecnie jest szeroko modernizowana, w celu podniesienia jakości i szybkości jazdy pociągów pasażerskich i towarowych. Do modernizacji oraz inwentaryzacji niezbędne są informacje na temat obiektów kolejowych. Pozyskiwanie danych może odbywać się tradycyjnymi metodami pomiarowymi, ale rozwój technologiczny umożliwia szukanie coraz to nowszych i lepszych sposobów gromadzenia danych. Dlatego w publikacji (Borowiec, 2014) opisano próby pozyskiwania informacji o liniowych obiektach kolejowych metodą lotniczego skaningu laserowego.

Pierwszym etapem badań było sklasyfikowanie punktów na odpowiednie warstwy reprezentujące powierzchnię terenu, roślinność i inne sztuczne obiekty (np. budynki, maszty). W kolejny etapie wykryto oś torów, która jest punktem odniesienia dla większości obiektów infrastruktury kolejowej. W niniejszych badaniach oś pozyskano w oparciu o wygenerowaną powierzchnię z punktów reprezentujących niską roślinność. Jeżeli warstwa niskiej roślinności zawiera punkty odbite od obiektów znajdujących się od 0m do 0.5m nad powierzchnią terenu, to punkty odbite od szyn kolejowych należą do tej warstwy, dzięki czemu można je zidentyfikować. Na podstawie wyznaczonej osi oraz informacji na temat szerokości rozstawu szyn zidentyfikowano punkty reprezentujące szyny. Następnie punkty reprezentujące szyny zostały podzielone na mniejsze zbiory zgodnie z kierunkiem osi torów. Wykrywanie linii odbywa się w przestrzeni dwuwymiarowej, na każdym zbiorze punktów reprezentujących jedną szynę. W ciąg punktów jest wpasowywana prosta metodą RANSAC.

W drugim etapie skupiono się na wydobyciu informacji na temat trakcji kolejowej z danych lidarowych. Informacja na temat echa odbicia i poprawnie sklasyfikowana chmura punktów znacznie zawęża pole poszukiwań punktów, które odbiły się od trakcji. W oparciu o zidentyfikowane punkty, wykonano interpolację tych punktów do siatki regularnej, budując obraz binarny, gdzie krawędzie reprezentujące trakcje mają wartość 0 (barwa czarna), tło białe (wartość 0). Na powstałym obrazie zostały wykryte i zdefiniowane proste (przy pomocy transformacji Hougha) opisujące trakcje kolejową.

W badaniach zastosowano nieco udoskonaloną transformację Hougha. Transformacja ta, w porównaniu ze standardową transformacją Hougha, pozwala na określenie i uzyskanie większej rozdzielczości kątowej oraz radialnej znajdujących linii. Równocześnie istnieje możliwość określenia liczby maksimów lokalnych, co w rzeczywistości określa liczbę linii, które mają zostać wykryte (inaczej jest to liczba trakcji kolejowych). Na obrazie binarnym przedstawiającym trakcje zastosowano transformację Hougha, w celu wyłonienia linii. Wszystkie obliczenia aplikacyjne wykonano w środowisku MATLAB.

W badaniach skupiono się na wykryciu elementów liniowych infrastruktury kolejowej. Inwentaryzacja linii kolejowych może być rozumiana nie tylko jako geodezyjna inwentaryzacja powykonawcza. Najtrudniejszym w ocenie jest zagrożenie ze strony nadmiernie rozrastających się lub przewracających w razie dużego wiatru drzew. Standardowe metody bazują na ocenie zespołu terenowego i biorą pod uwagę mało

dokładne dane tabelaryczne na temat pięcioletniego przyrostu drzew. Inspekcje zespołów terenowych są też długotrwałe, więc w razie awarii opóźniają naprawy narażając tym samym koleje na dodatkowe koszty. Dlatego do inwentaryzacji, jak i budowania szeroko rozumianej bazy infrastruktury kolejowej technologia lotniczego skaningu laserowego znajduje zastosowanie. Poza informacją na temat torów i trakcji kolejowej dane lidarowe dostarczają nam informacje na temat innych urządzeń naziemnych infrastruktury kolejowej.

W niniejszych badaniach przeanalizowano dwie metody wyodrębniania elementów liniowych: algorytm RANSAC i algorytm oparty na transformacji Hougha. Obie metody przyniosły zadowalające efekty wykrycia obiektów, jednak są one czasochłonne i wymagają udoskonaleń.

4. Wykorzystanie pomiarów termograficznych do badania rozkładu temperatury powierzchni obiektów inżynierskich

4.1. Wpływ nasłonecznienia na wyznaczane wychylenie kominów stalowych

Odchylenia osi trzonu komina od linii pionu wyznaczane są podczas montażu, w pomiarach inwentaryzacyjnych powykonawczych jak również wykonywanych na potrzeby opracowania ekspertyz technicznych kominów.

Pomiary geodezyjne pionowości komina powinny być wykonane przed wschodem słońca lub w pochmurny dzień. Wyniki takich pomiarów odnoszą się do stanu spoczynkowego.

Nasłonecznienie powoduje ugięcie trzonu komina i przemieszczanie jego wierzchołka względem położenia spoczynkowego. Jeżeli jest konieczne wykonanie pomiarów w słoneczny dzień to z wyników pomiarów geodezyjnych dotyczących wychylenia kominów wyznaczonych w słoneczne dni powinny zostać wyeliminowane odkształcenia sprężyste spowodowane nasłonecznieniem. Eliminacja tych sprężystych odkształceń jest możliwa poprzez ich obliczenie na podstawie aktualnego rozkładu temperatury trzonu. Jedynym sposobem szybkiego określenia rozkładu temperatury na powierzchni komina jest technika termograficzna.

Celem artykułu (Wróbel i inni, 2014) było: wyznaczenie dobowej wędrówki wierzchołka komina stalowego, analiza dokładności metody pomiaru wychylenia komina związana ze sprężystym ugięciem trzonu komina, oraz określenie wartości sprężystego ugięcia trzonu komina na podstawie rozkładu temperatury uzyskanego techniką termografii. W ciągu pogodnego dnia wierzchołek komina zatacza owalną, niesymetryczną krzywą zamkniętą. Największe wychylenie w stosunku do położenia spoczynkowego notuje się po trzech godzinach od wschodu słońca. To sprężyste wychylenie wierzchołka komina przekracza znacznie wartości dopuszczalne regulowane przez normę PN-B-06200.

Z rezultatów badań termograficznych prowadzonych na obiekcie równoległe z pomiarem geodezyjnym wynika, że w godzinach porannych różnica temperatury pomiędzy nasłonecznioną i zacienioną stroną płaszcza była najwyższa. W miarę upływu czasu odnotowano powolne wyrównywanie się wartości temperatury po obu stronach trzonu. Było to przyczyną zmniejszania się wartości wychylenia w stosunku do położenia spoczynkowego, czego objawem jest brak symetrii śladu dobowej wędrówki w godzinach przedpołudniowych i popołudniowych.

Przeanalizowano również procedury pomiarowe możliwe do zastosowania w sytuacji, gdy konieczny jest pomiar wychylenia komina w słoneczny dzień. Niektóre z nich dają możliwość w miarę skutecznej eliminacji wpływu nasłonecznienia na wychylenie komina, aczkolwiek jest to często okupione dłuższym czasem pomiaru.

5. Rozwój metod przetwarzania obrazów teledetekcyjnych

5.1. Przydatność cech falkowych jako globalnych charakterystyk wysokorozdzielczych obrazów satelitarnych)

Wzrost ilości dostępnych wysokorozdzielczych zobrazowań teledetekcyjnych powoduje wzrost zainteresowania badaniami nakierowanymi na automatyzację rozpoznawania zawartości zarejestrowanego obrazu. W ramach tego rodzaju badań poszukuje się m.in. efektywnych charakterystyk treści obrazu. Przedmiotem badań przeprowadzonych w ramach prac statutowych (Pyka i inni, 2014) było zbadanie przydatności charakterystyk teksturalnych opartych na transformacji falkowej jako cech umożliwiających klasyfikację treści (zawartości) obrazu satelitarnego. Pomimo możliwości obliczania dla obrazu różnego rodzaju parametrów opartych na transformacji falkowej, w analizie obrazów teledetekcyjnych nie są one dotychczas, poza energią falki, szerzej stosowane ani badane. W pracy (Pyka i inni, 2014) zaproponowano szeroki zestaw cech teksturalnych opartych na transformacji i zbadano możliwość ich zastosowania jako globalnych charakterystyk zawartości (treści) wysokorozdzielczego obrazu satelitarnego.

Oparte na transformacji falkowej charakterystyki obrazu obliczano stosując dwie różne strategie. W pierwszej obliczano miary statystyczne dla każdego z komponentów dekompozycji falkowej. Druga zaproponowana przez Autorów strategia polegała na zastąpieniu miar statystycznych komponentów detalicznych jedną wartością średnią. Podejście to miało na celu redukcję niekorzystnego wpływu rotacji obrazu na wyniki transformacji falkowej. Posługując się każdą ze strategii obliczono wariancję i kurtozę stosując transformacje falkowe wykorzystujące różnej długości filtry z grup D, LA oraz MB.

Jako dane testowe wykorzystano panchromatyczne obrazy satelitarne EROS-A (dwie częściowo nakładające się sceny z okolic Krakowa). Sceny te podzielone były na fragmenty obrazu o rozmiarach 512x512 pikseli każdy, spośród których wybrano do analizy tylko takie, na których jedna z klas użytkowania (tereny rolnicze, zabudowa, las) pokrywała ponad 50% powierzchni. Baza obrazów zawierała 262 obrazy wycięte ze Sceny 1 oraz 349 obrazów ze Sceny 2, którym przypisano etykiety zgodnie z dominującym rodzajem użytkowania. Stosując klasyfikator C5.0 budowano reguły klasyfikacyjne w oparciu o zestaw obrazów z jednej sceny, weryfikując dokładność klasyfikacji na zbiorze obrazów z drugiej sceny.

W przypadku stosowania wyłącznie cech opartych na parametrach falkowych najwyższe dokładności klasyfikacji uzyskano budując reguły klasyfikacyjne z wykorzystaniem cech obliczanych w oparciu o obie sformułowane strategie uzupełnionych charakterystykami obrazu bazującymi na histogramie. Wykorzystane w badaniach obrazy satelitarne były uprzednio używane przez Autorów w podobnych badaniach dotyczących innych

charakterystyk teksturalnych. Umożliwiło to porównanie rezultatów otrzymanych z zastosowaniem charakterystyk bazujących na transformacji falkowej z wynikami uzyskanymi dla innych grup parametrów teksturalnych. W tym porównaniu falkowe cechy teksturalne dały drugi najlepszy wynik klasyfikacji, ustępując jedynie nieznacznie cechom gradientowym. W przypadku stosowania przez algorytm C5.0 selekcji cech klasyfikacyjnych, zbiór używanych cech zredukowany był do 3 charakterystyk teksturalnych: jednej opartej na macierzy współwystąpień, jednego parametru multifraktalnego i jednej z cech falkowych obliczanych wg zaproponowanej w pracy strategii przy użyciu filtru z grupy MB.

5.2. Wykorzystania satelitarnych metod teledetekcyjnych w badaniach anomalii geotermalnych

W badaniach środowiska geologicznego wykorzystuje się, oprócz tradycyjnych geofizycznych technik pomiarowych, dane teledetekcyjne. Jako pierwsze, i nadal najczęściej wykorzystywane są optyczne dane wielospektralne rejestrowane z pułapu lotniczego bądź satelitarnego. W ostatnim czasie wzrosło znaczenie danych radarowych, za sprawą rozwoju systemów obrazowania tego typu z pułapu satelitarnego. Stosunkowo niewielkie jest nadal wykorzystanie danych termalnych, czyli rejestrowanych w tzw. podczerwieni długofalowej. Przyczyną może być stosunkowo niewielka ilość źródeł satelitarnych danych obrazowych tego typu, w praktyce ograniczające się do misji systemów Landsat i TerraAster, a także relatywnie niskie rozdzielczości przestrzenne danych, utrudniające ich interpretację.

Aspekty metodyczne wykorzystania danych satelitarnych, prezentowane w pracy Pirowskiego i Drzewieckiego (Pirowski i Drzewiecki, 2014a) poparte są testami i doświadczeniami nabytymi na trzech niezależnych eksperymentach badawczych dotyczących anomalii geotermalnych różnego typu (obecności wysadów soli; występowania ruchów nasuwczych warstw tektonicznych; związanych z występowaniem Hot Dry Rocks). W każdym z przypadków wystąpiła odmienna konfiguracja różnych czynników, tj. charakterystyki topograficznej terenu i jego ukształtowania, zestawu danych obrazowych (źródeł i ilości danych, pory roku rejestracji), identyfikacji lokalizacji (zasięgu przestrzennego) i opisu anomalii geotermalnej metodami geofizycznymi.

Głównym celem analizy i interpretacji danych teledetekcyjnych było sprawdzenie czy i w jakim zakresie anomalie termiczne o różnej genezie, charakteryzujące się niskim gradientem temperaturowym, rzędu 2 stopni, mogą być wykrywane i rozpoznawane za pomocą zdalnych technik z pułapu satelitarnego. Najważniejszym problemem analitycznym okazała się redukcja wpływu szeregu czynników, głównie pokrycia terenu, ale również jego ukształtowania, na mierzoną temperaturę wglębnych warstw geologicznych.

W każdym z przypadków za optymalne do badań rozkładu wartości rejestrowanych na kanałach termalnych uznano głębę odkrytą lub częściowo odkrytą. Spełnienie tego postulatu w strefach umiarkowanych zapewniają dane obrazowe zarejestrowane wczesną wiosną (zredukowanie wpływu wegetacji na terenach rolniczych do upraw ozimych, łąk i pastwisk) lub późnym latem (zebranie dużej części upraw z pól). Interesującym podejściem mogłoby być wykorzystanie do wykrywania tego typu obszarów klasyfikatorów rozmytych, pozwalających na określenie udziału gleby odkrytej na pojedynczym pikselu. Tego typu eksperymenty nie były testowane.

Jedynie w przypadku występowania dużego rozdrobienia pól uprawnych rekomenduje się użycie technik integracji danych obrazowych o różnej rozdzielczości. Wzmocnienie przestrzenne obrazu wielospektralnego obrazem panchromatycznym jest uznaną techniką poprawiania walorów interpretacyjnych, natomiast efekty poddania klasyfikacji obrazów po fuzji nie są jednoznacznie. Dlatego w takim przypadku zaleca się użycie technik integracji zachowujących charakterystyki spektralne, takich jak HPF czy LCM.

Dla terenów o urozmaiconym pokryciu terenu rozwiązaniem jest ograniczenie obliczeń do określonych kierunków ekspozycji, wybranych odpowiednio w stosunku do położenia słońca przed i momencie rejestracji obrazu, a jeśli nie jest to możliwe z uwagi na mało liczne próbki, odpowiednie kompensowanie temperatur w zależności od ekspozycji i nachylenia terenu.

Z uwagi na potrzebę wykorzystywania wartości temperatur notowanych w kanałach dalekiej podczerwieni zaleca się kalibrację i przepróbkowywanie obrazów metodą najbliższego sąsiada, gwarantującą zachowanie pierwotnych wartości jasności pikseli. Podobną metodykę należy stosować dla kanałów z zakresu widzialnego i podczerwieni odbijalnej, gdyż dane te są wykorzystywane w procesie klasyfikacji.

Za największe osiągnięcie metodyczne należy uznać opracowanie koncepcji pracy na strefach buforowych. Dzięki tej metodzie możliwe jest wychwycenie przestrzennych tendencji zmian temperatury. Zapewniona jest przy tym odpowiednia ilość pomiarów (pikseli), co pozwala na generalizację wyników wokół miejsc pomiarowych (obszarów, obiektów punktowych, profili). Przykładowo: dla potrzeb badań „kierunkowych”, wzdłuż wyznaczonych profili, ilość obserwacji, przy założeniu konieczności zachowania reżimu jednorodności pokrycia terenu, jest zazwyczaj zbyt mała. Skutecznym rozwiązaniem jest wykorzystanie idei stref buforowych, umieszczanych w formie małych obszarów wzdłuż analizowanych profili (w formie prostokątnych wycinków od linii przekrojowej). Tego typu analizy z powodzeniem zastosowano w ramach eksperymentu 1 (biegnące koncentrycznie od anomalii przekroje) a także w ramach eksperymentu 2 (pomiar wzdłuż wyznaczonego technikami geofizycznymi profilu termicznego).

W przypadku konieczności lokalizacji, a następnie geometryzacji anomalii termicznych, nie uzyskano jednoznacznych rezultatów. Zastosowana idea oparcia się o wyznaczone w procesie fotointerpretacji lineamenty wymaga dalszych prac badawczych, z zastosowaniem rozbudowanego aparatu geostatystycznego.

Badania wykazały przydatność satelitarnych metod teledetekcyjnych do potwierdzania oraz określenia zasięgu struktur geologicznych związanych z występowaniem anomalii. Konieczne jest dalsze doskonalenie metodyki celem wskazania rozwiązań prowadzących do wykrywania tego typu zjawisk lub waloryzacji terenu pod kątem prawdopodobieństwa ich wystąpienia, szczególnie w badaniach wielkoobszarowych.

Sprawozdanie z zadania badawczego nr 2

Innowacyjne metody monitoringu biologicznego in situ oraz bioremediacji wybranych zanieczyszczeń

Zakres badań i uzyskane wyniki

1. Nowe zastosowania biotechnologii laserowej

W roku 2014 kontynuowano badania doświadczalne dotyczące nowych zastosowań biotechnologii laserowej. W nawiązaniu do poprzednich prac pod kątem zwiększenia skuteczności bioremediacji- [wykonanych z grupa byłych magistrantów i doktorantów m.in. obecnie dr hab.B. Rózanowskim, dr A. Zielińska-Loek, dr M. Śliwką, dr R. Mazurem, dr M. Jakubiakiem i innymi] - przeprowadzono doświadczenia wazonowe nad wpływem różnych algorytmów fotostymulacji laserowej nasion na wzrost, oraz fitoremediację w kontrolnych i doświadczalnych grupach słonecznika *Helianthus sp.*, oraz dyni olbrzymiej *Cucurbita maxima*.

Rośliny te były uprawiane na gruncie silnie skażonym ołowiem i kadmem z rejonu Kombinatu Górniczo-Hutniczego „Bolesław”. Dla każdego z tych gatunków inny algorytm światła spójnego okazał się najbardziej korzystny z punktu widzenia przyrostu biomasy, oraz usuwania ze skażonego gruntu w/w metali.

Inna seria nowych prac doświadczalnych odnosiła się do poszukiwania optymalnych sposobów zwiększenia skuteczności biodegradacji ropo-pochodnych węglowodorów, oraz opracowania innowacyjnych przesłanek naukowych dla bardziej skutecznej rekultywacji gruntów niedawno skażonych ropą naftową lub jej pochodnymi. W tym celu przeprowadzono serie doświadczeń polegających m.in. na zastosowaniu światła laserowego o różnej długości fali i rozmaitego czasu naświetlania nasion gatunków roślin dominujących w fitocenozie ukształtowanej w rejonie najstarszej na świecie wiertni „Bóbrka”. Były to nasiona nawłoci kanadyjskiej *Solidago canadensis*, oraz szczawiu polnego *Rumex acetosella*. Okazało się, że różne są optymalne sposoby stymulacji laserowej nasion każdego z tych gatunków. Bardziej wrażliwym na tego rodzaju fotostymulację okazał się szczaw polny. Zwiększono w ten sposób znacznie w porównaniu z odpowiednią grupą roślin kontrolnych zarówno dynamikę kiełkowania nasion jak też produkcję biomasy przy uprawie na gruncie silnie skażona ropą naftową.

Inne doświadczenia dotyczyły wpływu różnych sposobów stymulacji laserowej nasion rzeżuchy *Cardamine parviflora*, oraz łubinu letniego *Lupinus hartwegi* na kiełkowanie nasion oraz wzrost szczególnie wrażliwych młodych roślin na gruncie od dawna skażonym ropą naftową. Także w odniesieniu do tego materiału roślinnego okazało się, że dla każdego gatunku inny algorytm naświetlenia jest najbardziej odpowiedni. Stwierdzono m.in. możliwość dwukrotnego zwiększenia przyrostu biomasy w/w gatunku łubinu w niekorzystnych warunkach środowiskowych w wyniku odpowiedniej stymulacji laserowej nasion. Dostarcza to nowych przesłanek do wykorzystania tego sposobu w badaniach terenowych pod kątem zwiększenia skuteczności rekultywacji gruntów skażonych zanieczyszczeniami

ropopochodnymi z uwzględnieniem zjawiska symbiozy łubinu z bakteriami brodawkowymi wiążącymi azot atmosferyczny i zwiększającymi tym samym zawartość tego pierwiastka w glebie.

Prezentacja tych nowych wyników pod koniec 2014 roku na Międzynarodowych Konferencjach Światowej Akademii w Podgoricy, oraz Europejskiej Federacji Biotechnologii w Fortaleza spotkała się ze zgodną oceną ekspertów, że jest to jedno z najciekawszych badań w zakresie biotechnologii środowiskowej wykonanych w ostatnim okresie w Europie.

Prace te znalazły też odzwierciedlenie na zajęciach dydaktycznych zarówno w ramach przedmiotu biotechnologia środowiskowa na kierunku inżynierii środowiska, jak też na Studium Podyplomowym i szkoleniach przedstawicieli Brazylii, Gruzji, Japonii, Kuby, Laosu, Madagaskaru, Peru, Uzbekistanu zainteresowanych zastosowaniami tej innowacyjnej w świecie biotechnologii laserowej do poprawy stanu środowiska w rejonach skażonych ropą naftową lub metalami o dużej toksyczności, oraz do promocji zrównoważonego rozwoju tych terenów.

Synteza dotychczasowych badań była też przedmiotem referatu prof.zw. Dobrowolskiego na posiedzeniu Kom. Geodezji i Inżynierii Środowiska PAN Oddziału w Krakowie, oraz wykładu inauguracyjnego drugie ćwierćwiecze działalności Uniwersytetu Otwartego AGH.

Skojarzenie zastosowań przystosowanych do zanieczyszczeń ropopochodnych przez długi czas gatunków roślin z empirycznie określonymi algorytmami ich fotostymulacji laserowej; dostarcza przesłanek nie tylko do lepszego zagospodarowania zdegradowanych terenów, ale również do istotnego zwiększenia produkcji deficytowej w Polsce biomasy na nieużytkach. Zastosowania nowych biotechnologii zwiększających współczynnik konwersji biomasy na bioenergie co może sprzyjać realizacji priorytetu krajów Unii Europejskiej opartego na przyjaznej środowisku biotechnologii tzw. zielonej gospodarce- szczególnie w rejonach zdegradowanych (Dobrowolski wraz ze współpracownikami-vide wykaz nowych publikacji).

Dotyczy to zarówno przeglądu dokonań w zakresie łączenia promocji innowacyjnych biotechnologii z szeroką współpracą na rzecz zrównoważonego rozwoju (Dobrowolski, 2014), jak też propozycja ekoinnowacyjnych rozwiązań modelowych o charakterze interdyscyplinarnym (Dobrowolski i inni, 2014), jak również studiów nad zastosowaniem udoskonalonych metod katalitycznych do produkcji energii z biomasy odpadowej na wybranym przykładzie (Tursunov, Dobrowolski, Nowak, 2014), oraz analizy perspektyw zastosowań biotechnologii laserowej do poprawy stanu środowiska w rejonach szczególnie silnie skażonych na przykładzie Uzbekistanu (Tursunov, Dobrowolski, 2014), jak także w kontekście reindustrializacji pod kątem stabilizacji rozwoju gospodarki z uwzględnieniem wpływu tego procesu na stan środowiska i perspektywy wdrażania ekoinnowacji [Tursunov, Dobrowolski i Szpytko, 2014].

2. Analiza wpływu antropopresji na wybrane komponenty środowiska

Badania odbywały się na terenach o silnej antropopresji, takich jak tereny zurbanizowane (teren Kampusu AGH z okolicznymi parkami, dzielnice Nowej Huty) lub przemysł wydobywczy (hałdy Środula (Sosnowiec) oraz Góra Kamieńsk (k/ Bełchatowa), a także zbiorniki wodne, w tym powstałe na skutek eksploatacji surowców skalnych (Zakrzówek, Bagry, Zalew na Piaskach). Kontynuowano podjęte w ubiegłym roku próby oceny stopnia rewitalizacji obiektów z zastosowaniem metody Saaty'ego i analizy SWOT.

Dzięki współpracy ze stażystką programu IASTE przeprowadzono badania stopnia rewitalizacji Kampusu AGH oraz obszarów zieleni miejskiej w jego pobliżu: Parku Jordana i Parku Krakowskiego. Wyodrębniono 3 strefy: Park im. dr Henryka Jordana, Miasteczko Studenckie oraz budynki uczelniane wraz z Parkiem Krakowskim. Stosując metodę Saaty'ego do obliczenia względnych wag czynników (1980) i oceniając ilość śmieci porównano trzy strefy, mając na uwadze ich atrakcyjność. Najatrakcyjniejsza okazała się strefa budynków uczelnianych, natomiast teren parków nie wydawał się zbyt atrakcyjny. Teren Parku Jordana był najmniej zaśmiecony. Pozytywnie oceniono sam proces rewitalizacji, natomiast za problem uznano zaśmiecenie terenu. Najbardziej zaśmiecony był teren Miasteczka Studenckiego, przy czym nie było zasadniczej różnicy pomiędzy dniem powszednim a weekendem. Przeważały śmieci papierowe oraz niedopałki papierosów. Wyniki opublikowano oraz przedstawiono na konferencji.

Kontynuowano również prace związane ze zbiornikami wodnymi. Następujące obiekty poddano ocenie wg Saaty'ego:

1. Zalew Bagry,
2. Zakrzówek,
3. Przylasek Rusiecki,
4. Kolna - Tyniec – tor kajakowy
5. Zalew na Piaskach – pomiędzy miejscowościami Cholerzyn i Budzyń, gmina Liszki.

Najwyżej pod względem zagospodarowania oceniono Zalew na Piaskach, najniżej zaś zalew w dawnym kamieniołomie Zakrzówek. Wysoko oceniono bogactwo przyrody i atrakcyjność krajobrazu, niska ocena wynikała ze znacznie utrudnionego dostępu do zbiornika. Wyniki przedstawiono w postaci publikacji oraz referatu na konferencję.

Jeden ze zbiorników wodnych oraz tereny zieleni miejskiej były też tematem badań ankietowych oraz studiów przypadku w Dzielnicy Nowa Huta. Ankietę przeprowadzono w dniach: 8-10 sierpnia 2014 r. Miejscem ankiety były: Park Lotników, Zalew Nowohucki i Łąki Nowohuckie. Ankietowano każdą z osób (powyżej 15 roku życia), znajdujących się w wymienionych miejscach, przy czym pytania odnosiły się nie tylko do miejsca, w którym dana osoba przebywała, lecz również do dwóch pozostałych miejsc (o ile respondent był w stanie coś na ich temat powiedzieć). Ankietowani proszeni byli o ocenę każdego z wymienionych miejsc w skali 1-5 (1 to ocena najniższa, a 5 najwyższa) pod względem następujących cech:

- a) Dostępność miejsca (łatwość dojścia czy dojazdu)
- b) Możliwość uprawiania sportu (przyrządy gimnastyczne, boiska, trasy do biegania, itp.)
- c) Bogactwo przyrody (zwierzęta, rośliny)
- d) Obecność obiektów ciekawych z punktu widzenia historycznego czy poznawczego
- e) Czystość i ogólna estetyka

Osoby, które znały dane miejsce przynajmniej od roku proszone były o ocenę zmian, które zaszły. Respondenci mogli stwierdzić, że pod względem danej cechy sytuacja się poprawiła,

pogorszyła, pozostała bez zmian, lub nie potrafi jej ocenić. Każdy respondent zachęcany też był do podania własnych uwag na temat atrakcyjności danego miejsca.

W badaniach wzięły udział 92 osoby (42 mężczyzn i 50 kobiet), aż 67,4% respondentów mieszka w Nowej Hucie, przy czym w przypadku osób spotkanych na Łąkach Nowohuckich i nad Zalewem odsetek ten przekraczał 70% (odpowiednio 73,5% i 78,4%), a w Parku Lotników był niższy niż 50% (44%). Różnica ta jest istotna statystycznie: - test chi kwadrat $\chi^2=7,512$; $df=2$; $0,01>P>0,005$. Najlepiej oceniana była dostępność obiektów, co nie powinno dziwić, zważywszy, że większość respondentów pochodziła z Nowej Huty i mogła przyjść nawet pieszo. Dostępność Parku Lotników została słabiej oceniona, co spowodowane może być faktem, iż było tam więcej osób przyjezdnych, a także mającą miejsce przebudową drogi. W odniesieniu do wszystkich miejsc większość respondentów uważa, że dostępność uległa poprawie, bądź się nie zmieniła. Bogactwo przyrody najlepiej ocenili przebywający na Łąkach Nowohuckich, a najslabiej osoby oceniające Park Lotników, ale w nim nie przebywające. Oceny czystości i estetyki najniższe były w odniesieniu do Łąk, a najwyższe w odniesieniu do Parku Lotników. W uwagach ankietowanych często pojawiał się problem zaniedbania terenu Łąk Nowohuckich (zbyt rzadkie opróżnianie koszy na śmieci oraz ich niedostateczna liczba , zbyt rzadkie koszenie, często nie połączone z usuwaniem trawy, a także niszczenie ławek. Natomiast w Parku Lotników problemem jest brak zaplecza gastronomicznego i sanitarnego. Na niedostateczne zaplecze sanitarne (nieliczne toalety przenośne) wskazywały też osoby wypoczywające nad Zalewem Nowohuckim.

W przypadku większości cech respondenci wskazują na to, iż sytuacja nie uległa zmianie lub się poprawiła. Liczba negatywnych ocen w odniesieniu do zmian przeważa nad liczbą ocen pozytywnych jedynie w przypadku oceny ciekawych obiektów nad Zalewem. Sądząc z rozmów, respondenci mieli tu na uwadze atrakcje w rodzaju sprzętu pływającego, niegdyś wypożyczanego, a obecnie zabronionego, co wskazuje, że nie do końca zrozumieli pytanie. Ankietowani zwracali też często uwagę na konflikt pomiędzy interesem wędkarzy, którzy potrzebują ciszy, a pozostałych użytkowników, którzy pragnęliby dalszej rozbudowy infrastruktury sportowej oraz zezwolenia na kąpiel. Wyniki badań opublikowano i przedstawiono na konferencji.

Problem rewitalizacji badano również w aspekcie wykorzystania dla celów sportu i rekreacji terenów pogórnicych. Oprócz omawianego już Zakrzówka i Zalewu Na Piaskach zbadano wybudowane na hałdach stoki narciarskie Śródula i Góra Kamieńsk. Badano następujące cechy: dostępność, warunki sanitarne, zaplecze gastronomiczne, możliwość uprawiania sportu, flora i fauna oraz krajobraz. Najlepiej oceniono Górę Kamieńsk. Za jedyny jej mankament uznano trudny dojazd. Wyniki przedstawiono na konferencji dotyczącej rewitalizacji oraz przygotowano publikację, która została przyjęta.

Badania na temat rewitalizacji terenów zdegradowanych są niezbędne, gdy chcemy w rzetelny sposób monitorować zmiany w środowisku. Prace wykonane w wyniku Badań Statutowych wykazują, iż ważne jest zapobieganie wtórnej degradacji terenów poddanych rewitalizacji, czemu służyć ma monitoring tych terenów.

Załącznik 1a

Wykaz publikacji opracowanych w ramach zadania 1

Borowiec N.: *Ekstrakcja elementów infrastruktury kolejowej na podstawie danych z lotniczego skaningu laserowego*, Logistyka nr6/2014, numer ISSN 1231-5478

Cisło-Lesicka U., Borowiec N., Marmol U., Pyka K.: *Analiza przydatności lotniczego skaningu laserowego do opracowania modelu budynków 3D zgodnego ze specyfikacją INSPIRE*. [AFKIT](#), 2014.

Gabor K., Rzonca A., *Development of a system for monitoring of technical condition of a historical site on the example of barracks in the former Auschwitz-Birkenau camp* - Opracowanie systemu monitoringu obrazowego stanu technicznego obiektu zabytkowego na przykładzie baraków byłego obozu Auschwitz-Birkenau. *Pomiary, Automatyka, Kontrola*. 2014 vol. 60 nr 2, s. 122-125.

Lenda G., Ligas M., Marmol U. *Determining the shape of the surface of shell structures using splines and alternative methods: kriging and fourier series*. *KSCE Journal of Civil Engineering* 2014 vol. 18 no. 2, s. 625–633

Marmol U., *Wykrywanie dróg z wykorzystaniem transformaty falkowej* — Road detection using wavelet transform. *Pomiary, Automatyka, Kontrola*. 2014 vol. 60 nr 3, s. 144–147

Mikrut S., Mikrut Z., Moskal A., Pastucha E.a): *Detection and recognition of selected class railway signs*. *Image Processing&Communication*, 2014, Vol. 16, no 3-4, pp. 1-8.

Mikrut S., Moskal A., Marmol U.b): *Integration of image and laser scanning data based on selected example*. . *Image Processing&Communication*, 2014, Vol. 16, no 3-4, pp. 1-8.

Pirowski T., Drzewiecki W.a): *Contributions to the methodology of the use of satellite remote sensing methods in studies on geothermal anomalies*. W: *SGEM 2014 : GeoConference on Informatics, geoinformatics and remote sensing: international multidisciplinary scientific geoconference : 17–26 June, 2014, Albena, Bulgaria : conference proceedings*. Vol. 3, *Photogrammetry and remote sensing cartography and GIS*. — Sofia : STEF92 Technology Ltd., 109-120.

Pirowski T., Drzewiecki W., Orzińska E.b): *Simple method for incorporation of topographical factor into GIS-supported multi-variant rail route selection*. W: *SGEM 2014 : GeoConference on Informatics, geoinformatics and remote sensing: international multidisciplinary scientific geoconference : 17–26 June, 2014, Albena, Bulgaria : conference proceedings*. Vol. 3, *Photogrammetry and remote sensing cartography and GIS*. — Sofia : STEF92 Technology Ltd., 841-851.

Pyka K., Drzewiecki W., Bernat K., Wawrzaszek A., Krupiński M.: *Usefulness of wavelet-based features as global descriptors of VHR satellite images*. *Proc. SPIE 9244, Image and Signal Processing for Remote Sensing XX, 92441D (October 13, 2014)*; doi:10.1117/12.2067323

Wróbel A., Kędziński M.: *Pomiary inwentaryzacyjne stalowych wież telekomunikacyjnych* (Inventory measurements of steel telecommunication towers). *Przegląd Geodezyjny* ; ISSN 0033-2127. — 2014 R. 86 nr 7, s. 9–12

Wróbel Al., Wróbel A., Strojek J.: *Wpływ nasłonecznienia na wyznaczone wychylenie kominów stalowych* (Influence of Sun illumination on determined values of deviation of steel chimneys). *Przegląd Geodezyjny* ; ISSN 0033-2127. — 2014 R. 86 nr 9, s. 3–8.

Udział w Konferencjach

GeoConference on Informatics, geoinformatics and remote sensing: international multidisciplinary scientific geoconference : 17–26 June, 2014, Albena, Bulgaria, 1 referat

Symposium Polskiego Towarzystwa Fotogrametrii i Teledetekcji, Poznań, 18-19 wrzesień, 4 referaty

SPIE Remote Sensing 2014, Amsterdam, 22-25 September, 2 referaty

Przetwarzanie i analiza sygnałów w systemach wizji i sterowania, Słok 2014, Bełchatów, 25-26 czerwca 2014, 2 referaty

Załącznik 1b

Wykaz publikacji opracowanych w ramach zadania 2

Obid Tursunov, Jan Dobrowolski, Wojciech Nowak, *Catalytic energy production from municipal solid waste biomass: Case Study in Perlis-Malaysia*, Proc.of the World Congress of Sustainable Energy Day, Wels, 2014.

Jan W. Dobrowolski, *University Education on Sustainable Development as a Contribution to the Shared Responsibility of Experts and Knowledge-Based Society, Chapter 4 at Social Responsibility – Sustainability, Education and Management*, M. Mulej, R.G. Dyek, Eds, pp. 96-118, Bentham SciencePublisher, 2014.

Wagner A., Orlewicz-Musiał M. *Functions and Dysfunctions of Tourism and Recreation in the Aspect of the Influence on the Aquatic Environment*. Focus on the Krakow and District. Polish Journal of Environmental Studies. vol. 23 no. 3, s. 1045–1050. 2014.

Wagner A., Hasanagić D. *Comparative Analysis of Selected Water Bodies in Krakow And Vicinity in Terms of their Revitalisation*. W: Innowacyjne rozwiązania rewitalizacji terenów zdegradowanych - Praca zbiorowa pod redakcją dr hab. inż. J. Skowronka, s. 139–152, Katowice, Instytut Ekologii Terenów Uprzemysłowanych ; Centrum Badań i Dozoru Górnictwa Podziemnego Sp. z o.□o., 2014., punktacja MNiSW (2014): 5.000

Orlewicz-Musiał M., Wagner A., *Przeobrażenia terenów zieleni miejskiej w związku z rozwojem infrastruktury sportowo-rekreacyjnej na przykładzie dzielnic Nowej Huty w Krakowie*. W: Kierunki zmian terenów zieleni w miastach, red. nauk. Marek Kosmala, Toruń Polskie Zrzeszenie Inżynierów i Techników Sanitarnych. Oddział Toruń, s. 241–252, 2014. Punktacja MNiSW (2014): 4.000

Wagner A., Gulin V. *Kampus AGH w Krakowie oraz tereny pobliskich parków w aspekcie oceny stopnia rewitalizacji*. Problemy Rozwoju Miast; 11 z. 2, s. 117–126, 2014.

Wygłoszone referaty

J.W. Dobrowolski,

Laser Biotechnology to Enhance Biodegradation of Hydrocarbons, Bioremediation of Metals, Reclamation of Deteriorated Areas, Biomass Production and Protection of Biodiversity, IBS 2014 Biotechnology for the Development of a Green Economy, Fortaleza, 14-19, 09, 2014.

New Achievements in Environmental Biotechnology of European Federation of Biotechnology, Ibidem.

Experiences of 50 years Life Long Learning for Common Action of Experts and Knowledge-Based Society for Promotion Sustainable Development Based on Eco-Innovation, Forum of the World Academy of Arts and Science, Podgorica, 20-22, 10. 2014

A. Wagner

III Międzynarodowy Kongres Rewitalizacji Miast - Rewitalizacja w polityce miejskiej, Kraków, 4-6 czerwca 2014 r. – referat A. Wagner: Kampus AGH w Krakowie oraz tereny pobliskich parków w aspekcie oceny stopnia rewitalizacji (współautorka V. Gulin).

VII Konferencja „Ochrona i Inżynieria Środowiska - Zrównoważony Rozwój”, Organizator: Akademia Gorniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie. Szkoła Ochrony i

Inżynierii Środowiska im. Walerego Goetla, 26 - 27 czerwca 2014, Kraków, referat: A. Wagner, M. Orlewicz: Functions and Dysfunctions of Tourism and Recreation in the Aspect of the Influence on the Aquatic Environment. Focus on the Krakow and District.

VIII międzynarodowa konferencja: Ustroń/Katowice, 6–8 października 2014 r. - referat A. Wagner: Tereny pogórnice jako miejsca rekreacji, na wybranych przykładach z Polski Południowej i Środkowej (współautorka: M. Orlewicz-Musiał).

X Konferencja Naukowo-Techniczna „Zieleń miejska - Naturalne Bogactwo Miasta - Kierunki zmian terenów zieleni w miastach”, Toruń, Organizator: Polskie Zrzeszenie Inżynierów i Techników Sanitarnych Oddział Toruń - 08-10.10.2014 r. – referat - Przeobrażenia terenów zieleni miejskiej w związku z rozwojem infrastruktury sportowo-rekreacyjnej na przykładzie dzielnic Nowej Huty w Krakowie.

Załącznik 1c

Wykaz manuskryptów publikacji opracowanych w ramach zadania 2:

Jan W. Dobrowolski , Justyna Kobylarczyk, Obid Tursunov, Siew Qi Toh, *Integration of Local Eco-Innovation with Global Problems of Protection of the Natural Environment and Bio-Based Green Economy*, WIT Transactions on the Build Environment, ISSSN; 1743-3509, 2014.

Obid Tursunov, Jan Dobrowolski and Janusz Szpytko, *A Review of Research on Environmental Impact of ICT and Human Rights Bifurcation of Green ICTs* , Proc. 14th Intl.Conference on Transport Systems Telematics, 2014.

Obid Tursunov, Jan Dobrowolski, *Addressing Environmental Issues and Risks in Uzbekistan*, Integrated Journal of Engineering research Technology at 2014 accepted in press.

Obid Tursunov, Jan Dobrowolski, *Application of Environmentally Friendly laser Biotechnology as an Efficient Mechanism for the Increase of Biomass for Bio-energy production via Pyrolysis Clean technology*, Integrated Journal of Engineering research Technology at 2014 accepted in press.

Wagner A., Orlewicz-Musiał M.: Tereny pogórnice jako miejsca rekreacji, na wybranych przykładach z Polski Południowej i Środkowej. – praca przyjęta do druku w Monografii: Innowacyjne rozwiązania rewitalizacji terenów zdegradowanych. Praca zbiorowa pod redakcją dr hab. inż. Jana Skowronka (w załączeniu manuskrypt oraz korespondencja mailowa).

Załącznik 2a – publikacje z zadania 1

Załącznik 2c – manuskrypty publikacji z zadania 2