

**Andrzej Chybicki, Marcin Kulawiak, Łukasz Kamiński, Zbigniew
Łubniewski, Jacek Dąbrowski**

Andrzej Chybicki
Katedra Systemów Geoinformatycznych, Wydział Elektroniki, Telekomunikacji i Informatyki,
Politechnika Gdańska
ul. Narutowicza 11/12
80-233 Gdańsk – Wrzeszcz
tel. +48 58 347 29 39
faks. +48 58 347 20 90
Andrzej.Chybicki@eti.pg.gda.pl

Marcin Kulawiak, Łukasz Kamiński, Zbigniew Łubniewski, Jacek Dąbrowski
Katedra Systemów Geoinformatycznych, Wydział Elektroniki, Telekomunikacji i Informatyki,
Politechnika Gdańska
ul. Narutowicza 11/12
80-233 Gdańsk – Wrzeszcz
tel. +48 58 347 29 39
faks. +48 58 347 20 90
ksg@eti.pg.gda.pl

**ALGORYTMY ANALIZY, PRZETWARZANIA I
WIZUALIZACJI DANYCH Z SONARU
WIELOWIĄZKOWEGO W ROZPROSZONYCH
SYSTEMACH GIS**

Katedra Systemów Geoinformatycznych prowadzi badania naukowe związane z zastosowaniem nowych technologii implementacji Systemów Informacji Przestrzennej (GIS) w różnych zastosowaniach, a szczególnie w aplikacjach związanych z obszarami morskimi. Prowadzone są też prace badawcze związane z analizą i przetwarzaniem danych dla systemów GIS, ze szczególnym uwzględnieniem danych otrzymywanych z sonarów wielowiązkowych. Niniejszy artykuł stanowi ogólny opis prac badawczych związanych z telemonitoringiem morskim prowadzonych w Katedrze Systemów Geoinformatycznych Politechniki Gdańskiej.

Słowa kluczowe: systemy wielowiązkowe, echosonda, telemonitoring morski

**ANALYSIS, PROCESSING AND VISUALIZATION ALGORITHMS
FOR MUTLIBEAM SONAR DATA IN DISTRIBUTED GIS
SYSTEMS**

Research carried out by The Department of Geoinformatics of Gdansk University of Technology focuses on processing, analysis and visualization of

information related to marine and land environment. In particular, the research activities include: Web-based interactive Geographical Information Systems (GIS), 3^D imaging of underwater objects using intelligent methods of recognition and mapping of seafloor, acoustic monitoring and population assessment of marine living resources. This paper describes the most important directions of the Department's research activity in the context of marine habitat monitoring.

Keywords: *multibeam systems, sonar, seas and ocean monitoring and sensing*

WSTĘP

Zainteresowania naukowe Katedry Systemów Geoinformatycznych dotyczą telemonitoringu różnych komponentów środowiska morskiego, w szczególności przy pomocy metod hydroakustycznych. W tej dziedzinie rozwijane są prace nad przetwarzaniem danych hydroakustycznych z sonarów wielowiązkowych oraz bocznych do wysokorozdzielczego mapowania, trójwymiarowego obrazowania oraz rozpoznawania rodzaju dna morskiego, a także trójwymiarowej wizualizacji i animacji obiektów podwodnych. W artykule przedstawiono kierunki działalności badawczej Katedry związane z wykorzystaniem nowoczesnych urządzeń przeznaczonych do telemonitoringu morskiego. W poszczególnych sekcjach publikacji zaprezentowano obszary badań związane z wykorzystaniem sonarów wielowiązkowych, które są odzwierciedleniem profilu prac badawczych Katedry w tym zakresie.

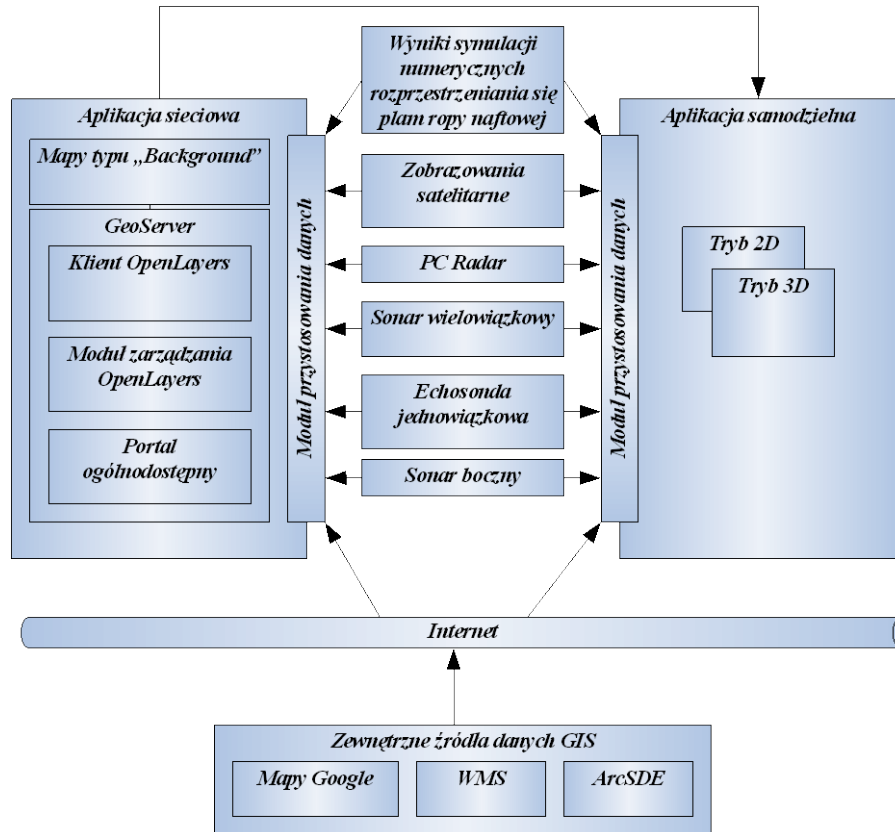
1. SYSTEMY GIS DO WIZUALIZACJI ZANIECZYSZCZEŃ ORAZ INNYCH SKŁADNIKÓW ŚRODOWISKA MORSKIEGO

W dziedzinie systemów GIS najnowszym osiągnięciem zespołu Katedry jest opracowanie, opartej o narzędzia deweloperskie pakietu ArcGIS firmy ESRI, technologii wytwarzania oprogramowania GIS pozwalającej na bardzo łatwe i szybkie tworzenie wielomodułowych aplikacji GIS, umożliwiających integrację danych pochodzących z różnych sensorów i ze źródeł rozproszonych, zdalną wizualizację dwu- i trójwymiarową wyników analiz, także zmienną w czasie, oraz udostępnianie danych za pośrednictwem sieci Internet. Opracowana technologia wykorzystana została w implementacji systemu GIS do zdalnego monitoringu i wizualizacji zanieczyszczeń oraz innych składowych ekosystemów morskich, w ramach realizowanego aktualnie przez Katedrę projektu badawczo-rozwojowego finansowanego przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego.

Omawiany system GIS umożliwia integrację informacji umiejscowionej przestrzennie pochodzącej z różnych źródeł wraz z możliwością prezentacji na mapach dwu- i trójwymiarowych. System został zaimplementowany w języku C# z użyciem platformy .NET oraz używa biblioteki ArcGIS Engine, będącej interfejsem programistycznym (API) dla obiektów COM, .NET, Java i C++, jako narzędzia do przetwarzania przestrzennego i wizualizacji. ArcGIS Engine jest platformą współpracującą z wieloma językami programowania, dostarczającą funkcjonalność obiektów ArcObjects, z których zbudowane są produkty z rodziny ArcGIS Desktop, zawierającą szereg komponentów ułatwiających tworzenie dedykowanych aplikacji GIS. Ponadto, ArcGIS Engine jest narzędziem wspomagającym budowanie lub rozwijanie aplikacji geoinformatycznych dostarczającym wyspecjalizowanych rozwiązań zarówno dla projektantów jak i użytkowników systemów GIS. Ważną cechą ArcGIS Engine jest możliwość tworzenia systemów, w której komponent

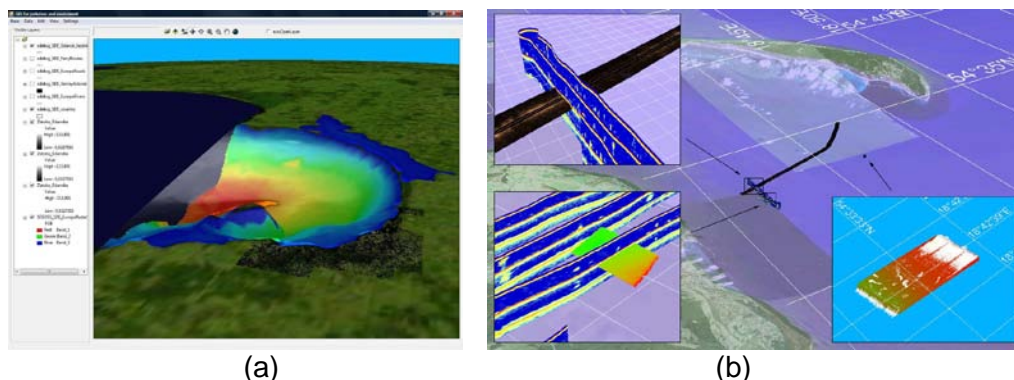
odpowiedzialny za wizualizację nie jest centralnym modulem aplikacji, a jedynie jego częścią. To sprawia, że ArcGIS Engine jest szczególnie przydatny przy tworzeniu rozwiązań nietypowych, do których zalicza się systemy przeznaczone do zdalnego telemonitoringu morskiego.

Dodatkowo użyte zostały komponenty z platformy ArcGIS Engine: GlobeControl i MapControl, zapewniające zestaw funkcji typowych dla GIS takich jak: prezentacja, przesuwanie, zmiana skali mapy. Użycie tych komponentów wspomaga proces prezentacji różnego rodzaju danych przestrzennych w kontekście geograficznym. Szczegółowa architektura systemu oraz relacje pomiędzy komponentami systemu zostały przedstawione na Rys. 1.



Rys. 1. Architektura systemu do wizualizacji zanieczyszczeń i innych składników ekosystemów morskich

Prezentacja, oprócz integracji i analizy danych, jest jednym z podstawowych zadań systemów GIS. W opisywanym systemie zdecydowano się na użycie komponentu ArcGlobe Control, będącego częścią platformy ArcGIS firmy ESRI, dzięki któremu stała się możliwa trójwymiarowa wizualizacja wszystkich typów danych wspieranych przez firmę ESRI. Na Rys. 2 pokazano możliwości prezentacyjne omawianego systemu.



Rys. 2. Okno aplikacji z wizualizacją 3D Zatoki Gdańskiej (a) oraz prezentacja danych pochodzących z urządzeń do telemonitoringu morskiego (b).

Dla potrzeb wizualizacji danych przestrzennych pochodzących z różnych źródeł (zobrazowania satelitarne, dane DEM, dane wektorowe i inne) zostały użyte specjalne algorytmy renderingu. Dane batymetryczne Zatoki Gdańskiej zostały wykorzystane jako warstwa źródłowa dla danych wysokościowych. System umożliwia także prezentowanie skomplikowanych obiektów trójwymiarowych z użyciem technologii OpenGL oraz na bezpośrednie wykorzystanie funkcji z rodziny OpenGL do wizualizacji własnych obiektów 3D. Prace związane z implementacją systemu stały się przedmiotem szeregu publikacji, a ich szczegółowy opis można znaleźć w [1] i [2].

2. ALGORYTMY ARCHIWIZACJI DANYCH Z SONARÓW WIELOWIĄZKOWYCH

Oprócz tworzenia i projektowania systemów GIS badania w Katedrze Systemów Geoinformatycznych koncentrują się na zaawansowanych metodach analizy i przetwarzania danych pochodzących z urządzeń hydroakustycznych. Jednym z podstawowych profili działalności Katedry w tej dziedzinie są prace nad stworzeniem wydajnych narzędzi do archiwizacji i przetwarzania danych z sonarów wielowiązkowych przeznaczonych do badań morskich.

W ostatnich latach na skale światową stały się dostępne echosondy wielowiązkowe umożliwiające zapis dokładnej informacji o rozproszeniu sygnału od dna. W przeciwieństwie do sonarów przeznaczonych jedynie do tworzenia map, nowe echosondy wielowiązkowe produkują znaczne ilości danych podczas rejsów pomiarowych, pozwalając jednocześnie na dokładną obserwację i analizę obiektów podwodnych, także tych nie znajdujących się bezpośrednio na dnie.

Wspólnie z partnerem przemysłowym, firmą RESON Inc., Katedra prowadzi badania związane z implementacją metod przetwarzania danych pochodzących z sonarów wielowiązkowych, których celem jest znalezienie i usunięcie powtarzającej się informacji znajdującej się w zbiorze danych otrzymywanych z sonaru wielowiązkowego. Opracowywane w Katedrze metody bazują na różnych mechanizmach kompresji bezstratnej (LZW, RLE, kompresja oparta o transformaty falkowe, metody słownikowe), niemniej jednak, najlepsze wyniki osiągnięto wykorzystując algorytm bezstratnej kompresji o nazwie deflate/inflate, który jest kombinacją słownikowej metody lz77/78 oraz kodowania Huffmana. Opracowane w Katedrze metody stały się przedmiotem szeregu publikacji naukowych prezentowanych na wielu krajowych i międzynarodowych konferencjach naukowych (np. [3] i [4]) oraz są podstawą wniosku patentowego.

Ponadto, w Katedrze prowadzi się także badania związane z wykorzystaniem nowoczesnych technik informacyjnych, które mogą być wykorzystywane w procesie

telemonitoringu morskiego. Szczególnie interesującym rozwiązaniem informatycznym mogącym usprawnić proces archiwizacji i kompresji danych z systemów wielowiązkowych, które w ostatnim czasie stało się dostępne dla szerokiej rzeszy użytkowników systemów informacyjnych, jest technologia CUDA (ang. Compute Unified Device Architecture), pozwalająca programistom i twórcom oprogramowania na tworzenie narzędzi umożliwiających rozwiązywanie najbardziej złożonych obliczeniowo zadań w krótkim czasie poprzez wykorzystanie mocy przetwarzania równoległego wielu rdzeni procesora graficznego. Obecnie CUDA, dzięki dostępności bezpłatnych narzędzi programistycznych, stosuje się do przyspieszania działania aplikacji w wielu dziedzinach – od kodowania wideo i audio aż po poszukiwania ropy i gazu, projektowanie przemysłowe, obrazowanie medyczne i badania naukowe.

Szacuje się, że dzięki tej architekturze, będzie można tworzyć wyjątkowo wydajne narzędzia przetwarzania danych o charakterze hydroakustycznym, umożliwiające redukcję otrzymywanych informacji, działające ponadto w trybie czasu rzeczywistego.

Projektowane w Katedrze rozwiązania z dziedziny przetwarzania danych z sonarów wielowiązkowych mogą dać wiele korzyści podczas rutynowych rejsów o charakterze badawczym i komercyjnym. Opisane powyżej metody do kompresji mogą przede wszystkim służyć jako wydajne narzędzie wspomagające proces archiwizacji dużej ilości danych pomiarowych otrzymywanych podczas rejsów badawczych z użyciem echosond wielowiązkowych. Pozwalają tym samym na efektywniejsze uzyskiwanie wyników i zmniejszą koszty prac badawczych. Ewentualne zastosowanie opisanych powyżej metod w trybie pracy w czasie rzeczywistym może zaowocować nowymi możliwościami w zakresie stosowania systemów wielowiązkowych.

3. KLASYFIKACJA DŃA MORSKIEGO NA PODSTAWIE KĄTOWEJ ZALEŻNOŚCI CECH ECHA Z SONARU WIELOWIĄZKOWEGO

Zainteresowania naukowe Katedry Systemów Geoinformatycznych dotyczą także telemonitoringu różnych komponentów środowiska morskiego, w szczególności przy pomocy metod hydroakustycznych. W tej dziedzinie rozwijane są prace nad przetwarzaniem danych hydroakustycznych, ze szczególnym uwzględnieniem metod rozpoznawania rodzaju dna morskiego.

Metody klasyfikacji dna morskiego oparte na obliczaniu parametrów echa z echosond jednowiązkowych są dobrze znane i zweryfikowane (zob. np. [5], [6]). Zaproponowane, nowatorskie podejście do rozpoznawania rodzaju dna morskiego polega na obliczaniu zbioru parametrów obwiedni ech dla poszczególnych wiązek sonaru wielowiązkowego. Następnie estymowana jest zależność wartości poszczególnych parametrów od kąta wiązki oraz badane jest powiązanie otrzymanej zależności z rodzajem dna morskiego, pod kątem użyteczności w klasyfikacji.

Zbiór obwiedni ech odpowiadających poszczególnym wiązkom odczytywany był z cyfrowego wyjścia sonaru wielowiązkowego (pracującego w trybie *water column registering*) i zapisywany do dalszego przetwarzania. Po detekcji echa od dna w zarejestrowanym sygnale, obliczany był dla niego zbiór parametrów. Następnie wyniki dla każdego kąta wiązki były uśredniane dla wszystkich sondowań dla danego typu dna. Założono, że powierzchnia dna jest płaska w dużej skali, a więc kąt wiązki może być traktowany jako równy kątowi insonifikacji.

Obliczano następujące grupy parametrów dla obwiedni ech:

I. Podstawowe parametry opisujące echo, do których zaliczały się:

1. Energia echa, obliczana jako suma kwadratów wszystkich próbek należących do fragmentu zidentyfikowanego jako echo od dna.
2. Maksymalna amplituda sygnału echa.

3. Czas trwania fragmentu echa zidentyfikowanego jako echo od dna.
- II. Parametry statystyczne obwiedni echa:
1. Średnia wartość energii echa (tj. średnia wartość kwadratów próbek).
 2. Odchylenie standardowe energii echa.
 3. Asymetria (skośność, unormowany trzeci moment) rozkładu wartości energii echa.
- III. Parametry geometryczne opisujące kształt obwiedni echa:
1. Środek ciężkości obwiedni echa na osi czasu.
 2. Znormalizowany moment bezwładności względem osi prostopadłej do osi czasu, zawierającej zdefiniowany powyżej środek ciężkości echa.
 3. Wymiar fraktalny obwiedni echa, interpretowany jako miara złożoności jej kształtu, obliczany jako tzw. wymiar pudełkowy (*box dimension*) [5].

Pomiary *in-situ* w celu weryfikacji doświadczalnej zaproponowanego podejścia zostały przeprowadzone z użyciem sonaru wielowiązkowego Kongsberg EM3002 w rejonie Zatoki Gdańskiej we wrześniu 2007r. oraz w listopadzie 2008r. na statku s/y Oceania na wspólnych rejsach ekip naukowych Katedry oraz Instytutu Oceanologii PAN.

Ze względu na specyfikę niniejszej publikacji nie jest możliwy dokładny opis metodyki eksperymentów, niemniej jednak szczegółowe informacje dotyczące badań można znaleźć w [7].

Wyniki przeprowadzonych prac badawczych wstępnie potwierdzają, że informacja uzyskiwana w formie obliczanych charakterystycznych parametrów ech z sonaru wielowiązkowego i analizowana poprzez badanie zależności tych parametrów od kąta wiązki, jest użyteczna w klasyfikacji dna morskiego. Zasadność użycia poszczególnych zaproponowanych parametrów obwiedni echa w tym zakresie została wstępnie zweryfikowana, uzyskano przy tym także wiele dodatkowych informacji pomocnych w dalszych pracach nad rozwijaniem przedstawionego podejścia. W szczególności okazało się, że niektóre parametry echa zdefiniowane w bardziej złożony sposób (np. moment bezwładności) charakteryzują się bardziej regularną postacią zależności od kąta insonifikacji (co może oznaczać, że są mniej wrażliwe na lokalne warunki występujące w środowisku pomiaru) niż parametry podstawowe, jak energia czy czas trwania. Jednak w celu uzyskania bardziej wiarygodnych wyników, konieczna jest weryfikacja zastosowanego podejścia dla większej ilości danych doświadczalnych.

WNIOSKI

W artykule przedstawione zostały podstawowe kierunki działalności badawczej Katedry Systemów Geoinformatycznych związane z wykorzystywaniem urządzeń do telemonitoringu morskiego. Plany rozwojowe Katedry na przyszłość obejmują rozwój badań w dziedzinie geoinformatyki i telemonitoringu, z uważną obserwacją zmian zapotrzebowania w zakresie ich zastosowań. Planuje się rozszerzenie zakresu prac dotyczących wykorzystania systemów satelitarnych w zdalnym monitoringu środowiska. Rozwinięte zostaną także prace z zakresu metod złożonego mapowania (ang. *complex mapping*) pozwalających na integrację danych satelitarnych z innymi warstwami GIS, ze szczególnym uwzględnieniem możliwości działania stosownych algorytmów w czasie rzeczywistym (w trybie operacyjnym). W związku z rosnącą ostatnio w rozmaitych aplikacjach GIS rolą komponentów mobilnych, zarówno jako platformy dla różnego rodzaju sensorów, jak i pracujących w charakterze urządzeń klienckich, planuje się zwiększenie udziału zagadnień technologii mobilnych oraz systemów wbudowanych w pracach Katedry. Co więcej, planuje się także prace nad rozwojem metod wizualizacji trójwymiarowej w GIS, w

szczegółności w zakresie dynamicznego tworzenia złożonych ruchomych scen w powiązaniu z automatycznym rozpoznawaniem obiektów w warstwach rastrowych.

Przewiduje się także coraz większy udział prac związanych z technologiami bezpieczeństwa, w szczególności tych związanych z tematyką morską, jak np. ochrona portów. Znalazło to między innymi wyraz w tym, że Katedra została zaproszona w 2008 roku do udziału w trzech konsorcjach 7. Programu Ramowego Unii Europejskiej

LITERATURA

1. Bikonis K, Partyka A, Łubniewski Z, Moszyński M, Stepnowski A, "GIS for shallow water pollution awareness and emergency management", Proceedings of the IEEE International Conference on Technologies for Homeland Security and Safety TEHOSS 2005, ed. by A. Stepnowski, A. Ruciński and K. Kosmowski, Gdańsk, 1997, pp. 45-50;
2. Andrzej Chybicki, Marcin Kulawiak, Zbigniew Łubniewski, Mariusz Łuba, Marek Moszynski, Jacek Dąbrowski, „GIS for Remote Sensing, Analysis and Visualization of Marine Pollution and Other Marine Ecosystem Components”, Proceedings of 2008 1st International Conference on Information Technology, p. 223-227;
3. Andrzej Chybicki, Marek Moszyński, Paweł Poćwiardowski, „Applications of compression techniques for reducing the size of multibeam sonar records”, Proceedings of 2008 1st International Conference on Information Technology, p. 395-399;
4. Andrzej Chybicki, Marek Moszyński, Paweł Poćwiardowski, "Compression algorithms for multibeam sonar records", Hydroacoustics, vol. 11, 2008, str. 55-63, 25th Symposium on Hydroacoustic (SHA'25), Jastrzębia Góra, Poland, 25-28 May, 2008;
5. Łubniewski Z., Stepnowski A.: „Sea bottom recognition using fractal analysis and scattering impulse response”, Proceedings of the 4th European Conference on Underwater Acoustics, 1998, Rome, Italy, s. 179-184;
6. Tęgowski J., Łubniewski Z.: „Application of some echo parameters to the seabed classification - methodological analysis. W: Hydroacoustics”, 4, 2001, Gdynia, s. 237-240;
7. Łubniewski Z., Bikonis K., Chybicki A., Stepnowski A.: „Application of angular dependence of sonar echo features in seafloor characterisation and imaging”, Revista de Acustica, 38, 3-4, 2007, Special Issue: Official Publication of the 19th International Congress on Acoustics ICA 2007, Madrid, Spain;

Autorzy:

mgr inż. Andrzej Chybicki - urodził się w 1982 roku. Studia na wydziale Elektroniki, Telekomunikacji i Informatyki rozpoczął w 2001 roku, które ukończył na specjalności Systemy Geoinformatyczne. W 2006 roku z wynikiem bardzo dobrym obronił pracę magisterską pt. „Bazodanowy system do trójwymiarowej prezentacji danych o charakterze hydroakustycznym”. We wrześniu 2006 roku podjął pracę na stanowisku asystenta w kierowanej przez prof. Andrzeja Stepnowskiego Katedrze Systemów Geoinformatycznych. Dziedziną jego zainteresowań od początku pracy w katedrze stały się aplikacje wykorzystujące technologie informacyjne z dziedziny hydroakustyki i telemonitoringu, a w szczególności aplikacje do obsługi sonarów wielowiązkowych. Wyniki jego dotychczasowych prac stały się przedmiotem 14 publikacji – głównie referatów opublikowanych i wygłoszonych na międzynarodowych i krajowych konferencjach naukowych.

mgr inż. Marcin Kulawiak - urodził się w 1982 roku. Studia na wydziale Elektroniki, Telekomunikacji i Informatyki rozpoczął w 2001 roku, kończąc je na specjalności Aplikacje Rozproszone i Systemy Internetowe. W 2006 roku z wynikiem ponad dobrym obronił pracę magisterską pt. „Implementacja elementów przeglądarki VRML w technologii J2ME”. We wrześniu 2006 roku został uczestnikiem Studium Doktoranckiego wydziału Elektroniki, Telekomunikacji i Informatyki Politechniki Gdańskiej pod opieką dr hab. Marka Moszyńskiego. We wrześniu 2007 roku podjął pracę na stanowisku asystenta w Katedrze Systemów Geoinformatycznych ETI PG. Przez ostatnie trzy lata prowadził szereg zajęć specjalistycznych, między innymi: Technologie Informacyjne, Systemy Informacji Przestrzennej, Techniki Programowania, Języki Programowania Obiektowego oraz Projektowanie systemów GIS. W swojej pracy naukowej zajmuje się integracją, przetwarzaniem i wizualizacją danych dotyczących różnego rodzaju zagrożeń, począwszy od plam ropy naftowej na morzu, poprzez powodzie i huragany, na atakach terrorystycznych skończywszy. Szczególnie interesują go algorytmy przetwarzania i wizualizacji zestawów danych dotyczących bezpieczeństwa infrastruktur krytycznych osadzonych w kontekście geograficznym. Badania w tym kierunku prowadzi w ramach współpracy z Hellenic Centre for Marine Research oraz Wydziałem Zarządzania Kryzysowego i Ochrony Ludności Urzędu Miejskiego w Gdańsku. Wyniki jego dotychczasowych prac stały się przedmiotem 12 publikacji i referatów opublikowanych i wygłoszonych na międzynarodowych i krajowych konferencjach naukowych.

mgr inż. Łukasz Kamiński - urodził się w 1984 roku. Studia na wydziale Elektroniki, Telekomunikacji i Informatyki rozpoczął w 2003 roku, które ukończył na specjalności Aplikacje Rozproszone i Systemy Internetowe. W 2008 roku z wynikiem celującym obronił pracę magisterską pt. „System informatyczny wspomagający poruszanie się osób niewidomych w terenie”. W październiku 2008 roku podjął pracę na stanowisku asystenta w kierowanej przez prof. Andrzeja Stepnowskiego Katedrze Systemów Geoinformatycznych. Jego zainteresowania w głównej mierze obejmują systemy internetowe oraz technologie mobilne.

dr inż. Zbigniew Łubniewski - urodził się w 1968 roku. W 1993 r. ukończył studia na Wydziale Elektroniki, Politechniki Gdańskiej, na kierunku Informatyka. W latach 1994-1996 pracował w Zakładzie Fizyki Morza Instytutu Oceanologii PAN, gdzie zajmował się akustycznym badaniem morskich zasobów żywych, biorąc także wielokrotnie udział w morskich ekspedycjach badawczych. W 1996 r. podjął studia doktoranckie na Wydziale ETI Politechniki Gdańskiej, zakończone w 2001 r. obroną z wyróżnieniem pracy doktorskiej pt. „Zastosowanie analizy fraktalnej i filtracji odwrotnej do zdalnej klasyfikacji i monitoringu dna morskiego”. Od 2001 r. zatrudniony jest na stanowisku adiunkta w Katedrze Systemów Geoinformatycznych (do 2003 r. – Katedrze Systemów Telemonitoringu) Politechniki Gdańskiej. Dziedziny jego zainteresowań naukowych i badawczych obejmują: akustyczne rozpoznawanie dna morskiego z wykorzystaniem sonarów jednowiązkowych i wielowiązkowych, akustyczny monitoring środowiska morskiego, przetwarzanie sygnałów, satelitarne systemy obserwacji Ziemi, systemy informacji przestrzennej, systemy informatyczne i bazy danych, programowanie komputerów, systemy mikroprocesorowe. W 2002 r. odbył staż naukowy w Ośrodku Badań Podmorskich NATO (NATO Undersea Research Centre) w La Spezia, Włochy, gdzie zajmował się modelowaniem rozpraszania fal akustycznych na dnie morskim. Jest autorem i współautorem ponad 50 publikacji naukowych. Jest członkiem sekcji Ocean Engineering Society w międzynarodowej organizacji Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), a także członkiem Polskiego Towarzystwa Akustycznego.

mgr inż. Jacek Dąbrowski - urodził się w 1980 roku. Studia na wydziale Elektroniki, Telekomunikacji i Informatyki ukończył w 2003 roku na specjalności Inżynieria Systemów i Bazy Danych, broniąc pracę magisterską pt. "System czasu rzeczywistego oceny rozwiązań problemów algorytmicznych". We wrześniu 2007 roku podjął pracę na stanowisku asystenta w kierowanej przez prof. Andrzeja Stepnowskiego Katedrze Systemów Geoinformatycznych. Badania naukowe prowadzi w dwóch dziedzinach: trójwymiarowej wizualizacji danych oraz sztucznych systemów immunologicznych.