

**ZASTOSOWANIA GEOINFORMACJI
W ANALIZIE MORSKIEJ STREFY BRZEGOWEJ
W UNIWERSYTECIE SZCZECIŃSKIM**

**APPLICATIONS OF GEOINFORMATION IN COASTAL
ZONE ANALYSIS AT THE UNIVERSITY OF SZCZECIN**

**Kazimierz Furmańczyk, Rafał Benedyczak, Joanna Dudzińska-Nowak,
Agnieszka Łęcka, Igor Szakowski, Paweł Terefenko**

Zakład Teledetekcji i Kartografii Morskiej, Instytut Nauk o Morzu, Uniwersytet Szczeciński

Słowa kluczowe: strefa brzegowa, teledetekcja, analizy GIS

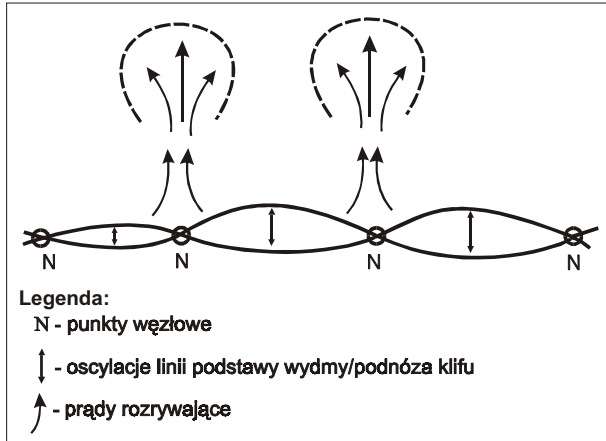
Keywords: coastal zone, remote sensing, GIS analysis

Zakład Teledetekcji i Kartografii Morskiej (ZTiKM) Wydziału Nauk Przyrodniczych Uniwersytetu Szczecińskiego (US) powstał w roku 1985. W obecnym kształcie organizacyjnym i pod aktualną nazwą istnieje od roku 1992. W okresie 16 lat istnienia rozwijano stopniowo tematykę badań naukowych ZTiKM. Do najczęściej podejmowanej problematyki należą:

- teledetekcyjna analiza morfodynamiki strefy brzegowej,
- analiza systemów cyrkulacyjnych strefy brzegowej z użyciem zdjęć lotniczych i satelitarnych,
- teledetekcyjna analiza prądów powierzchniowych południowego Bałtyku,
- problematyka systemów informacji geograficznej strefy brzegowej oraz zarządzania strefą brzegową,
- kartografia i GIS w internecie,
- elementy tematycznej kartografii morskiej,
- kartograficzne metody prezentacji zjawisk dynamicznych.

Najdłuższą tradycję ma ZTiKM w teledetekcyjnych badaniach strefy brzegowej. Na podstawie zdjęć lotniczych, corocznie wykonywanych w latach 1976–1988 przez Wyższą Szkołę Marynarki Wojennej w Gdyni, zostały opracowane zamiany w morfologii brzegu w rejonie Władysławowa i początkowej części Półwyspu Helskiego. Na tej podstawie ustalono pewne prawidłowości rozwoju strefy brzegowej (Furmańczyk 1994). Opracowany logiczno-pojęciowy model zmian brzegu uwzględniający występowanie wzdłuż brzegu bardziej statycznych miejsc (tzw. punktów węzłowych) oraz zmiennych (oscylacyjnych) między nimi (rys. 1).

Wyniki tej pracy pozwoliły na nieco inne spojrzenie na dynamikę brzegu, na jego zmiany długookresowe i krótkookresowe. Jak wynika z przeprowadzonych badań roczne wielkości zmian brzegu mogą być takie same jak zmiany kilkudziesięcioletnie. Oznacza to, że brzeg w niektórych miejscach po fazie erozji przechodzi w fazę akumulacji (Furmańczyk 1994).



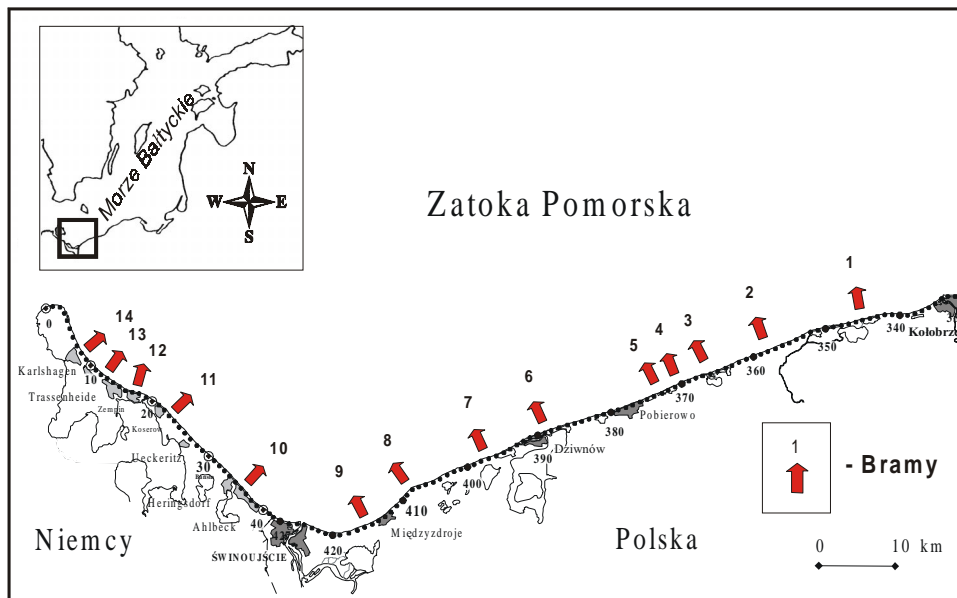
Rys. 1. Model rozwoju brzegu

Niestety prowadzony obecnie monitoring zmian brzegu nie jest wystarczająco szczegółowy, aby można było znaleźć prawidłowości rozwoju brzegu.

Teledetekcyjne badania morfologii podwodnej części strefy brzegowej przeprowadzone przez Zakład w projekcie BASYS w 3. projekcie ramowym UE zaowocowały znalezieniem następnej prawidłowości w strefie brzegowej w postaci występowania tzw. „bram”.

W badaniach tych wykorzystano 7 serii historycznych zdjęć lotniczych strefy brzegowej Zatoki Pomorskiej na 100 kilometrowym

odcinku od Świnoujścia do Kołobrzegu oraz na fragmencie wybrzeża wyspy Uznam na odcinku od Świnoujścia do ujścia Piany. Na badanym obszarze zidentyfikowano odcinki brzegu, w których występują zaburzenia w zwykle równoległym do brzegu przebiegu wałów rewowych. Odcinki te okazały się być stabilne w czasie i zostały nazwane „bramami”, gdyż dodatkowe badanie *sidescanonarem* wykazały występowanie w tych miejscach mikroform dna świadczących o istnieniu tu prądów odprowadzających wodę ze strefy brzegowej w kierunku pełnego morza. Lokalizacja „bram” przy brzegach Zatoki Pomorskiej została przedstawiona na rysunku 2, a wyniki zostały opublikowane w zagranicznych publikacjach



Rys. 2. Lokalizacja „bram” na obszarze Zatoki Pomorskiej

(Furmańczyk i in.2002, Schwarzer i in.2003). Prace te były kontynuowane przez polskich magistrantów w Niemczech, gdzie zidentyfikowano lokalizację „bram” na wybranym odcinku brzegów Szlezwik-Holsztyn (Schwarzer i in. 2004) i obecnie wyniki te są przygotowywane do publikacji.

Dobiegają końca prace wykonywane w ramach projektu KBN związane z teledetekcyjną analizą zmian brzegów Zatoki Pomorskiej. Na podstawie analizy historycznych zdjęć lotniczych opracowane zostały zmiany położenia linii brzegowej na odcinku Świnoujście – Kołobrzeg (Dudzińska-Nowak i in., 2005). Przy okazji tego projektu sporządzono graficzną bazę danych GIS zawierającą mapy topograficzne w skali 1:10 000, mapy pasa technicznego Urzędu Morskiego oraz historyczne zdjęcia lotnicze z lat 1938, 1951 i 1973. Ponadto opracowano numeryczny model terenu pasa przybrzeżnego (do 2 km od linii brzegowej) na podstawie map topograficznych w skali 1:10 000 oraz sporządzono ortofotomapę dla tego obszaru na podstawie zdjęć lotniczych z 1996 roku. Na tej podstawie określane są objętościowe zmiany brzegu oraz bilans osadów badanego odcinka brzegu (Łęcka i in., 2005).

Jedną ze specjalności Zakładu jest wykorzystanie narzędzi GIS do wykonywania analiz przestrzennych w zintegrowanym zarządzaniu obszarami przybrzeżnymi (ZZOP) oraz w szeroko rozumianym aspekcie analiz krajobrazowych.

Wśród wielu prac realizowanych w ZTiKM, duża część podejmuje problem oceny atrakcyjności, charakterystykę dynamiki oraz perspektywę zmian krajobrazu obszarów przybrzeżnych.

Adam Kubicki (2003) w pracy magisterskiej, której celem była ocena atrakcyjności krajobrazu strefy nadmorskiej części gmin Dziwnów i Rewal, w nowatorski sposób wykorzystuje możliwości oprogramowania ArcView do opracowania map poszczególnych elementów krajobrazu oraz do stworzenia cyfrowego modelu wysokościowego (DEM). Na podstawie zdjęć lotniczych wyróżniono 16 elementów krajobrazu, które podzielono na mapy tematyczne. Na podstawie przeprowadzonej oceny przyjęto 3 wskaźniki atrakcyjności krajobrazu:

- różnorodność elementów krajobrazu,
- wpływ elementów hydrosfery,
- wpływ konstrukcji antropogenicznych.

Zastosowano aplikację ArcView, moduł 3DAnalyst i przyjęto 3 kolejne wskaźniki:

- nachylenie stoków, które decyduje o atrakcyjności rzeźby,
- ekspozycja stoków, która wpływa na nasłonecznienie obszarów,
- ocena punktów widokowych, które wyróżniono na podstawie linii wzroku w terenie.

Końcowym wynikiem analizy jest mapa atrakcyjności krajobrazu podzielona na 172 pola podstawowe w kształcie kwadratów. Dla każdego pola określono końcową wartość atrakcyjności z przedziału od -6 do +6 punktów.

Kolejna praca (Terefenko i in., 2005) podejmuje aspekt zmian naturalnych oraz oceny, zarówno pozytywnego jak i negatywnego, wpływu człowieka na krajobraz wyspy Terschelling (Archipelag Wysp Fryzyjskich). Na podstawie analizy zdjęć lotniczych zidentyfikowano cztery podstawowe typy krajobrazu: zantropizowany, kulturowy, pseudonaturalny, seminaturalny. Wyniki interpretacji zaznaczono na mapach wektorowych dla trzech roczników interpretowanych serii zdjęć lotniczych. Używając oprogramowania ArcView pomierzono powierzchnie poszczególnych typów krajobrazów w różnych latach oraz przeanalizowano wielkości ich zmian. Do wizualizacji wyników analizy utworzono siatkę pól elementarnych o wymiarach 100 x 100 m. Na podstawie map klasyfikacji krajobrazu obliczono procentowe zmiany powierzchni krajobrazu w każdym polu. Pozwoliło to na określenie stopnia oraz

przestrzennego rozmieszczenia zmian krajobrazu. Przeprowadzone analizy stanowią punkt wyjścia do dyskusji na temat poprawności używanych na wyspie metod rekonstrukcji krajobrazu seminaturalnego.

Pokazanie nowych możliwości zastosowania narzędzi GIS do zintegrowanego zarządzania obszarami przybrzeżnymi, w szczególności sposobów rozwiązywania problemów w programie ArcView, było celem pracy (Benedyczak 2002). Stworzono w niej modelową bazę danych GIS dla niewielkiego odcinka polskiej strefy brzegowej (odcinek Dziwnów – Dziwnówek). Na podstawie materiałów kartograficznych stworzono system zbudowany z 88 warstw wraz z wieloma danymi atrybutowymi oraz zdjęciami lotniczymi i mapami historycznymi w formie podkładów rastrowych. System jest bardzo prosty w obsłudze i może stanowić model dla tworzenia baz danych GIS wspomagających zarządzanie morską strefą brzegową przez administrujące nią zainteresowane instytucje.

Bardzo praktycznym przykładem zastosowania GIS na obszarach przybrzeżnych jest model prognozy zagrożeń powodzią sztormową wysp Karsibór i Karsiborska Kępa w rejonie Świnoujścia (Wochna, 2001). Historyczne dane mareograficzne zebrane dla tego obszaru przez służby morskie, pokazują możliwość wystąpienia bardzo wysokiego poziomu morza. Prognoza oparta została na trójwymiarowym modelu terenu wykonanym oprogramowaniem ArcView, moduł 3D Analyst. Konieczne okazało się opracowanie metody umożliwiającej wymodelowanie specyficznej rzeźby tego terenu: płaskiej powierzchni polderów, skomplikowanej formy systemu wydmy i wałów brzegowych oraz pojedynczego wału przeciwpowodziowego ochraniającego wnętrze wysp od wody w Zalewie Szczecińskim i cieśninie Świny. Praca stała się podstawą dla prognozy zagrożeń powodzią sztormową. Model prognozy może pomóc w przestrzennym rozplanowaniu tych obszarów. Powinien również stać się istotnym elementem zintegrowanego zarządzania wyspami Karsibór i Karsiborską Kępą.

Projekt badań sedymentologicznych w estuarium rzeki Guadiany na granicy portugalsko-hiszpańskiej jest doskonałym przykładem wykorzystania systemów GIS, a zwłaszcza wizualizacji 3D, w badaniach geologicznych strefy brzegowej (Terefenko i in., 2005). Estuarium to jest fragmentem najbardziej wysuniętego na południe regionu Portugalii, a rzeka Guadiana to jedna z najważniejszych rzek na Półwyspie Iberyjskim. Dzięki gwałtownej sedymentacji podczas najbardziej współczesnej, postglacjalnej transgresji, estuaryjne zapisy osadów stwarzają doskonałe warunki do badań kolejności zdarzeń, które wpłynęły na obecną morfologię wybrzeża. Dzięki interpretacji zapisów sedymentologicznych, danych makro i mikro paleontologicznych oraz na podstawie datowania metodą węgla radioaktywnego C^{14} otrzymano również informacje dotyczące głębokich struktur wypełnienia doliny osadami. Określono maksymalne i minimalne głębokości zalegania głównych warstw osadów. Po uwzględnieniu takich danych stworzono modele przedstawiające aktualną rzeźbę terenu oraz rzeźbę pradolin z przed około 13 000 lat. Stworzone modele wykorzystano do obliczenia objętości osadów dla każdej z trzech wyróżnionych jednostek osadowych. Uzyskane w ten sposób dane pozwoliły na dokładniejszą analizę tempa sedymentacji i wzrostu poziomu morza oraz innych aspektów i procesów geologicznych, jakie miały miejsce w okresie postglacjalnym w dolinie Guadiany.

Zakład Teledetekcji i Kartografii Morskiej, Instytutu Nauk o Morzu, w ramach programu INTERREG III C bierze udział w międzynarodowym projekcie MESSINA – „*Managing European Shoreline and Sharing Information on Near-shore Areas*”, którego celem jest praktyczne wdrożenie przewodników zarządzania strefą brzegową powstałych w projekcie EU-ROSION oraz ich adaptowanie do specyficznych zadań projektu MESSINA. Adresatami

działań projektu są władze regionalne i lokalne zainteresowane zarządzaniem erozją brzegu oraz rozpowszechnianiem i wymianą informacji na temat realizacji tych projektów. Obszarem pilotażowym w Polsce został obszar gminy Rewal. Jednym z elementów projektu MESSINA jest stworzenie oraz implementacja systemów informacji geograficznej służących głównie zagadnieniom związanym z zarządzaniem erozją brzegu, oceną ryzyka jej wystąpienia i jej skutkami, w tym również ekonomicznymi. Projekt EUROSION na podstawie przeglądu wielu europejskich doświadczeń w zarządzaniu strefą brzegową, gdzie GIS odgrywał ważne role, sformułował kilka szerokich rekomendacji, które specyfikowały „idealne” założenia dla GIS dedykowanych zarządzaniu obszarami przybrzeżnymi. Celem obecnie realizowanego projektu MESSINA jest sprawdzenie kilku z tych rekomendacji pod względem praktycznego ich wdrożenia w odpowiedzi na potrzeby wyrażone przez partnerów projektu. W projekcie MESSINA zostały zidentyfikowane 3 główne zadania-rekomendacje, które stanowią rdzeń prototypowego GIS dedykowanego dla zarządzania strefą brzegową w aspekcie erozji:

- kartograficzna prezentacja obszarów zagrożonych erozją brzegu i powodzią sztormowymi,
- wpływ działalności człowieka na zachowanie się i stabilność linii brzegowej,
- równowaga zysków i strat w zależności od przyjętego scenariusza rozwoju strefy brzegowej.

Te trzy rekomendacje-zadania zawierają w sobie pytania zadawane przez zarządzających strefą brzegową w ich codziennej pracy. Odpowiedzi na nie mają być wygenerowane przez system GIS tzw. produkty informacyjne, czyli innymi słowy analizy określające czynniki wpływające na stopień zagrożenia dla strefy brzegowej. Należą do nich:

- przewidywana lokalizacja linii brzegowej w przyszłości (w interwałach 5, 10, 25, 50 i 100 lat),
- identyfikacja obszarów zagrożonych wystąpieniem powodzi sztormowej dla różnego prawdopodobieństwa poziomu morza,
- ludność strefy brzegowej żyjąca w obszarze ryzyka,
- wartość ekonomiczna strefy brzegowej w obszarze ryzyka,
- wartość kulturowa strefy brzegowej w obszarze ryzyka,
- wartość ekologiczna strefy brzegowej w obszarze ryzyka.

Tak przygotowane analizy posłużą do opracowania, z pomocą systemu GIS, scenariuszy (modeli) rozwoju strefy brzegowej obszaru Gminy Rewal wraz z uwzględnieniem scenariusza braku jakichkolwiek działań antropogenicznych. Modele te będą poddane ocenie i ewaluacji przy użyciu koncepcji „Oceny wartości netto”. Metoda ta jest dobrym wskaźnikiem do oszacowania i porównywania ekonomicznej trwałości różnych modeli rozwoju obszaru przybrzeżnego w aspekcie jego erozji. Projekt MESSINA ma na celu zbadanie możliwości wprowadzenia tego typu oceny jako integralnego składnika systemu GIS dla wspierania zarządzania erozją brzegu (Szakowski i in., w druku).

W ramach podpisanej z Uniwersytetem w Aberdeen umowy „Socrates-Erasmus” w Zakładzie Teledetekcji i Kartografii Morskiej Uniwersytetu Szczecińskiego zrealizowana została praca badawcza mająca na celu ukazanie roli wizualizacji danych przestrzennych w multimedialnej kartografii i systemach informacji geograficznej dla potrzeb zarządzania strefą brzegową (Bojar i in., 2005). Na obszar badawczy, ze względu na dostępność danych przestrzennych wybrano estuarium rzeki Ythan, Szkocja. Do opracowania użyto szeregu różnych aplikacji: Erdas Imagine 8.5, Bryce 5, ArcView 3.3, DivX 5.1.1 Codec, Cartona 4.2 VRML Client. Przed realizującymi temat postawiono cztery zasadnicze zadania:

- utworzenie multimedialnego środowiska języka VRML z trójwymiarową wizualizacją krajobrazu,
- utworzenie przelotów oraz kartograficznych animacji z elementami dynamicznymi,
- zaprezentowanie możliwości wykorzystania internetu jako środowiska komputerowej dystrybucji wizualizacji danych przestrzennych w kartografii i GIS,
- przedstawienie różnych metod używanych do tworzenia animacji komputerowych w zależności od stosowanych pakietów oprogramowania.

W celu osiągnięcia założonych rezultatów dokonano przeglądu odpowiedniej literatury w zakresie środowiska strefy brzegowej, technik wizualizacyjnych, problemów kartografii multimedialnej, GIS i implementacji internetowej. Następnie wyselekcjonowano zestawy danych potrzebnych do wykonania zadania, na które składały się: mapy cyfrowe, dane rastrowe i wektorowe, numeryczny model terenu, mozaiki zdjęć lotniczych, cyfrowe dane geologiczne i biologiczne oraz zdjęcia naziemne. Dokonano także niezbędnych obserwacji i zdjęć w terenie. Kolejnym krokiem było odpowiednie cyfrowe przekształcenie obrazów, zmiana formatu zapisów, sprowadzenie do jednego odwzorowania, wyrównanie gamy kolorystycznej oraz odpowiednie ich przycięcie. Tak przygotowane mapy i obrazy zostały „naciągnięte” na numeryczne modele terenu i przygotowane do wizualizacji trójwymiarowej. W ostatnim etapie prac utworzono środowisko multimedialne używając różnych metod wizualizacji danych przestrzennych. Po pierwsze dane dwuwymiarowe służące do stworzenia obrazu wirtualnego świata zapisano w formacie HTML, aby można je było odczytać w przeglądarce internetowej. Po drugie za pomocą modelu VRML przelotów i animacji utworzono środowisko multimedialne z trójwymiarową wizualizacją krajobrazu. Dodatkowo utworzono niewielki projekt w ArcView GIS 3.3 dla prezentacji map połączonych z fotografiami naziemnymi. W rezultacie otrzymano rzeczywisty i jednocześnie nowoczesny obraz estuarium rzeki Ythan wraz z możliwością modelowania rezultatów zmian zachodzących w jego środowisku naturalnym. Opracowano multimedialny system informacyjny, który może być używany w atrakcyjny i łatwy do obsługi sposób zarówno w trybie on-line przez internet, jak i off-line na lokalnym komputerze. W niedalekiej przyszłości systemy geoinformacyjne tego typu powinny zapewniać dostęp do multimedialnej wirtualnej bazy danych nie tylko naukowcom wykonującym analizy i badania, ale także społeczności obszarów nadmorskich.

Opisane powyżej zastosowania geoinformacji w analizie morskiej strefy brzegowej przeprowadzone w Zakładzie Teledetekcji i Kartografii Morskiej zostały wybrane ze znacznie szerszego spektrum zadań realizowanych w ramach projektów międzynarodowych, krajowych, badań statutowych oraz własnych. Współpraca zagraniczna w ramach programu Socrates Erasmus, polegająca na wymianie studentów i nauczycieli akademickich, umożliwiła wymianę i zdobywanie doświadczeń oraz uczestnictwo w projektach międzynarodowych związanych z morską strefą brzegową.

Literatura

- Benedyczak R., 2002: Baza danych GIS strefy brzegowej dla odcinka Dziwnów–Dziwnówek. Praca magisterska w Zakładzie Teledetekcji i Kartografii Morskiej, Instytut Nauk o Morzu, Uniwersytet Szczeciński.
- Bojar K., Szakowski I., Furmańczyk K., 2005: Rola multimedialnej kartografii i GIS w zarządzaniu strefą brzegową, *Roczniki Geomatyki* t. III, z. 4. PTIP Warszawa.
- Dudzińska-Nowak J., Furmańczyk K., 2005: Wykorzystanie historycznych zdjęć lotniczych do analizy zmian brzegu na przykładzie fragmentu wybrzeża Zatoki Pomorskiej, *Roczniki Geomatyki* t. III, z. 4. PTIP Warszawa.

- Furmańczyk K., 1994: Współczesny rozwój strefy brzegowej morza bezpływowego w świetle badań teledetekcyjnych południowych wybrzeży Bałtyku. Wyd. Uniwersytetu Szczecińskiego, *Rozprawy i Studia*, t. 161.
- Furmańczyk K., Musielak S., 2002: Important Features of Coastline Dynamics in Poland: „Nodal Points” and „Gates”. *Baltic Coastal Ecosystems – Structure, Function and Coastal Zone Management*, Eds. Gerald Schernewski, Ulrich Schiewer. Wydawnictwo Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York.
- Kubicki A., 2003: Model 3D krajobrazu strefy brzegowej. Praca magisterska w Zakładzie Teledetekcji i Kartografii Morskiej, Instytut Nauk o Morzu, Uniwersytet Szczeciński.
- Łęcka A., Furmańczyk K., 2005: Wizualizacja trójwymiarowa w badaniach strefy brzegowej na przykładzie obliczeń objętości materiału erodowanego i akumulowanego na brzegu morskim, *Roczniki Geomatyki* t. III, z. 4. PTIP Warszawa.
- Schwarzer K., Diesing M., Larson M., Niedermeyer R.O., Schumacher W., Furmańczyk K., 2003: Coastline evolution at different time scales – examples from the Pomeranian Bight, Southern Baltic Sea. *Marine Geology*, Volume 194, Issues 1-2.
- Schwarzer K., Furmańczyk K., Czerniak P., Kubicki A., 2003: Formation of gates in Nearshore Areas of the Southern Baltic Sea. *Puglia 2003 – Final Conference Quaternary Coastal Morphology and Sea Level Changes*, Project IGCP 437. GIS Coast, Research Publication, 4, 2003.
- Szakowski I., Benedyczak R., Furmańczyk K., 2005: System informacji geograficznej dla wspierania zarządzania erozją brzegu dla wybrzeża Gminy Rewal, w druku.
- Szakowski I., Benedyczak R., Furmańczyk K., 2005: Zastosowanie geomatyki w zintegrowanym zarządzaniu obszarami przybrzeżnymi. *Roczniki Geomatyki* t. III, z. 4. PTIP Warszawa.
- Terefenko P., Boski T., Furmańczyk K., Mazurkiewicz A., 2005: Stosowanie GIS oraz modelowania trójwymiarowego w badaniach geologicznych strefy brzegowej, *Roczniki Geomatyki* t. III, z. 4. PTIP Warszawa.
- Terefenko P., Furmańczyk K., 2005: Wykorzystanie GIS w badaniach zmian krajobrazu, *Roczniki Geomatyki* t. III, z. 4. PTIP Warszawa.
- Wochna S., 2001: Prognozowanie zagrożeń powodzią sztormową rejonu Świnoujścia z wykorzystaniem numerycznego modelu terenu. Praca magisterska w Zakładzie Teledetekcji i Kartografii Morskiej, Instytut Nauk o Morzu, Uniwersytet Szczeciński.

Summary

The Laboratory of Remote Sensing and Marine Cartography is a part of the Faculty of Natural Sciences at the University of Szczecin and it was established in 1985. In the present organizational structure and under this name it has existed since 1992. Research activity of the Laboratory is focused on:

- *Remote sensing analysis of coastal zone morphodynamics*
- *Analysis of coastal zone circulation systems with the use of aerial photographs and satellite images*
- *Remote sensing analysis of southern Baltic surface streams*
- *Issues of coastal zone GIS implementation to coastal zone management*
- *Cartography and GIS on the web*
- *Elements of thematic marine cartography*
- *Methods of cartographic presentation of dynamic phenomena*

This paper presents some of the most important projects undertaken by the Laboratory.

dr hab. Kazimierz Furmańczyk, prof. US
kaz@sus.univ.szczecin.pl
tel./fax (091) 444 16 00