INFRASTRUKTURA I EKOLOGIA TERENÓW WIEJSKICH
INFRASTRUCTURE AND ECOLOGY OF RURAL AREAS

Nr 1/III/2012, POLSKA AKADEMIA NAUK, Oddział w Krakowie, s. 151–164
Komisja Technicznej Infrastruktury Wsi

Tomasz Oberski, Aleksander Zarnowski

POZYSKIWANIE NATURALNYCH ZBIORNIKÓW WODNYCH NA PODSTAWIE NUMERYCZNEGO MODELU RZEŹBY TERENU I NARZĘDZI GIS

THE METHOD OF GAINING NATURAL WATER BASINS USING DIGITAL TERRAIN MODEL AND GIS TOOLS

Streszczenie

Ochrona wód i gruntów, ekosystemów lądowych i terenów podmokłych zależnych od wody, które oceniano wszędzie jako dobro narodowe, nakazuje wprowadzenie obowiązku zrównoważonego gospodarowania ich zasobami, między innymi poprzez zapobieganie degradacji i ochronę przed pogarszaniem się ich stanu. Prowadzenie badań miało na celu ocenę możliwości wykorzystania nowoczesnych danych geoprzestrzennych w postaci NMT, zdjęć lotniczych i obrazów cyfrowych i ich wizualizacji za pomocą narzędzi GIS do pozyskiwania naturalnych zbiorników wód powierzchniowych i obszarów zagrożonych podtopieniem z uwzględnieniem ich zanieczyszczenia związanego z powierzchniowymi oraz gruntowymi spływami wód w tym z terenów rolnych. Badania prowadzono na obiekcie w granicach miasta Koszalina w terenie typowym dla zabudowy miejskiej i podmiejskiej. Wyniki badań pokazują, że opracowane metody są bardziej efektywne ekonomiczne i mniej pracochłonne w porównaniu z tradycyjnymi oraz charakteryzują się wysoką dokładnością wyznaczania granic obszarów.

Słowa kluczowe: NMT, GIS, ochrona wód, ochrona gruntów, naturalne zbiorniki wodne

Summary

Protection of water and land, terrestrial ecosystems and wetlands depend on water which are regarded as a national treasure, requires the establishment the sustainable management of resources, including preventing degradation and

protection against the deterioration of their condition. The research are aimed at evaluating the possibility of using modern geospatial data such as DTM, aerial photography and digital images and their visualizations using GIS tools to acquire natural surface water, areas at risk of flooding and pollution associated with ground water and surface runoff including agricultural land. The study was conducted within the city of Koszalin in the typical urban and suburban development. The results show that the developed methods are more cost effective and less labor intensive than traditional, and characterized by high accuracy of determining the boundaries of areas.

Key words: *DTM, GIS, water protection, land protection, natural water reservoirs*

WSTĘP

W świecie otaczającym człowieka nieustannie zachodzą różne zjawiska przyrodnicze. Część z nich ma charakter losowy bądź jest wynikiem nie dających się jednoznacznie określić czynników np. zmienna pogoda, klęski żywiołowe, zjawiska społeczne. Jednak wiele zjawisk, z którymi spotykamy się na co dzień można sklasyfikować jako przewidywalne i określić ich przyczynę powstania, skalę, przebieg oraz skutki.

Ukształtowanie rzeźby terenu ma podstawowy wpływ na zjawiska przyrodnicze zachodzące na powierzchni Ziemi. W takich dziedzinach jak melioracja i gospodarka wodna, hydrogeologia, rolnictwo, budownictwo i inne , potrzebne są precyzyjne badania charakterystyki powierzchni topograficznej i ich wpływu na podejmowane decyzje.

Podstawowymi źródłami informacji o ukształtowaniu terenu są pomiary terenowe. W celach planistycznych korzysta się z map topograficznych w różnych skalach. Oba sposoby obarczone są pewnymi niedoskonałościami. Pomiary terenowe, w wyniku których otrzymujemy precyzyjne dane są kosztowne. Mapy topograficzne umożliwiają szersze spojrzenie na teren, jednak w większości wypadków zawarte na nich informacje posiadają charakter archiwalny ponieważ aktualizacja materiału map dotyczy głównie treści topograficznej.

Obecnie ze względu na szybki rozwój technologii informatycznych powstają nowe produkty ,umożliwiające inny rodzaj analizy czynników wpływających na zjawiska przyrodnicze. Numeryczny model rzeźby terenu (NMRT – ang. Digital Elevation Model) daje nieporównywalne możliwości prowadzenia analiz powierzchni topograficznej i symulacje wielu zjawisk przyrodniczych [Li i in.2005]. Cechą charakterystyczną metod opartych na analizie danych przestrzennych jest ich powtarzalność, weryfikowalność oraz minimalizacja niezbędnych pomiarów terenowych [Kozioł 2009]. Możliwości analizy numerycznej takich danych stwarzają warunki do sprawdzania nowych koncepcji, tworzenia modeli i symulowania zjawisk ekstremalnych.

Dyrektywa 2000/60/WE (Ramowa Dyrektywa Wodna) Parlamentu Europejskiego i Rady Europy (23.10.2000) traktuje wodę jako dobro narodowe i nakazuje wprowadzenie obowiązku zrównoważonego gospodarowania jej zasobami, między innymi poprzez:

– zapobieganie degradacji,
– poprawę stanu zasobów wodnych,
– ochronę przed pogarszaniem się stanu wód, ekosystemów wodnych oraz ekosystemów lądowych i terenów podmokłych zależnych od wody,
– wyrabianie odpowiednich postaw społecznych, sprzyjających zrównoważonemu korzystaniu z wód.

Celem prowadzenia badań była ocena możliwości wykorzystania NMRT, narzędzi GIS, zdjęć lotniczych i obrazów cyfrowych do pozyskiwania naturalnych zbiorników wód powierzchniowych, obszarów zagrożonych podtopieniem i ich zanieczyszczeniem związanym z powierzchniowymi oraz gruntowymi spływami wód w tym z terenów rolnych.

PROBLEM BADAWCZY I WYBÓR OBIEKTU

Wprowadzenie obowiązku zrównoważonego gospodarowania zasobami wodnymi przez Dyrektywę 2000/60/WE inicjuje prowadzenie badań w szerokim zakresie, między innymi ochronę przed pogarszaniem się ekosystemów lądowych i terenów podmokłych zależnych od wody. Ten problem jest również ściśle związany z zanieczyszczeniami gleb i gruntów. Jest to skutek akumulacji w terenach podmokłych zanieczyszczeń pochodzących z użytych w nadmiarze nawozów mineralnych i organicznych, jak również pestycydów i innych środków ochrony roślin. W tych wodach i obszarach spotykane są następujące charakterystyczne ,bardzo szkodliwe zabrudzenia:

– związki organiczne - pestycydy, detergenty,
– metale ciężkie - ołów (Pb), miedź (Cu), rtęć (Hg), kadm (Cd), arsen (As) i inne,
– sole - azotany, siarczany, chlorki.

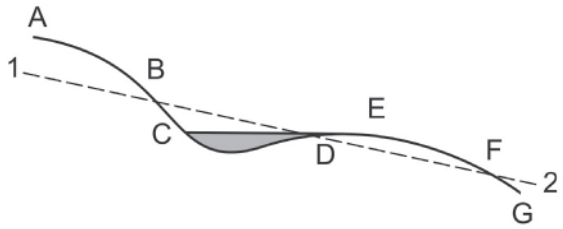
Geneza powstania i rozwoju terenów zagrożonych zanieczyszczeniem związana jest:

– ze spływem powierzchniowym wód w cyklu hydrologicznym [Younger 2007],
– wodami zaskórnymi [Mielcarzewicz 1970],
– wodami podziemnymi, które przy pochyłej warstwie nieprzepuszczalnej występują w postaci strumienia płynącej wody, znajdującej ujście w postaci źródeł lub sap na wychodni tej warstwy na powierzchnię gruntu [Mielcarzewicz 1970].

Wielkość sumaryczna spływu powierzchniowego równa się sumie opadów atmosferycznych (deszczowe i śnieżne), z uwzględnieniem zatrzymania po-

wierzchniowych wód i infiltracji. Spływ powierzchniowy zależy od intensywności i rozkładu opadów, przepuszczalności i początkowej wilgotności gruntu, czasu trwania opadów, rodzaju pokrycia roślinnością, charakteru drenażu, głębokości wód gruntowych i nachylenia powierzchni [Hiscock 2005]. Im mniejszy obszar rozpatrujemy, tym większą rolę w odpływie odgrywa spływ powierzchniowy [Mioduszewski 1999]. Schemat powstania zbiornika naturalnego wody, związanego z ukształtowaniem rzeźby terenu pokazano na rys. 1
gdzie:

ABC…..G – powierzchnia topograficzna,
1-2 – płaszczyzna nachylenia terenu,
E – najwyższy punkt zapory naturalnej,
CE – lustro zbiornika.



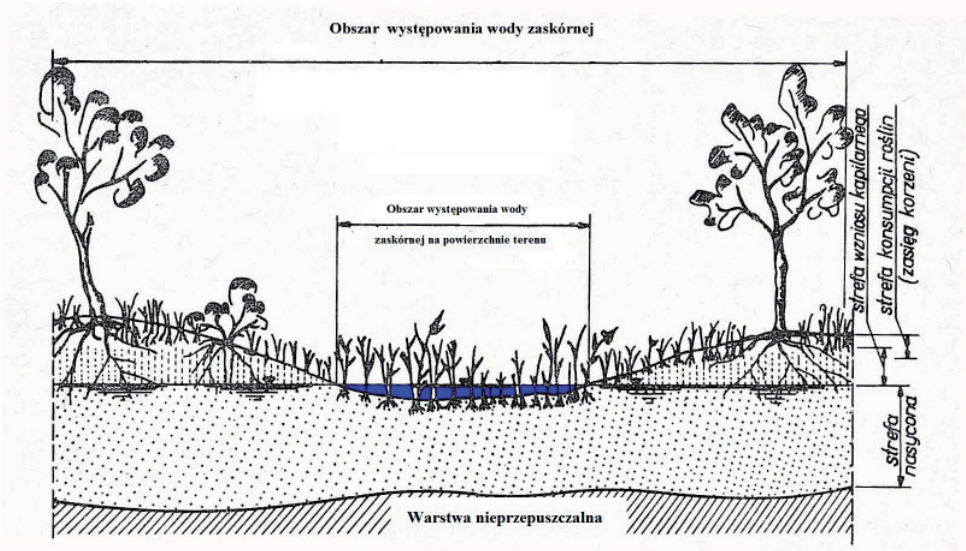
Źródło: opracowanie własne.

Rysunek 1. Schemat powstania zbiorników naturalnych wód powierzchniowych
Figure 1. Scheme of creation natural surface water reservoirs

Kolejnym czynnikiem wpływającym na powstawanie zabagnień i zanieczyszczeń gleb są wody zaskórne. Są to wody występujące w strefie nasycenia tak zbliżonej do powierzchni ziemi, że położony ponad nią obszar wzniosu kapilarnego łączy się z obszarem bezpośredniego parowania wody z gruntu i konsumpcji roślin, albo osiąga powierzchnię ziemi. Wody zaskórne najczęściej są zbiornikami wód stojących, zasilanych prawie wyłącznie przez wsiąkanie opadów atmosferycznych [Mioduszewski 1999]. Podniesienie się zwierciadła wody do powierzchni ziemi jest równoznaczne z zabagnieniem terenu.

Schemat powstawania obszaru występowania wody zaskórnej pokazano na rys. 2.

Zalegające płytko warstwy podtrzymujące wodę zaskórną są zazwyczaj ukształtowane podobnie do płaskiej powierzchni ziemi, toteż spadki wystarczające dla ruchu wody na powierzchni są z reguły za małe dla pokonania oporów przy ruchu wody podziemnej. Woda zaskórna wykazuje znaczne zanieczyszczenie produktami rozkładu organicznego, drobnoustrojami, często bywa zakwaszona kwasami humusowymi i silnie zażelaziona.



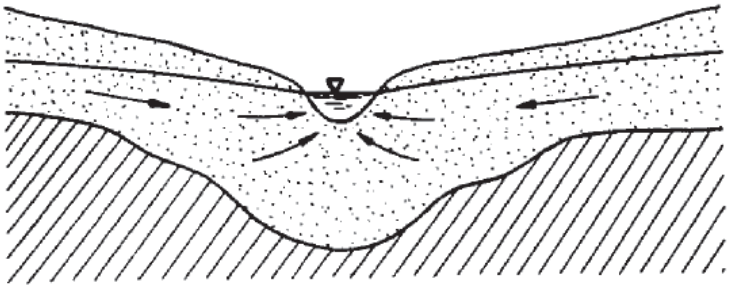
Źródło: Melioracje miejskie i przemysłowe, Mielcarzewicz 1970.

Rysunek 2. Naturalne zbiorniki wody zaskórnej i zabagnienia (zagłębienia bezodpływowe)
Figure 2. The natural ground water reservoirs and swamps (outflow cavities)

Jeszcze innym źródłem powstawania zbiorników naturalnych i zabagnień mogą być wody podziemne, które nawet przy poziomym układzie warstw nieprzepuszczalnych są zazwyczaj w ruchu. Jak zauważono [Mioduszewski 1999] , przy pochyłej warstwie nieprzepuszczalnej powstaje strumień płynącej wody, przy czym może on być zgodny z kierunkiem spływu powierzchniowego , albo może być zupełnie od niego niezależny. Woda znajduje ujście w postaci źródeł lub sap w miejscach, gdzie warstwa ta dochodzi do powierzchni gruntu, albo podwodnie zasila zbiorowiska wód powierzchniowych, lub też trafiwszy na warstwy wodonośne idące w głąb zasila wody zalegające na większych głębokościach.

Problem badawczy polega na skutecznym pozyskiwaniu za pomocą nowoczesnych danych cyfrowych, narzędzi GIS, i opracowanego własnego oprogramowania lokalizacji obszarów zagrożonych zanieczyszczeniem oraz ich dokładnego zbadania w celu rekultywacji i efektywnego wykorzystania.

Ogólną metodę prowadzenia badań można określić jako „od ogółów do szczegółów”.



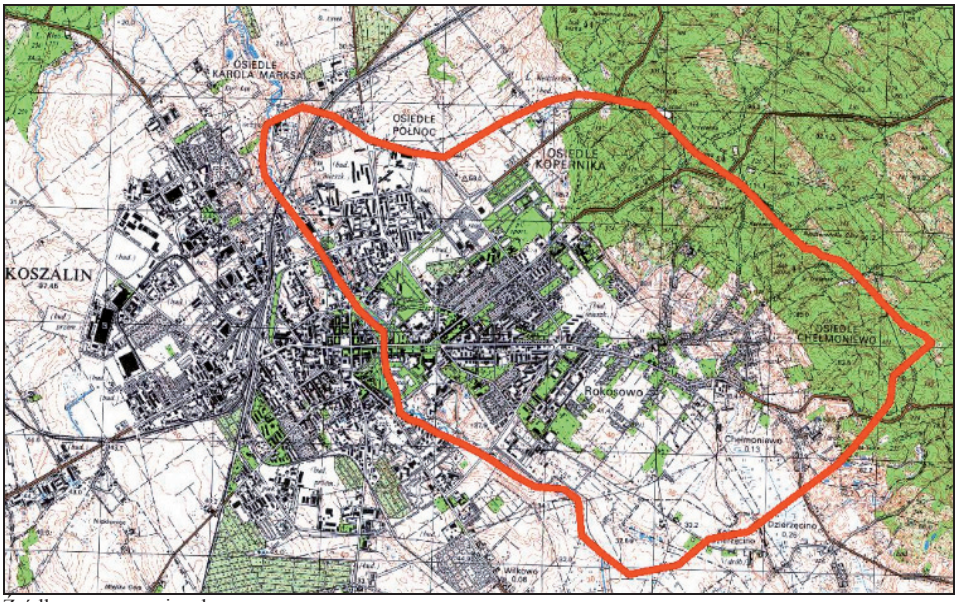
Źródło: Melioracje miejskie i przemysłowe, Mielcarzewicz 1970.

Rysunek 3. Powstanie terenów podmokłych i zbiorników wodnych w postaci źródeł
Figure 3. The creation of wetlands and water reservoirs as sources

Badania prowadzono w następującej kolejności:

– Wybór obiektu badań i pozyskiwanie materiałów kartograficznych, zdjęć lotniczych, obrazów cyfrowych, NMRT, ortofotomap.
– Sprawdzanie dokładności NMRT i przekształcenie ich do opracowanego schematu organizacji punktów oparcia.
– Opracowanie algorytmów i programów niezbędnych do wykonania zadań.
– Pozyskiwanie ogólnej płaszczyzny nachylenia badanego obiektu.
– Pozyskanie ujemnych wysokości terenu względem płaszczyzny nachylenia i ich prezentacja w środowisku GIS.
– Pozyskanie naturalnych zapór wód powierzchniowych na podstawie analiz makro- i mikro rzeźby terenu.
– Pozyskanie zbiorników wody zaskórnej na terenach płaskich.
– Sprawdzanie terenowe uzyskanych naturalnych zbiorników wód.

Obiekt badań zlokalizowany jest we wschodniej części miasta Koszalina i obejmuje tereny zabudowane na granicy miasta, obszary rolnicze i leśne. Swoim zasięgiem obejmuje południowo-zachodnią część wału morenowego Góry Chełmskiej zawierającego tereny zalesione, obszary zabudowane oraz łąki. Góra Chełmska rozdziela Równinę Słupską od Równiny Białogardzkiej, a jej część wchodzi w skład obszaru miasta Koszalin. Od strony północno wschodniej granica obszaru testowego położona jest na grzbiecie pasma Góry Chełmskiej, natomiast od strony południowo zachodniej granicą jest rzeka Dzierżęcinka. Różnice wysokości w badanym obszarze wynoszą od około 16 m n.p.m. do około 136 m n.p.m. Powierzchnia obszaru wynosi 1429,8 ha, a rozmiar około 4 km na 6 km.



Źródło: opracowanie własne.

Rysunek 4. Obiekt badań
Figure 4. The object of research

Przy wyborze obiektu badań wykorzystano mapę topograficzną w skali 1: 25000 z cięciem warstwicowym 1,25 m, barwne zdjęcia lotnicze w skali 1: 26 000 i obrazy cyfrowe w skali 1: 8 000. Teren charakteryzuje się ogólnych nachyleniem w kierunku południowo-zachodnim. Ukształtowanie rzeźby terenu jest typowe dla form morenowych. Na obszarze porośniętym lasem zachowały się pofałdowania terenu z grzbietami o wyraźnie zaakcentowanym kierunku spadu zgodnym z ogólnym spadkiem terenu. W części niezalesionej spadek terenu jest mniejszy, a rzeźba terenu mniej pofałdowana. W obszarze zabudowy mikro rzeźba terenu została zmodyfikowana w wyniku procesów inwestycyjnych.

CHARAKTERYSTYKA NUMERYCZNEGO MODELU RZEŹBY TERENU I NARZĘDZIA GIS

Numeryczny model rzeźby terenu wykorzystywany jest w Regionalnych Zarządach Gospodarki Wodnej (RZGW) w celu gromadzenia, przetwarzania i udostępniania informacji związanych z ochroną przeciwpowodziową. Na podstawie danych z IMGW, modeli hydraulicznych oraz numerycznych modeli generowane są granice stref zagrożenia powodziowego [Hejmanowska 2007].

NMRT wykorzystywano do modelowania hydrologicznych i erozyjnych procesów [Bundela 2004], dla wyznaczenia przebiegu granic wysokościowych pięter roślinnych [Kozioł 2009].

Pod względem większego stopnia formalizacji NMRT przy prowadzeniu powyższych badań, zdefiniujemy jako zbiór danych o punktach powierzchni topograficznej wraz z danymi logicznymi o strukturze ich organizacji (metadane) oraz metodą jednoznacznego obliczenia wysokości dowolnych punktów w obszarze modelowania o wymaganej i wystarczającej dokładności. Dla oceny dokładności NMRT potrzebne są punkty kontrolne, których współrzędne i wysokości wyznacza się w sposób niezależny od pomiarów punktów wykorzystywanych do budowy modeli.

Uzyskanie odpowiedniej dokładności modelowania rzeźby terenu zależne od długości boków siatki dla modelu w postaci siatki kwadratów ustalono na podstawie zależności:

$$F_x = F_y = \sqrt{m_z \cdot 8R \cdot cos^3 \upsilon} \tag{1}$$

Źródło: Digital Terrain Modeling. Principles and Methodology, Li, Zhu, Gold, 2005.

gdzie:

m_z – dokładność wyznaczania wysokości punktów w obszarze modelowania,

R – minimalny promień krzywizny powierzchni topograficznej w obszarze modelowania.

υ – maksymalny kąt nachylenia terenu.

Dla wybranego obiektu badań R w obszarze z najbardziej złożoną rzeźbą terenu wynosi około 100 m, m_Z=1,0 m, ν=2°.

Obliczona na podstawie wzoru (1) długość boku siatki kwadratów wynosi ≈ 28 m.

Do wykonania zadania wykorzystano NMRT uzyskany z Bazy Danych Topograficznych (TBD). Jest to model regularny z bokiem siatki 25 m, uzupełniony o pozyskane metodą fotogrametryczną linie nieciągłości oraz powierzchnie planarne. Na obszarach wyłączonych z opracowania fotogrametrycznego dane pozyskano z istniejących map topograficznych lub innych źródeł, które stają się podstawą budowy numerycznego modelu rzeźby terenu. Uzyskany na podstawie tych danych NMRT tworzy warstwę informacyjną spełniającą następujące wymagania dokładnościowe [Wytyczne TBD_ver1.0 - uzupełniona_ Czesc2_ Specyfikacja_danych]:

– dla terenów odkrytych o nachyleniu mniejszym niż 6° średni błąd interpolacji wysokości dowolnego punktu w obszarze modelowania wynosi m_h = 1,0 m.

– dokładność lokalizacji punktów ekstremum i linii szkieletowych wchodzących w skład danych uzupełniających oraz stopień ich generalizacji nie

mogą być gorsze od poziomu wymaganego przy konwencjonalnej edycji mapy topograficznej w skali 1:10 000.

Dla wybranego obszaru dane zawarte w TBD powstały w wyniku dostosowania NMRT opracowanego na podstawie zdjęć lotniczych w skali 1:26 0000, wykonanych w ramach projektu PHARE w kwietniu 2004 roku. Pomiar punktów oparcia NMRT został wykonany metodą automatyczną na fotogrametrycznej stacji cyfrowej Socet Set. Wygenerowany automatyczne NMRT został poddany stereoskopowej edycji polegającej na wyeliminowaniu błędnych wysokości punktów oparcia (drzewa, budynki itp.) i wzbogacony o linie strukturalne rzeźby terenu jak krawędzie skarp, linie grzbietowe, ciekowe, o obszary wyłączeń w miejscach zwartego drzewostanu oraz obszary planarne.

Do utworzenia modelu wykorzystano dane w postaci plików ASCII. Są to dane w postaci ciągów współrzędnych punktów oraz wierzchołków linii zapisane w sześciu modułach (punkty powierzchni topograficznej, punkty pozyskiwane z pomiarów terenowych, punkty na warstwicach oraz linie strukturalne, linie wyznaczające zasięgi obszarów planarnych i granice obszarów wyłączonych).

Na potrzeby eksperymentu z danych pomiarowych utworzony został model systemem trójkątów. Po dokonaniu wstępnej weryfikacji wizualnej modelu w oprogramowaniu ESRI ArcScene został on przekonwertowany do modelu w postaci siatki kwadratów z bokiem 25 m (mniejszym od obliczonego ze wzoru 1).

Dane o strukturze organizacji (dane logiczne lub metadane):

$$Xo, Yo, n, m, Fx, Fy \tag{2}$$

gdzie:

Xo, Yo – współrzędne punktu początkowego siatki (Xo=315875, Yo=704690),

n, m – liczba prostokątów po osi Y oraz X (n =168, m= 244),

Fx, Fy – długość boków siatki (Fx, Fy=25 m).

W niektórych przypadkach przy nieregularnych granicach obiektu i wyłączanych fragmentach NMRT w obszarze modelowania, w macierze zamiast wysokości punktów mogą być wpisane kody (-999). Kody uwzględnione są przy prowadzeniu obliczeń i modelowaniu.

W celu dodatkowego sprawdzania prawidłowości uzyskanego NMRT za pomocą oprogramowania Esri ArcScene opracowano dwa przekroje w kierunku zachód-wschód. Następnie przy użyciu oprogramowania Esri ArcMap oba przekroje wyświetlono na tle mapy topograficznej. Korzystając z możliwości superpozycji obu warstw porównano wysokości charakterystycznych punktów terenu z rzeźbą terenu na mapie topograficznej w skali 1:10000 z cięciem warstwicowym 1,25 m. W wyniku tej analizy stwierdzono, że odchylenia wysokości punktów ekstremum uzyskanych z mapy i na podstawie NMRT nie przekraczają cięcia warstwicowego, a uzyskany model może zostać wykorzystany do przeprowadzenia eksperymentu badawczego.

POZYSKIWANIE ZBIORNIKÓW WODY ZASKÓRNEJ I ZABAGNIEŃ

W pierwszym etapie pozyskano mapy topograficzne w skali 1:25000, mapy 1:10000 w standardzie TBD, archiwalne zdjęcia lotnicze w skali 1:26000, aktualne obrazy cyfrowe w skali 1:8 000 oraz NMRT w standardzie TBD. Materiały te gromadzone są w zasobie Państwowej Służby Geodezyjnej, udostępniane przez CODGiK i WODGiK. Dodatkowo pomocną okazała się ortofotomapa udostępniana w serwisie Geoportal.

Mapy topograficzne posłużyły jako źródło wyznaczenia granic obszaru testowego charakteryzującego się zróżnicowaną strukturą zagospodarowania, charakterystyczną dla terenów miejskich i podmiejskich. Korzystając z warstwic oszacowano wstępnie różnice wysokości w obrębie wyznaczonego obszaru jego kierunek spadku oraz stopień nachylenia. Następnie dokonano porównania dostępnych zdjęć lotniczych i aktualnych obrazów cyfrowych z treścią map topograficznych. Okazało się, że na wybranym obszarze nie było istotnych zmian w zagospodarowaniu terenu dzięki czemu warunki tam panujące można było uznać za ustabilizowane.

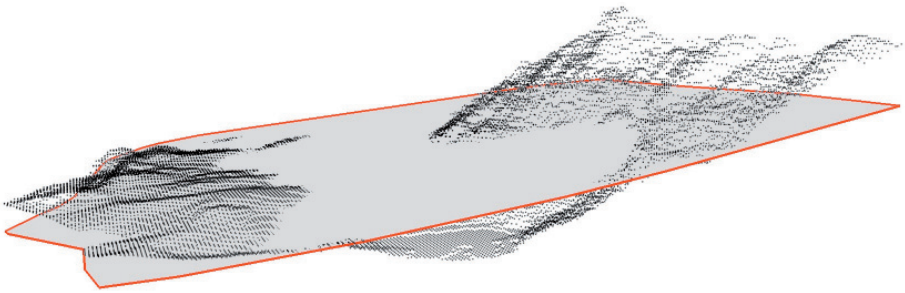
W kolejnym etapie prac dostosowano dostępny NMRT do postaci umożliwiającej przeprowadzenie eksperymentu. W celu pozyskiwania położenia zbiorników wody zaskórnej i zabagnienia na obszarze badawczym bierzemy pod uwagę fakt, że kierunek spływu powierzchniowego zależy od ogólnego pochylenia terenu. Dlatego w pierwszym etapie na podstawie NMRT pozyskano płaszczyznę aproksymacyjną powierzchni topograficznej (płaszczyznę nachylenia), którą opisuje się w postaci ogólnej równaniem:

$$Z_i = Ax_i + By_i + C \tag{3}$$

Do wyznaczania równania ogólnej płaszczyzny wykorzystano zbiór punktów NMRT. Obliczenia przeprowadzono w darmowym oprogramowaniu Octave umożliwiającym tworzenie skryptów automatyzujących obliczenia. Wartości współczynników obliczonych z wykorzystaniem MNK przedstawiają się następująco: A = 0.01479, B = 0.01703, C = -16693.4. Azymut linii największego spadku wynosi około 50°.

Wysokości punktów NMRT wyznaczano względem płaszczyzny odniesienia przyjętej dla opracowanej mapy. Jednak w celu zlokalizowania miejsc potencjalnie narażonych na występowanie zabagnień związanych z lokalnymi ekstremami rzeźby terenu efektywnym rozwiązaniem jest analiza różnic wysokości terenu względem płaszczyzny aproksymacyjnej.

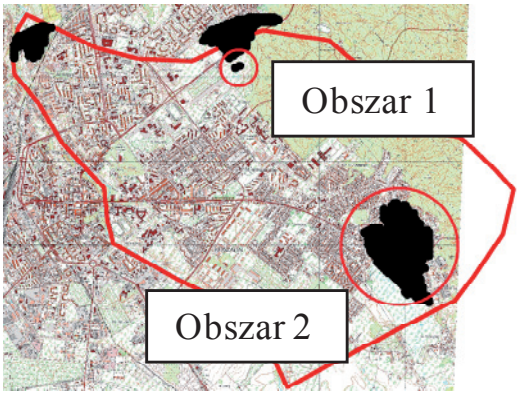
Korzystając z obliczonych współczynników określono różnicę wysokości punktów NMTR według położenia płaszczyzny. W oparciu o punkty płaszczyzny ogólnej utworzono obiekt graficzny typu region przedstawiający obraz płaszczyzny ogólnej (rys.5), który wykorzystano do ogólnej oceny terenu pod względem możliwości powstania naturalnych zbiorników wodnych.



Źródło: opracowanie własne.

Rysunek 5. Wizualizacja uzyskanej płaszczyzny nachylenia terenu i punktów NMRT
Figure 5. Visualization of the approximate slope surface and DTM points

Korzystając z analizy atrybutowej wyznaczono miejsca w których wartość obliczonej wysokości jest najniższa. Miejsca te są potencjalnie narażone na gromadzenie się wód spływowych lub wypływania wód podskórnych. Lokalizację takich obszarów pokazano na rysunku 6.



Źródło: opracowanie własne.

Rysunek 6. Zaznaczone miejsca narażone na gromadzenie się wód
Figure 6. Selected places exposed to the accumulation of water

W następnym kroku sprawdzono wyznaczone obszary z uwzględnieniem analizy zmodyfikowanych wysokości modelu. Do pozyskania obszarów bez występujących przeszkód na stoku powierzchniowym wzdłuż kierunku największego spadku wykorzystano nierówność:

$$Z_{i,j} > Z_{i+1,j} > Z_{i+2,j}$$
$$(i = 1,2,3,...m-1) \tag{4}$$
$$(j = 1,2,3,...,n)$$

Pozyskiwanie zapór naturalnych wykonano na podstawie nierówności:

$$(Z_{i,j} > Z_{i+1,j}) AND (Z_{i+1,j} < Z_{i+2,j}) AND (\left| Z_{i+1,j} - Z_{i+2,j} \right|) > m_D \tag{5}$$

gdzie:

mD – dokładność modelowania powierzchni topograficznej.

Wyznaczone miejsca (Obszar1 i Obszar2) poddano weryfikacji w terenie. W obu obszarach występują lokalne miejsca podatne na gromadzenie się wody. Pierwszy obszar (Obszar1) jest częściowo odwodniony rowami melioracyjnymi co sprawia, że teren nie jest całkiem zalany wodą ale wyróżnia się występowaniem roślinności krzaczastej zlokalizowanej w lekkim zagłębieniu terenu (zdj.1).

Źródło: opracowanie własne.

Zdjęcie 1. Zdjęcie Obszaru1
Photo 1. Photography of Obszar1

WNIOSKI

W wyniku badań opracowano metodę analizy terenu do pozyskiwania naturalnych zbiorników wód powierzchniowych, obszarów zagrożonych podtopieniem i ich zanieczyszczeniem związanym z powierzchniowymi oraz gruntowymi spływami wód. Utworzono oprogramowanie i wykonano prace eksperymentalne dla wybranego obszaru. Opracowane metody w porównaniu z tradycyjnymi są mniej pracochłonne, bardziej efektywne ekonomiczne i charakteryzują się wysoką dokładnością wyznaczania granic obszarów.

Zaplanowano dalsze prowadzenie badań w celu opracowania wielkoskalowych map dla takich obszarów oraz wykonanie analiz wód i gleb w celu optymalizacji ich użytkowania przez rekultywację i meliorację.

BIBLIOGRAFIA

Bundela D.S. Influence of Digital Elevation Models Derived from Remote Sensing on Spatio-Temporal Modelling of Hydrologic and Erosion Processes National Soil Resources Institute PhD Thesis 2004, Cranfield, UK 2007

Hejmanowska B. Analiza NMT w postaci GRID i TIN na przykładzie danych z OKI, Archiwum Fotogra-metrii, Kartografii i Teledetekcji, Vol. 17a, Warszawa 2007, s. 281-289

Hiscock K. Hydrogeology, Principles and Practice, Blackwell Publishing, Malden, USA, Oxford, UK 2005, s. 389

Jarosiewicz A. Proces samooczyszczania w ekosystemach rzecznych. Słupskie Prace Biologiczne, 4, Słupsk 2007

Kozioł K. Zastosowanie wybranych atrybutów nmt w przybliżonym określeniu granic wysokościowych pięter roślinnych na przykładzie nadleśnictwa Piwniczna Archiwum Fotogrametrii Kartografii i Telede-tekcji, Vol. 20, Warszawa 2009, s. 215-226

Li Z., Zhu Q., Gold C., Digital Terrain Modeling. Principles and Methodology. CRC Press. London, UK 2005

Mielcarzewicz E. Melioracje miejskie i przemysłowe, Warszawa-Wrocław 1970

Mioduszewski W. Ochrona i kształtowanie zasobów wodnych krajobrazie rolniczym, Wyd. IMUZ, Falenty1999.

Nita J. Wykorzystanie modeli numerycznych powierzchni terenu i zdjęć lotniczych w ocenie form morfo-logicznych dla potrzeb waloryzacji krajobrazu. Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji, Vol. 12a, Warszawa 2002, s. 275–281.

RDW 2000. Directive 2000/60/EC of the European Parliament and the Council. EN 23.10.2000.

Younger P. Groundwater in the environment: an introduction. Blackwell Publishing, Malden, USA, Ox-ford, UK. 2007, s. 297

Rzeszewski M., Jasiewicz J. Konstrukcja cyfrowych modeli rzeźby na obszarach problemowych w strefie wybrzeża." [W:] Holoceńskie przemiany wybrzeży i wód południowego Bałtyku – przyczyny, uwarun-kowania i skutki. Rotnicki K., Jasiewicz J., Woszczyk, M. (red.), Poznań 2008, s 113-118.

Wytyczne TBD_ver1.0 - uzupełniona_ Czesc2_ Specyfikacja_danych, http://www.gugik.gov.pl /__data/assets/file/0015/25152/1055_wytyczne_tbd_2008_uzupełnione.zip [dostęp: 20.12.2012]

http://www.zanieczyszczeniegleby.wiedza.radom.pl/ [dostęp: 20.12.2011]

Mgr inż. Tomasz Oberski
Dr hab. inż. Aleksander Zarnowski, prof PK
Katedra Geoinformatyki,
Politechnika Koszalińska
ul. Śniadeckich 2
75-453 Koszalin.
tomasz.oberski@tu.koszalin.pl
azarnowski@wbiis.tu.koszalin.pl
tel. 94 3486720

Badanie prowadzono w ramach tematu rozwojowego Nr 504.01.37
Katedry Geoinformatyki Politechniki Koszalińskiej