

dr Liwiusz SIEMIANOWSKI

Doktor nauk ekonomicznych
Doctor of economics research

ZASTOSOWANIA SYSTEMÓW GIS WE WSPOMAGANIU PROCESÓW PLANOWANIA I ZARZĄDZANIA

Streszczenie

Wstęp i cele: W pracy zaprezentowano przegląd zastosowania systemów informacji przestrzennej SIP (systemów informacji geograficznej GIS) we wspomaganiu planowania i zarządzania. Wskazano zalety i przydatność GIS w szczególności planowaniu rozwoju przestrzennego miasta Szczecina. Ponadto określono zastosowania systemów GIS w ochronie środowiska w identyfikacji źródeł i zasięgu zanieczyszczenia oraz planowaniu działań ochronnych i zapobiegawczych. Opiszono Szczeciński System Informacji Geograficznej (SSIG) i wskazano wykorzystanie systemu dla minimalizacji strat w sytuacji kryzysu i klęski żywiołowej podczas wielkiej powodzi w 1997 roku.

Materiał i metody: Metody syntezy, przegląd literatury

Wyniki: Wskazanie roli i znaczenia systemu GIS w procesach zarządzania obszarami miasta Szczecina i regionu.

Wniosek: Celowość utrzymywania i dalszego doskonalenia systemu GIS miasta Szczecina oraz regionalnych GIS w ochronie środowiska.

Słowa kluczowe: Systemy GIS w ochronie środowiska i wspomaganiu planowania rozwoju miasta Szczecina, Szczeciński GIS (SSIG).

(Otrzymano: 28.02.2016; Zrecenzowano: 01.03.2016; Zaakceptowano: 05.03.2016)

GIS SYSTEMS IN SUPPORTING THE PLANNING AND MANAGEMENT PROCESSES

Abstract

Introduction and aims: The review of GIS – Geographical Information Systems applications and its usage in supporting the planning and management processes was presented. The advantages of GIS especially at planning of the municipal development of the city of Szczecin in Poland were pointed. Additionally the application of GIS systems at supporting the environmental monitoring with identification of sources and range of potential contamination with possible preventional actions were listed. The municipal GIS system of Szczecin city (SSIG) and its helpful utility in managing support at the crisis situation to minimize the material losses as during great flood in 1997 were emphasized.

Material and methods: method of synthesis, bibliographical review.

Results: Pointing the special functions and advantages of GIS system in processes of management the Szczecin city in Poland and region.

Conclusion: The maintenance and improving of the existing GIS system for Szczecin city should support the planning the optimal municipal strategy of development. The GIS system for environmental monitoring is also useful in supporting the sustainable development of the region.

Keywords: GIS systems, environment monitoring, Szczecin municipal GIS system (SSIG), GIS supported planning and development.

(Received: 28.02.2016; Revised: 01.03.2016; Accepted: 05.03.2016)

1. Wprowadzenie i cele artykułu

Celem artykułu jest przegląd i zaprezentowanie możliwości zastosowania systemów informacji przestrzennej SIP - GIS (*ang. Geographical Information System*) we wspomaganiu procesów planowania i zarządzania.

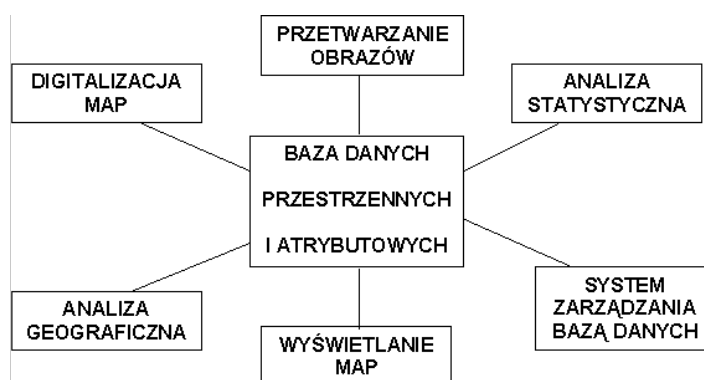
Przedstawiono ogólną charakterystykę, możliwości oraz strukturę funkcjonalną i informacyjną systemów GIS. Zwrócono uwagę na znaną właściwość systemu typu GIS jaką stanowi dualistyczny charakter bazy danych dla gromadzenia i przechowywania danych przestrzennych (map, planów) oraz opisowych - atrybutowych. Wyszczególniono szereg przykładów zastosowania GIS w działaniach ochrony środowiska w tym identyfikacji źródeł zanieczyszczenia.

Zaprezentowano również budowę, możliwości i zastosowania Szczecińskiego Systemu Informacji Geograficznej - SSIG. Podkreślono zastosowania GIS w monitoringu i ochronie środowiska.

2. Charakterystyka struktury systemu GIS

Systemy GIS (*ang. Geographical Information Systems*) określane również jako systemy informacji przestrzennej SIP stanowią komputerowe systemy gromadzenia, przechowywania i przetwarzania danych przestrzennych odniesionych do powierzchni Ziemi w określonych odwzorowaniach [7], [9]. Ogólny model budowy systemu GIS przedstawiono na rysunku 1.

Podstawowe elementy struktury funkcjonalno-informacyjnej systemu GIS stanowią baza danych przestrzennych i baza danych atrybutowych.



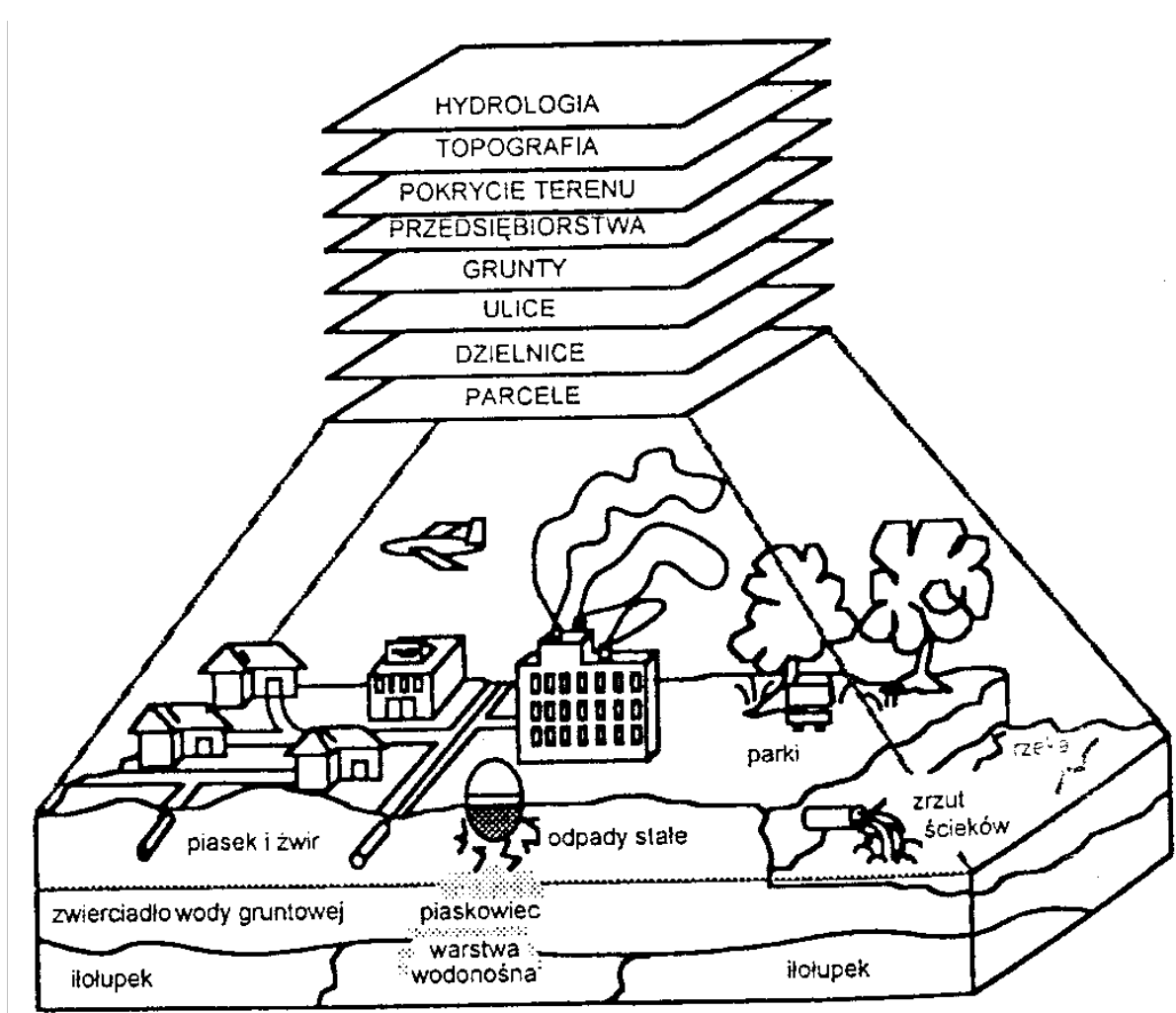
Rys. 1. Ogólny model funkcjonalny systemu GIS [7]

Fig. 1. General functional model of the GIS System [7]

Baza danych przestrzennych stanowi graficzną, cyfrową bazę map, podkładów i warstw kartograficznych. Baza danych atrybutowych zapewnia gromadzenie danych opisujących obiekty przedstawiane na mapach i kompozycjach kartograficznych. W organizacji bazy danych atrybutowych wykorzystywane są najczęściej autonomiczne pakiety zarządzania w modelu relacyjnym.

Organizacja danych przestrzennych w systemach GIS oparta jest na tworzeniu warstw tematycznych – rastrowych i wektorowych. Modele organizacji warstwowej danych przestrzennych GIS przedstawiono na rysunku 2 i rysunku 3.

Systemy GIS wykorzystują rastrowy i wektorowy sposób przechowywania danych. Obraz rastrowy składa się z dwuwymiarowej tablicy punktów tzw. pikseli. Pikselowi przypisana jest wartość liczbowa będąca identyfikatorem obiektu reprezentowanego przez dany punkt. Przykładowo wartość jeden może oznaczać położenie obszaru 1 m nad poziomem morza na mapie ukształtowania terenu.



Rys. 2. Model budowy warstw tematycznych w systemie GIS [4]

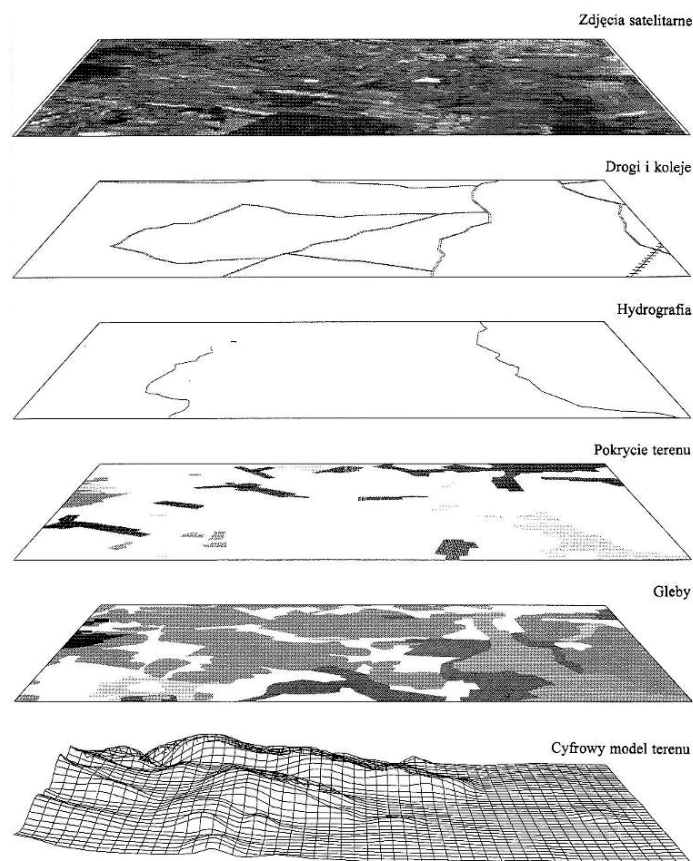
Fig. 2. The model of layer data organisation in GIS systems [4]

W reprezentacji wektorowej zapisywane są współrzędne X,Y (pary liczb) punktów, łączone prostymi. Określają one granice obiektów, przebiegające linie (drogi, rzeki). Atrybuty obiektów przechowywane są w bazie danych opisowych.

Systemy GIS ukierunkowane na przetwarzanie głównie obrazów rastrowych, (IDRISI, GRASS, ERDAS) predestynowane są do analizy ciągłej przestrzeni jak wysokość terenu, opady deszczu, temperatura, wilgotność gleb oraz do monitoringu zmian środowiska, oceny erozji gleb, stanu oziminy, zmian zalesienia.

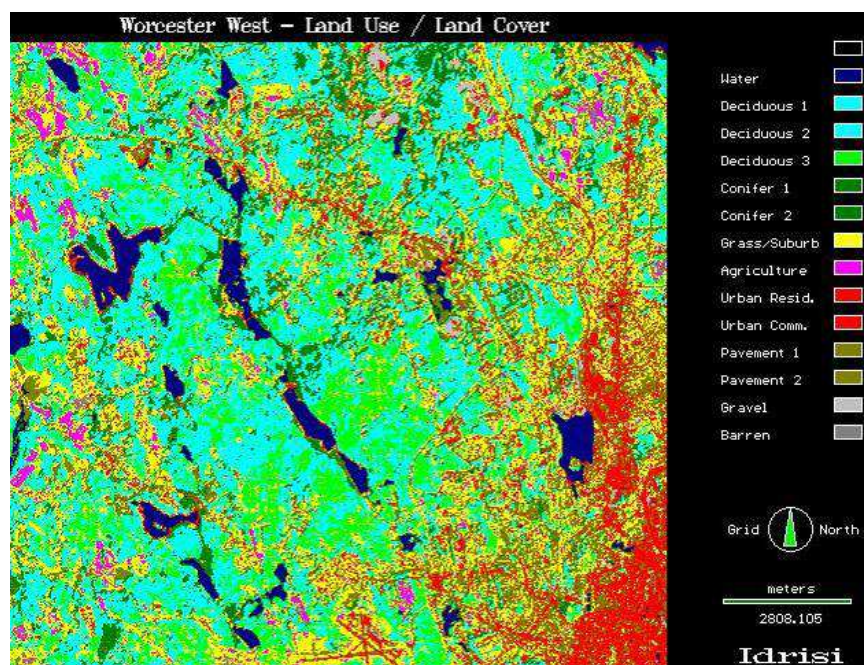
Systemy rastrowe łatwo adaptują fotografie satelitarne. Przykład emisji kompozycji rastrowej z systemu GIS – IDRISI obrazującej użytkowanie terenu w obszarze zachodniej części miasta Worcester (USA) na podstawie fotografii satelitarnej zamieszczono na rysunku 4. Miasto Worcester jest siedzibą Uniwersytetu Clark na którym opracowano system GIS – IDRISI.

Systemy wektorowe (m.in. pakiety serii ARC-GIS / Arc-info, MAPINFO) charakteryzują się łatwym zarządzaniem danymi atrybutowymi i elastyczną manipulacją danymi w oparciu o na algebrę geometrii w tym określaniu odległości pomiędzy punktami, liniami i obszarami, obliczaniem powierzchni figur. Zaletą organizacji danych przestrzennych w postaci zbiorów wektorowych stanowi mniejsze zapotrzebowania na pamięć masową komputera w porównaniu do zbiorów rastrowych.



Rys. 3. Zobrazowanie nakładania warstw kartograficznych i modeli trójwymiarowych ukształtowania terenu (DEM) na podstawie fotografii lotniczych / satelitarnych [1]

Fig. 3. Model of creation cartographic layers and 3D digital elevation models on base of airborne and satellite photos [1]



Rys. 4. Model użytkowania terenu w obszarze zachodniej części miasta Worcester opracowany na podstawie fotografii satelitarnej – paleta barw nierzeczywista

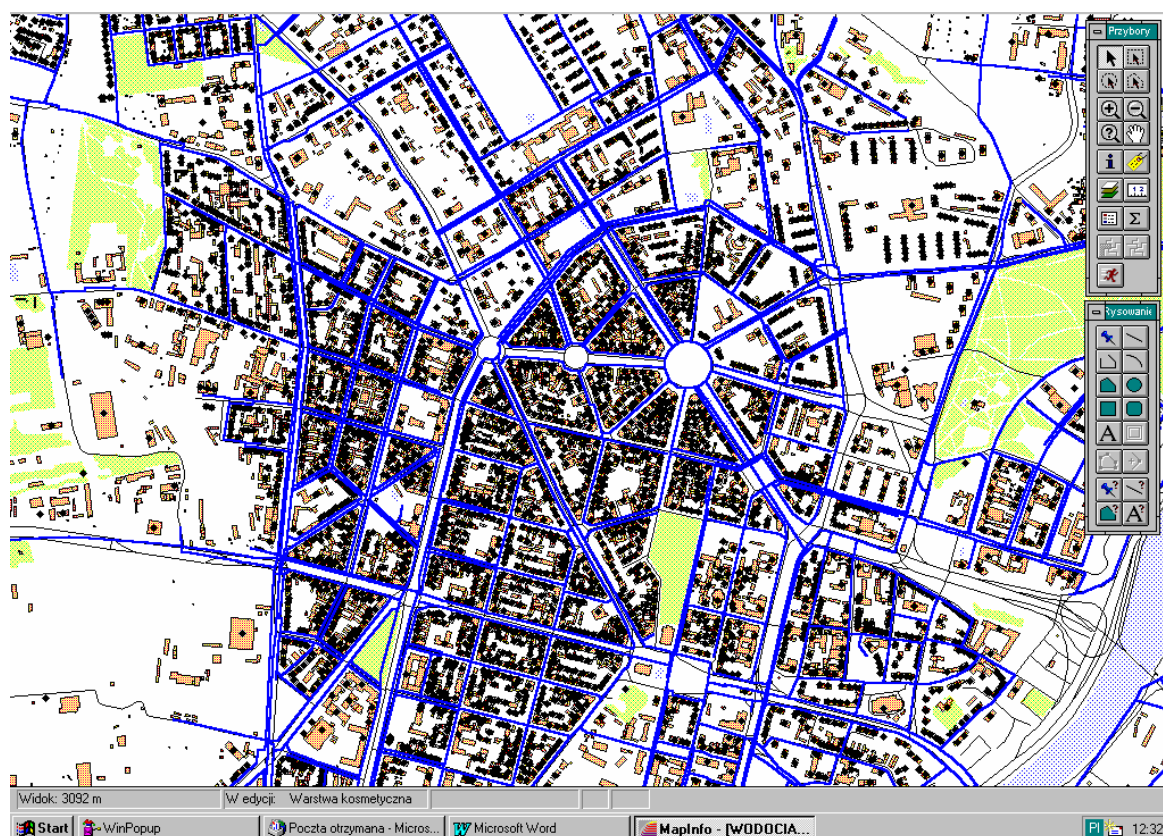
Źródło: Emisja z systemu GIS IDRISI – Opracowanie własne

Fig. 4. Landuse model of West Worcester city generated on base of satellite photography – user's color palette

Source: Emitted from GIS IDRISI – Elaboration of the Author

Przykładowe nałożenie warstwy tematycznej z ulicami miasta zapisywanych postaci wektorowej na podkład rastrowy stanowiący zeskanowaną mapę podstawową miasta wchodzącą w skład struktury informacyjnej Szczecińskiego Systemu Informacji Geograficznej – SSIG zaprezentowano na rysunku 5.

W zależności od konkretnego systemu GIS baza danych atrybutowych oparta jest o autonomiczny pakiet relacyjnej bazy danych, na przykład, 4G SQL jak Oracle czy Sybase a nawet popularnych pakietów Access, Paradox, Foxbase. System GIS może również posiadać lub współpracować ze specjalizowaną, dedykowaną bazą dla indywidualnej realizacji jak baza danych RIM (*ang. Relational Information Management*) dla systemu GIS GRASS (*ang. Global Resources Analysis Support System*).



Rys. 5. Zobrazowanie ciągów komunikacyjnych miasta w systemie SSIG [12]

Fig. 5. Communication main streets in Szczecin city depicted in GIS system [12]

3. Podstawowe funkcje systemów GIS

Podstawowe funkcje systemu klasy GIS obejmują edycję oraz zarządzanie danymi (wprowadzanie, aktualizacja), zmianę skali i układu odwzorowania, powiększanie, wycinanie wybranych fragmentów, przekształcanie danych rastrowych w wektorowe i odwrotnie.

Ponadto zapewniają możliwość analizy statystycznej danych, nakładanie map/obrazów, prowadzenie obliczeń wielkości obiektów jak powierzchnia obwód określonego obszaru. Szczególną funkcję GIS stanowi buforowanie tj. określanie zasięgu zjawiska wokół wybranego obiektu np. prognozowanie zasięgu skażenia terenu po emisji do środowiska substancji chemicznych, wyznaczenie strefy ochronnej wokół zbiornika wodnego lub ujęcia wody pitnej.

Następną szczególną właściwość GIS stanowi możliwość wspomaganie optymalnego wytyczania przebiegu tras komunikacyjnych np. kolejowych lub linii wysokiego napięcia. System GIS wykorzystano podczas planowania przebiegu szybkiej kolei w Holandii z ominięciem rezerwatów przyrody i ostoi ptasich [5].

System GIS zawiera ściśle powiązaną funkcjonalnie bazę danych atrybutowych co pozwala na definiowanie zapytań skierowanych do bazy danych a następnie lokalizowanie i wyświetlenie obiektów spełniających wybrane kryteria. Funkcjonowanie bazy danych atrybutowych w systemie GIS szczególne znaczenie znajduje we wspomaganie ewidencji infrastruktury technicznej np. wodociągowej [2].

Pokrewną technologię dla GIS stanowią systemy graficznego komputerowego wspomaganie projektowania CAD (*ang. Computer Aided Design*). Przykłady realizacji systemu GIS (SIP) w oparciu o popularny AutoCAD to system w gestii lokalnej Komisji ds. Filtrów i Wodociągów dla wspomaganie zarządzania siecią wodociągową w prowincji Genesee w stanie Michigan w USA. Kolejny stanowi wykorzystanie AutoCAD i ArcCAD w realizacji systemu GIS miasta Boulder w stanie Colorado w USA specjalizowanego do planowania zagospodarowania terenów zielonych. Wymienione systemy GIS posiadają relacyjną bazę danych atrybutowych - opisowych.

4. Dziedziny zastosowań systemów GIS

Systemy Geographical Information Systems - GIS znajdują zastosowanie w dziedzinach jak: planowanie przestrzenne, ochrona środowiska, gospodarka wodna [4], gospodarka rolna i leśna oraz szeregu innych, w tym militarnych. [7]

Przykład popularnego w USA systemu adaptowanego dla zastosowań cywilnych wywodzącego się z zastosowań wojskowych jest GRASS (*ang. Global Resources Analysis Support System*). Opracowany w laboratoriach badawczych korpusu inżynierskiego armii USA (*US CERL – U.S. Corps of Engineers Research Laboratories*) służył pierwotnie m.in. do wspomaganie kierowania ogniem artylerii polowej.

Możliwości technologii GIS – analiza przestrzenna obiektów i zjawisk są szczególnie przydatne w systemach informatycznych monitoringu [7], [9] i ochrony środowiska.

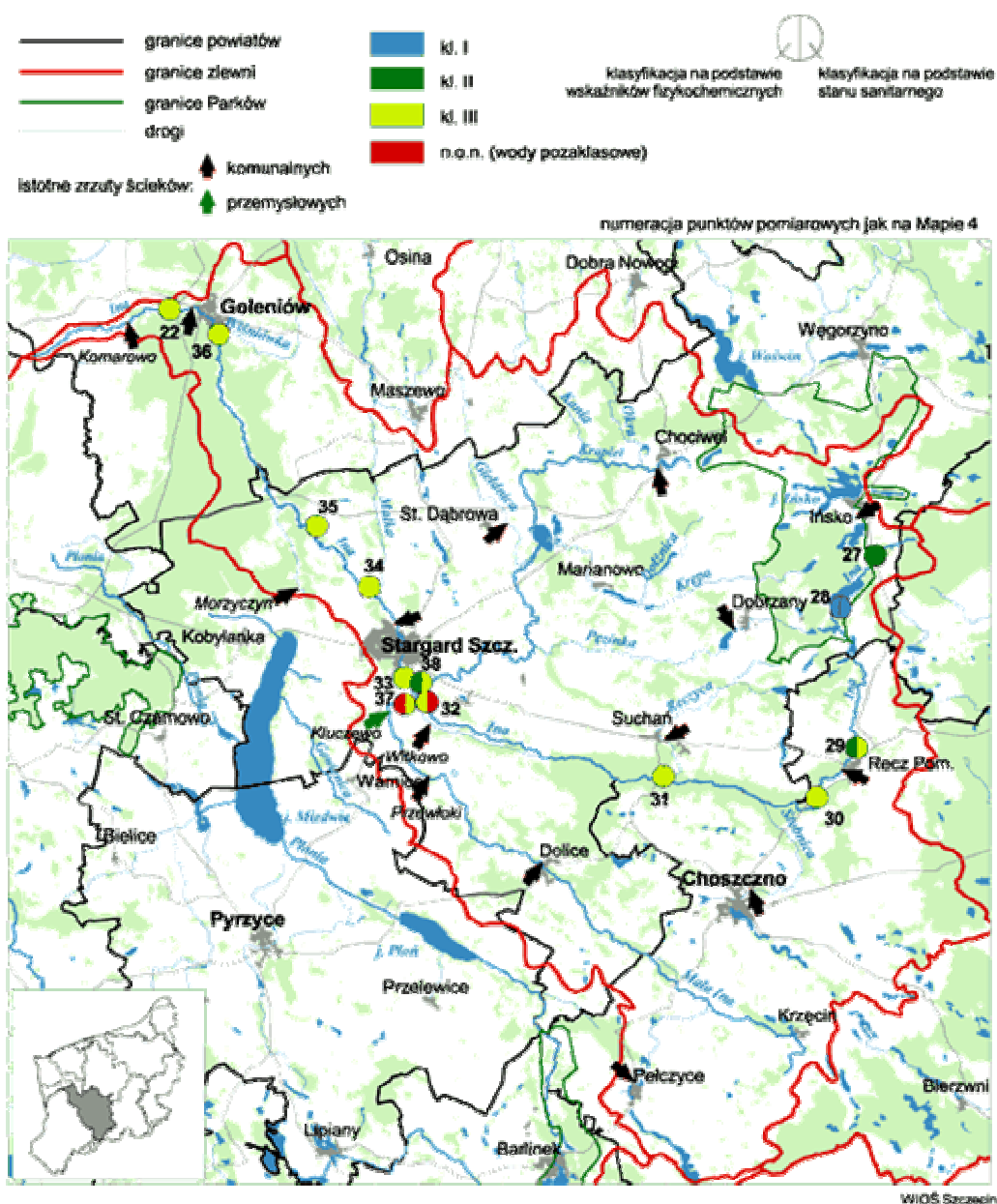
Przykładowo systemy GIS posłużyły do identyfikacji źródeł zanieczyszczenia selenem w powierzchniowych wodach płynących w hrabstwie Natrona stanu Wyoming (USA), na obszarze organizowanej melioracji w rejonie miasta Kendrick (*Kendrick Reclamation Project Area*). Badania umożliwiły rozpoznanie czy projektowany system nawadniania nie spowoduje rozprzestrzeniania zanieczyszczeń i szkodliwego oddziaływania na zdrowie ludzi oraz środowisko - przyrodę, świat zwierzęcy i ryby. Ponadto analizy z użyciem systemów GIS pozwoliły na wykluczenie ryzyka zanieczyszczenia ujeć wody pitnej i wody do celów użytkowych w badanym rejonie nawadniania, który w większości był wykorzystywany do upraw zbóż i kukurydzy.

Dane emipryczne o stężeniach selenu pochodziły z analiz gleby, studzien wód podziemnych, próbek wód płynących (rzek i strumieni) oraz z dwóch roślin: bylicy i lucerny uznanych za szczególnie przydatne bioindykatory zawartości selenu. Przeprowadzone badania z użyciem systemu GIS Arc-Info pozwoliły pomóc zlokalizować obszary o potencjalnie największym wypłukiwaniu ładunków selenu [7]. Podobnie system IGIS opracowany na bazie Arc-Info dla wspomaganie monitoringu gleb na Słowacji zapewnił kontrolę zawartości zanieczyszczeń w tym metali ciężkich (ołów, kadm, chrom) oraz izotopów radioaktywnych (Cez – Cs 137, Stront – Sr 90). Systemy GIS służą również zwiększeniu bezpieczeństwa i efektywności działań ochrony środowiska [7].

W określeniu wielkości wprowadzanych ładunków zanieczyszczeń pomocą służy efektywny system monitoringu wspomagany technologiami informatycznymi w tym GIS

[10]. GIS pozwala na szybkie i elastyczne obrazowanie położenia punktów kontrolno-pomiarowych na mapach. Systemy GIS zapewniają również wspomaganie oceny rozprzestrzeniania zanieczyszczenia oraz określanie efektywności działań ochronnych przed przekroczeniami wprowadzania związków patogennych do środowiska.

Przykłady wykorzystania GIS w tym zakresie stanowi system ECOSIM dla m.in. zarządzania działaniami ochrony powietrza w stolicy Grecji – Atenach [13]. Przykład kompozycji z systemu GIS we wspomaganiu monitoringu wód m.in. w rejonie jeziora Miedwie – ujęcia wody pitnej dla miasta Szczecina prowadzonego przez Państwową Inspekcję Ochrony Środowiska [8] stanowi rysunek 6.



Rys. 6. Kompozycja systemu GIS we wspomaganiu monitoringu wód [8]

Fig. 6. Presentation on map of surface water quality in GIS supported monitoring [8]

W Polsce opracowano pod egidą Głównego Geodety Kraju, we współpracy z ośrodkami naukowo-badawczymi koncepcję krajowego Systemu Informacji Przestrzennej (GIS)

Zadania systemu obejmują zaspokojenie potrzeb publicznych w zakresie informacji o przestrzeni geograficznej oraz zarządzania państwem, województwami, gminami i innymi

jednostkami terytorialnymi, planowania przestrzennego, społeczno-gospodarczego, gospodarowania nieruchomościami i wymiaru podatku, infrastrukturą techniczną, statystyki państwowej; regionalnej i lokalnej, wspomaganie służb publicznych, badań naukowych, a także koordynacji przestrzennej z państwami Unii Europejskiej i sąsiedzkimi.

System przewidziano do wykorzystania w administracji państwowej i samorządowej jak również dla szeregu podmiotów instytucjonalnych i obywateli.

Częstkowe systemy GIS stanowią municypalne i regionalne Systemy Informacji Przestrzennej (SIP) zgodny z Krajowym SIP. Warstwy informacyjne obejmują specjalizowane warstwy tematyczne dla określonego miasta lub regionu w tym: podkład ogólnogeograficzny, podział administracyjny, użytkowanie ziemi, strukturę rolną, rodzaje produkcji, gleby, hydrografię i gospodarkę wodną, elementy demograficzne, infrastrukturę – zabudowę oraz aspekty ochrony środowiska. Przykładami realizacji systemów municypalnych stanowią SSIG czy Małopolski SIP z Bankiem Informacji O Mieście (BIM) Krakowie.

5. System GIS we wspomaganii planowania i rozwoju aglomeracji miejskiej

Rozwijany od połowy lat 90-tych Szczeciński System Informacji Geograficznej – SSIG zaliczany jest do grupy municypalnych Systemów Informacji Przestrzennej.

Struktura informacyjna Szczecińskiego Systemu Informacji Geograficznej obejmuje m.in. następujące mapy i specjalizowane indywidualne warstwy tematyczne:

- mapa adresowa - adresy, osie ulic, ...,
- mapa geodezyjna w skali 1:5000 - drogi, budynki, wody, zieleń, kolej, ... ,
- podział miasta na rejony i obręby geodezyjne oraz dzielnice,
- rejony i obwody wyborcze, obwody lecznicze, rejony policyjne,
- Administracje Budynków Komunalnych,
- granice parafii,
- Plan Ogólny Zagospodarowania Przestrzennego,
- mapy obiektów użyteczności publicznej - urzędy, uczelnie szkoły, przedszkola, żłobki, przychodnie, muzea, teatry, zabytki, itp. ... ,
- infrastruktura komunalna podziemna, w tym:
- ciągi wodno - kanalizacyjne,
- instalacje gazowe,
- ciepłownicze,
- linie energetyczne.

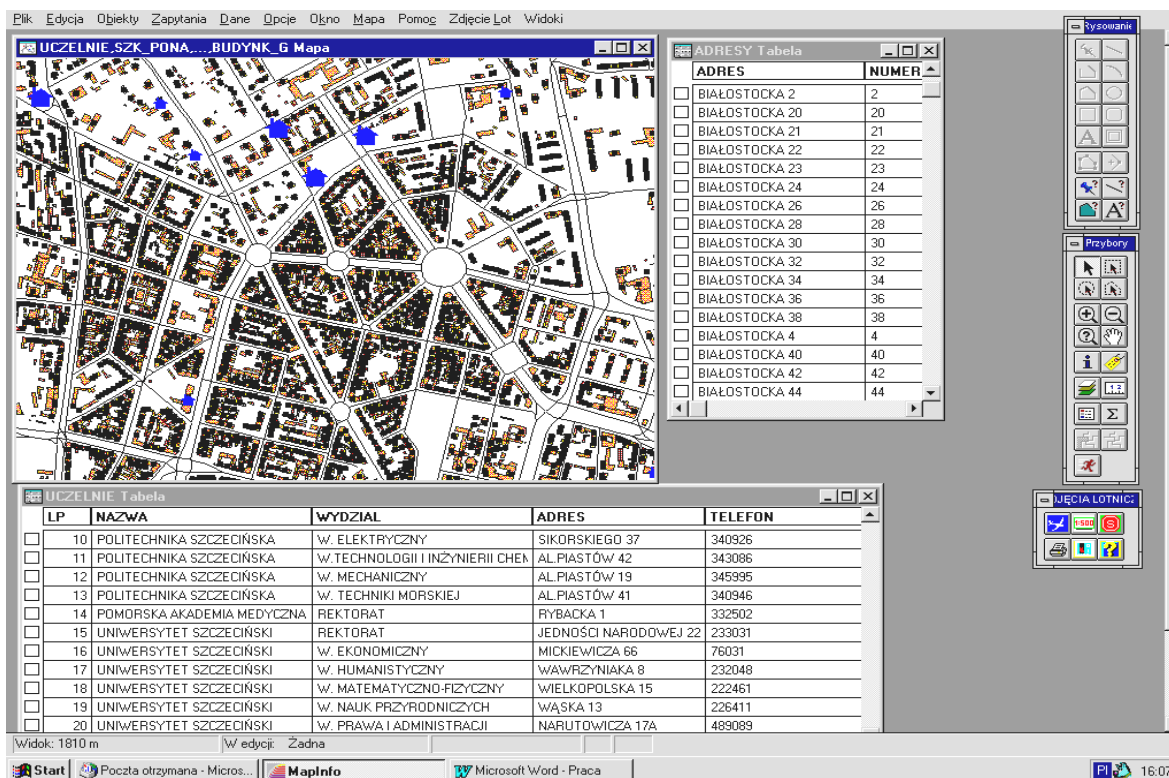
Plan Ogólny Zagospodarowania Przestrzennego obejmują kilkadziesiąt warstw tematycznych w zakresie części graficznej i tekstowej oraz wyposażony jest w autonomiczną aplikację do obsługi planu.

Na rysunku 7 przedstawiono przykład wizualizacji na planie miasta położenia wybranych budynków użyteczności publicznej. Kompozycja stanowi odpowiedź na zapytanie skierowane do bazy danych atrybutowych (opisowych) pozwalające na wyszczególnienie obiektów uczelni i wskazanie lokalizacji na planie miasta.

W strukturze informacyjnej Szczecińskiego Systemu Informacji Geograficznej SSIG znajdują się ponadto mapy tematyczne pozwalające na wspomaganie ewidencji opłat lokalnych i zarządzania podatkami gruntowymi przez wizualizację na planie położenia nierucho-

mości o różnym statusie prawnym: właściciele, użytkownicy z prawem wieczystego użytkowania, najemcy lokali komunalne).

Szczeciński System Informacji Geograficznej posiada również zdefiniowany numeryczny model terenu DEM (*ang. Digital Elevation Model*) oraz bazy danych o możliwościach i położeniu terenów inwestycyjnych z bazą fotograficzną obiektów z terenu miasta uzupełniającą informacje z bazy danych atrybutowych – opisowych.



Rys. 7. Widok interfejsu SSIG podczas wizualizacji położenia wybranych budynków miasta [12]

Fig. 7. Interface of Szczecin GIS system during pointing selected sites [12]

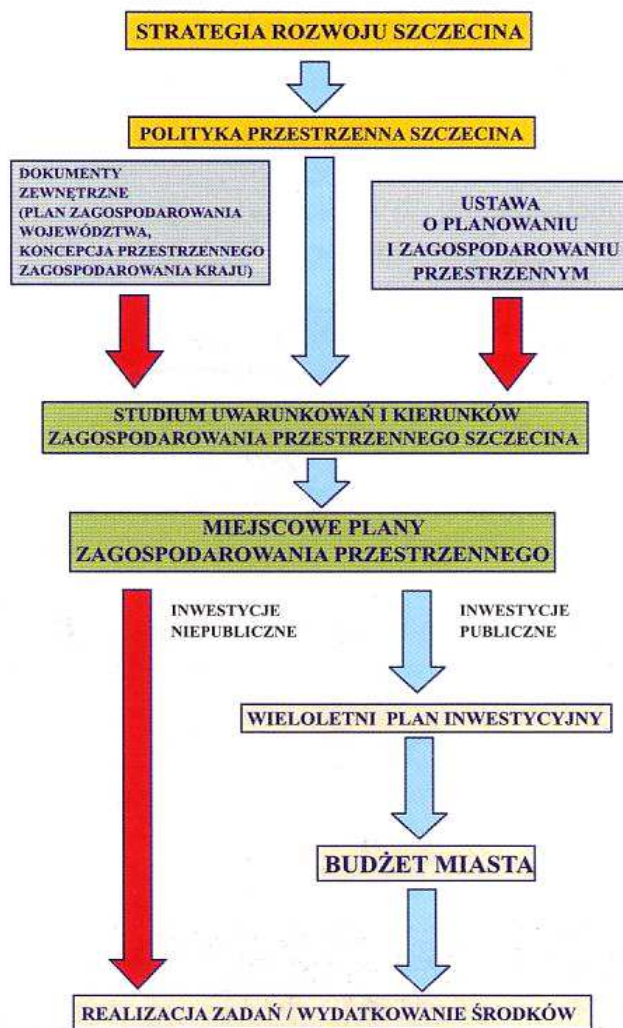
Podkłady rastrowe Szczecińskiego Systemu Informacji Geograficznej opierają się na zeskanowanej mapie zasadniczej miasta w skali 1:500, oraz zdjęć lotniczych z rozdzielczością pozwalającą na rozpoznawanie obiektów powyżej 1,5 metra długości oraz zdjęć satelitarnych.

Przykładowy fotograficzny podkład rastrowy z systemu SSIG zamieszczono na rysunku 9.

System SSIG zapewnia wspomaganie realizacji wieloletniego planu rozwoju miasta Szczecina i racjonalne planowanie wydatkowania środków. Model przepływów informacji w procesie planowania i kształtowania strategii rozwojowej Szczecina przedstawiono na rysunku 8.

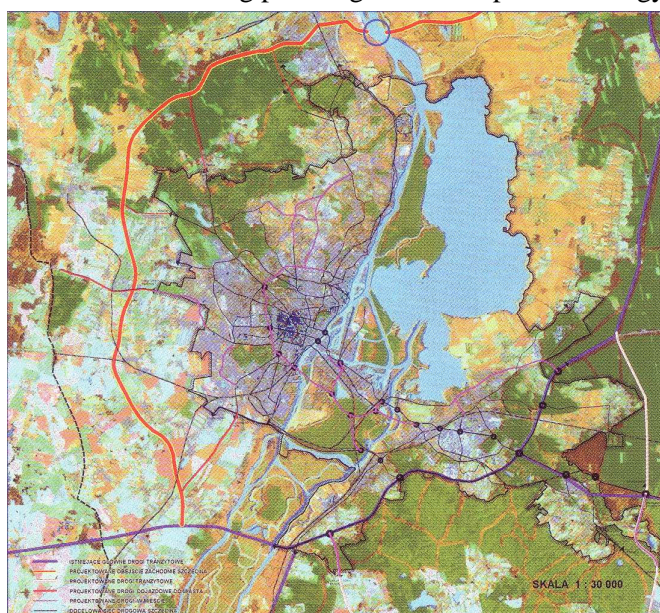
Szczególną przydatność SSIG wykazał podczas katastrofalnej powodzi latem 1997 r. System umożliwił szybkie przygotowania kompozycji kartograficznych z symulacją wielkości powierzchni zalania obszarów portu i miasta Szczecina w kilku wariantach w zależności od prognozowanej wysokości nadchodzącej fali kulminacyjnej na Odrze.

Zestawione mapy opublikowane w prasie lokalnej pozwoliły na ostrzeżenia instytucji i obywateli oraz podejmowanie przeciwdziałania poprzez ewakuacje ludzi, elementów ruchomych, wyposażenia oraz wznoszenie obwałowań wokół zagrożonych terenów i tym samym zmniejszenie potencjalnych strat. Szczęśliwie fala powodziowa nie dotarła do Szczecina a system SSIG udowodnił swoją przydatność w okresie kryzysu i podwyższonego ryzyka klęski żywiołowej.



Rys. 8. Model przepływu informacji w planowaniu strategii rozwoju miasta Szczecina [11]

Fig. 8. Model of information flows during planning the development strategy of Szczecin city [11]



Rys. 9. Widok rastrowego podkładu fotograficznego z nakładanymi warstwami tematycznymi z SSIG [11]

Fig. 9. View of raster photo-background with specialized data layers from Szczecin city GIS system [11]

Obraz opublikowanej w prasie mapy utworzonej przy zastosowaniu Szczecińskiego Systemu Informacji Geograficznej przedstawiającej tereny miasta i portu Szczecina zagrożone powodzią w 1997 roku zamieszczono na rysunku 10.



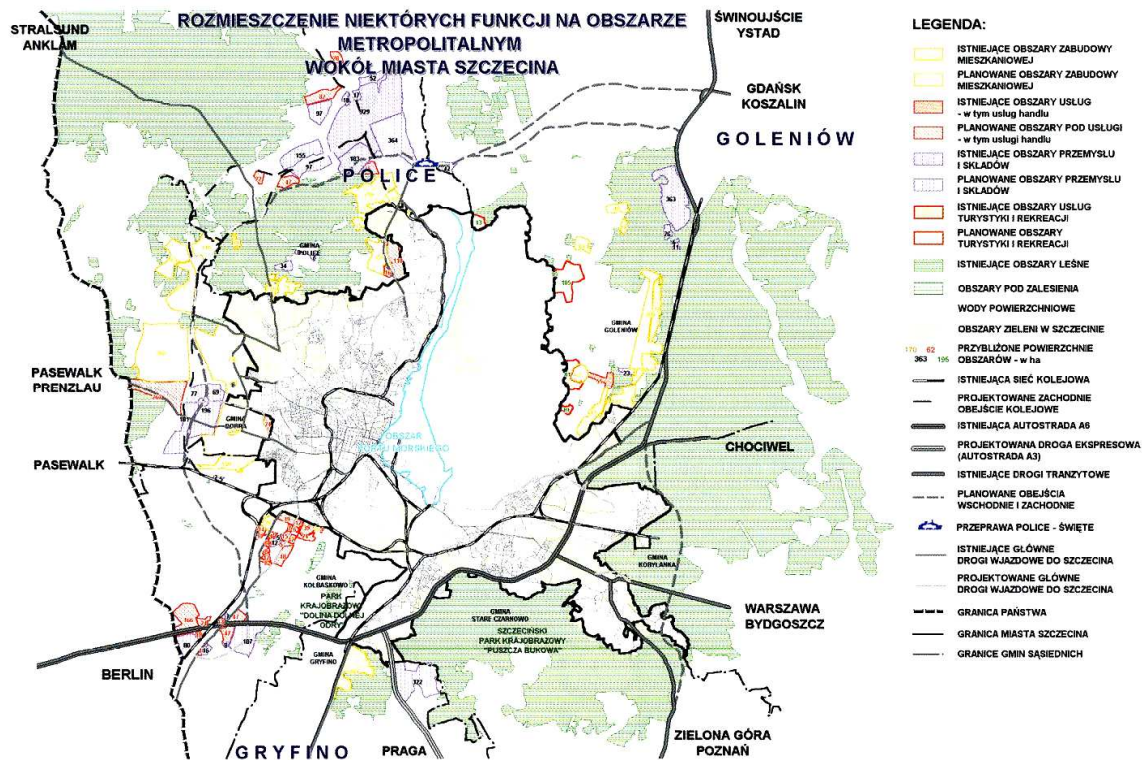
Rys. 10. Zobrazowanie symulacji zalania terenów portu i miasta podczas powodzi w 1997 roku przy prognozowanej wysokości fali - sporządzone przy wykorzystaniu SSIG [3]

Fig. 10. Simulated map of forecasted flood range in 1997 in area of Szczecin port and city in dependence of predicted maximal water wave altitude – map performed with use of municipal GIS system of Szczecin city (SSIG) [3]

Funkcjonowanie Szczecińskiego Systemu Informacji Geograficznej dzięki posiadaniu podkładowych fotografii pozyskanych metodami teledetekcji zapewnia agendom miejskim efektywne i wielostronne planowanie przestrzenne rozwoju miasta i zagospodarowania terenu szczególnie licznych obszarów leśnych wokół Szczecina.

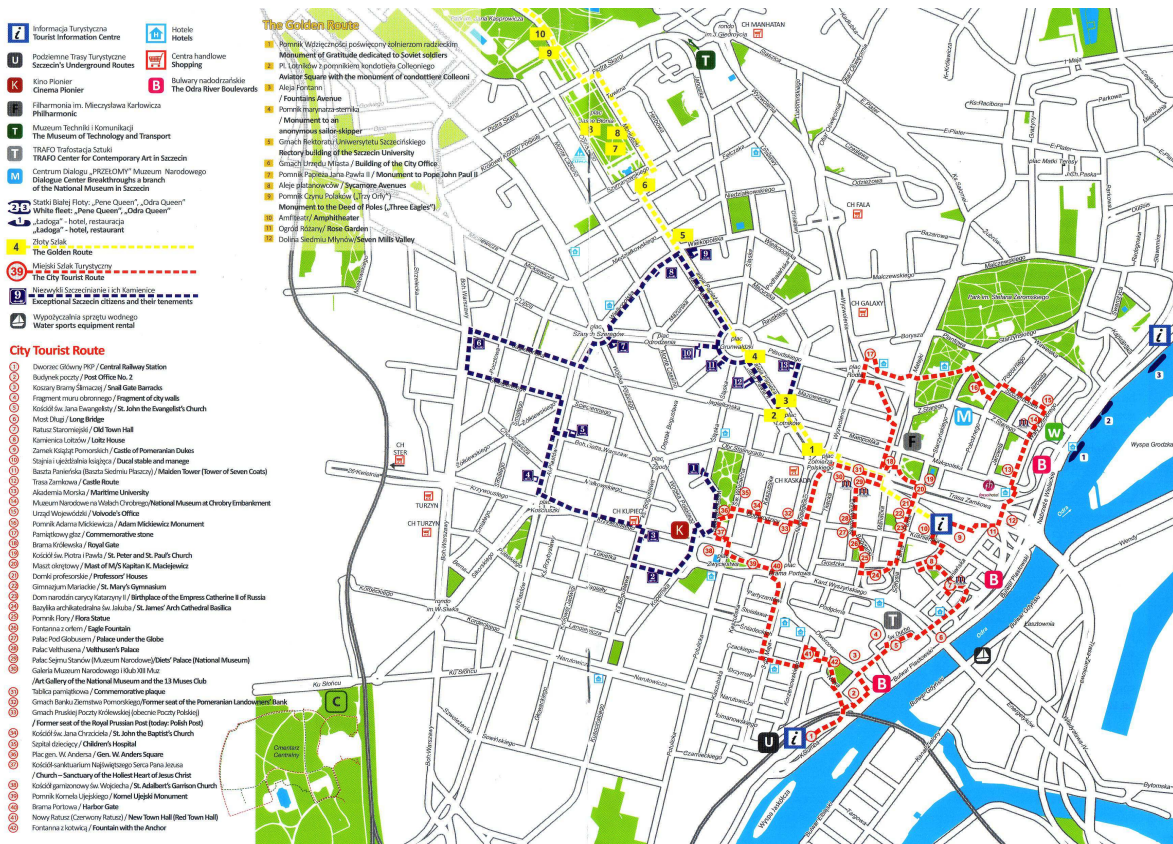
Przykładowe zobrazowanie kartograficzne z SSIG we wspomaganiu planowania rozwoju miasta przedstawiono na rysunku 11.

System SSIG zapewnia sprawne i szybkie sporządzenie materiałów informacyjno-reklamowych uwidocznionych na rysunku 12 dla potrzeb mieszkańców jak i zachęcania turystów również zagranicznych do odwiedzania miasta Szczecina



Rys. 11. Przykład zobrazowania kartograficznego SSIG we wspomaganiu planowania rozwoju miasta [11]

Fig. 11. Model of data flows and processing in Polish state system of environmental monitoring [11]



Rys. 12. Przykład zobrazowania na podstawie SSIG zrealizowanego dla celów wspomaganie turystyki [6]

Fig. 12. Example of city plan with tourist attractions generated on base GIS system of Szczecin city [6]

6. Wnioski

- W pracy zaprezentowano przegląd zastosowania systemów informacji przestrzennej SIP (systemów informacji geograficznej GIS) we wspomaganiu planowania i zarządzania. Wskazano zalety i przydatność GIS w szczególności planowaniu rozwoju przestrzennego miasta Szczecina. Ponadto określono zastosowania systemów GIS w ochronie środowiska w identyfikacji źródeł i zasięgu zanieczyszczenia oraz planowaniu działań ochronnych i zapobiegawczych.
- Opisany Szczeciński System Informacji Geograficznej (SSIG) wykazał szczególną przydatność dla minimalizacji strat podczas powodzi w 1997 roku poprzez możliwość efektywnego tworzenia wielowariantowych kompozycji kartograficznych i planów ukazujących potencjalny zasięg powodzi w zależności od wysokości prognozowanej fali kulminacyjnej.
- Mapy z SSIG opublikowane w prasie pozwoliły na dostatecznie wczesne podjęcie działań zapobiegawczych poprzez ewakuacje ludzi i ruchomości materialnych oraz wzniesienie tymczasowych obwałowań wokół zagrożonych obszarów miasta i portu Szczecina.
- Dotychczasowe zadania i znaczenie systemów GIS w procesach zarządzania obszarami miasta Szczecina i regionu potwierdzają celowość utrzymywania i dalszego doskonalenia miejskiego systemu GIS jak również regionalnych GIS dla wspomagania działań w ochronie środowiska.
- Potrzeby efektywnego zarządzania i planowania uzasadniają kontynuowanie i rozwijanie zastosowań technologii informatycznych w tym GIS oraz wpływają pośrednio na podniesienie jakości życia mieszkańców regionu.

Literatura

- [1] Borysławski Z.: *Komputerowe systemy informacji przestrzennej w ochronie środowiska*, Acta Universitatis Wratislaviensis 2021, Uniwersytet Wrocławski, 1999.
- [2] Gill M.: *Projektowanie systemu GIS przedsiębiorstwa „Wodociągi Słupsk sp. z o.o.”* – praca dyplomowa pod kier. L. Siemianowskiego, Szczecin: WSTE, 2014.
- [3] *Głos Szczeciński* z dn. 19-20 lipca 1997 roku, Szczecin, 1997.
- [4] Jarzębińska T.: *Zastosowanie SIT w gospodarce wodnej*. W: *Inżynieria Morska i Geotechnika* 1997, nr 4, s. 270-275.
- [5] Kraak M., Ormeling F.: *Kartografia – wizualizacja danych przestrzennych*, Warszawa: Wyd. Naukowe PWN, 1998.
- [6] *Materiały promocyjno-informacyjne*, Szczecin: Urząd Miasta Szczecina, 2015
- [7] Orylska J., Siemianowski L.: *Możliwości wykorzystania systemów informatycznych w ochronie środowiska naturalnego*, Szczecin: AR, 2000.
- [8] *Raport o stanie środowiska w województwie zachodniopomorskim w roku 2002*, Inspekcja Ochrony Środowiska, Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska w Szczecinie, Szczecin: 2003.
- [9] Siemianowski L.: *Geographical Information Systems – GIS w monitoringu środowiska*, Folia Universitatis Agriculturae Stetinensis 189, Oeconomica 34, Szczecin, 1998, s. 297-302.

- [10] Siemianowski L: *Projekt usprawnienia wspomaganie monitoringu wód w obszarze ujścia] Odry i Zalewu Szczecińskiego przy zastosowaniu technologii informatycznych.* „Problemy Nauk Stosowanych” 2014, tom 2, s. 35-44.
- [11] *Studium uwarunkowań rozwoju przestrzennego miasta*, Szczecin: Urząd Miasta Szczecina, 2004.
- [12] *Szczeciński System Informacji Geograficznej*, Szczecin: Urząd Miasta Szczecina, 1997.
- [13] Tomczak Z.: *Ecosim – nowoczesny system zarządzania środowiskowego a proces globalizacji*, W: *Problemy Społeczeństwa Globalnej Informacji - Ekonomiczne Aspekty Globalizacji Informacji*. Red. A. Szewczyk, Szczecin: Uniwersytet Szczeciński, 2001.
- [14] Urbański J.: *GIS – Analiza Informacji Przestrzennej*, Warszawa: Wyd. Naukowe PWN, 1997.