

KATARZYNA FAGIEWICZ, LIDIA PONIŻY¹

WYKORZYSTANIE NUMERYCZNEJ MAPY SOZOLOGICZNEJ (1:50 000) W ILOŚCIOWYCH BADANIACH STANU ŚRODOWISKA PRZYRODNICZEGO

Słowa kluczowe:

numeryczna mapa sozologiczna, miara syntetyczna, jakość środowiska

Abstrakt

We współczesnych badaniach środowiska przyrodniczego dużą rolę odgrywają Systemy Informacji Geograficznej (GIS), których rozwój przyczynił się do tworzenia numerycznych baz danych map tematycznych. Pozwoliło to na zasilenie Krajowego Systemu Informacji o Terenie numeryczną mapą sozologiczną w skali 1:50 000, zawierającą bogaty zasób informacji o stanie środowiska przyrodniczego i realizującą podstawowe funkcje GIS. Mapę wykorzystano do opracowania grupy wskaźników i miar syntetycznych, pozwalających na ilościową ocenę stanu środowiska przyrodniczego na badanym obszarze.

THE USE OF A DIGITAL SOZOLOGICAL MAP AT A SCALE OF 1:50 000 IN THE QUANTITATIVE RESEARCH ON THE STATE OF THE NATURAL ENVIRONMENT

Key words:

digital sozological map, synthetic measure, state of the environment

Abstract

A methodological proposal is put forward for the solution of problems involved in synthetic environmental studies which are based on a system of indicators and on synthetic measures of the state of the environment derived from them. The source material employed is a digital sozological map at a scale of 1 : 50,000 providing a wealth of information about the state of the natural environment and fulfilling basic GIS functions.

¹ Uniwersytet im. A. Mickiewicza w Poznaniu, Instytut Geografii Fizycznej i Kształtowania Środowiska Przyrodniczego, Zakład Kształtowania Środowiska Przyrodniczego i Fotointerpretacji

WPROWADZENIE

Rola GIS jako narzędzia gromadzenia, udostępniania, przetwarzania, analizy i obrazowania danych o określonej lokalizacji w przestrzeni została szeroko omówiona w literaturze (J. Gaździcki 1990; C. D. Tomlin 1989; J. Urbański 1997; J. K. Berry 1987). Jednakże dominujący nurt problematyki badawczej uwzględnia głównie technologiczny aspekt GIS. Zdecydowanie mniej przykładów charakteryzuje system informacji geograficznej jako system przetwarzania danych przestrzennych, dający podstawę do wyjaśniania problemów związanych z funkcjonowaniem środowiska przyrodniczego i jego wpływem na inne dziedziny życia.

Niniejsze opracowanie przedstawia propozycję metodologicznego rozwiązania problematyki syntetycznych badań nad stanem środowiska przyrodniczego wspomaganych przez GIS.

Zakres badań nad jakością poszczególnych komponentów środowiska przyrodniczego jest bardzo szeroki, w związku z tym równie obszerny jest zasób uzyskanych informacji. Jednocześnie sposób realizacji badań wyraźnie podkreśla, że mają one fragmentaryczny charakter i dotyczą różnych aspektów degradacji środowiska, rozpatrywanych niezależnie od siebie, co nie stanowi rzetelnej podstawy do opracowywania ocen syntetycznych i wnioskowania o stanie środowiska.

Istnieje zatem potrzeba rozwijania syntetyzujących badań ujmujących systemowy charakter środowiska przyrodniczego i opracowania na ich potrzeby prostych narzędzi informacyjno-diagnostycznych (wskaźników i indeksów), mających jednoznacznie kwantyfikowalny charakter, umożliwiające porównywanie i ocenę stanu środowiska oraz dynamikę zmian. Poszukiwanie wskaźników opisujących w sposób ilościowy stan środowiska przyrodniczego w aspekcie oceny warunków i jakości życia człowieka wymaga wskazania tych cech środowiska przyrodniczego, których zestaw najdokładniej wyjaśniałby badane zjawisko.

NUMERYCZNA MAPA SOZOLOGICZNA

W efekcie analizy dostępnych zbiorów danych o środowisku przyrodniczym, mogących stanowić podstawę wyboru pożądanych cech określanych jako diagnostyczne, uznano, że mapa sozologiczna integruje optymalny zbiór informacji, a numeryczna wersja tej mapy stanowi funkcjonujący system informacji przestrzennej o środowisku przyrodniczym, realizujący większość zadań GIS. Na decyzji o wykorzystaniu numerycznej mapy sozologicznej dodatkowo zaważył fakt pokrycia mapą 30% powierzchni Polski, a docelowo całego obszaru kraju.

Na treść mapy składa się blisko 60 warstw tematycznych, uporządkowanych w sześciu poziomach informacyjnych (ochrona środowiska i jego zasobów, podatność środowiska na degradację, degradacja środowiska, rekultywacja środowiska, nieużytki). Każdej warstwie przypisana jest baza danych, charakteryzująca obiekty i zjawiska pod względem ilościowym i jakościowym. Wersja numeryczna mapy pozwala na:

- szybki dostęp do baz danych i ich aktualizację,
- edycję tylko wybranych warstw mapy, interesujących użytkownika w danej chwili, dzięki czemu mapa staje się bardziej czytelna i łatwiejsza w interpretacji,
- przeprowadzanie analiz przestrzennych, np.: obliczanie długości odcinków (dróg, linii kolejowych, cieków itp.), powierzchni obiektów (lasów, gruntów ornych, gruntów antropogenicznych), wyszukiwanie obiektów położonych w granicach określonego pola odniesienia (gminy, powiatu itd.),
- łączenie kilku arkuszy w jeden obiekt, np.: gmina, powiat, województwo, dzięki czemu uzyskuje się jednolity system informacji przestrzennej dla całego obszaru i możliwość przeprowadzania w ich obrębie powyższych analiz,
- wydruk mapy lub jej fragmentu na drukarce czy ploterze,
- możliwość transformacji obrazu graficznego mapy do innych układów współrzędnych.

METODYKA

Pojawienie się bogatego zbioru danych o środowisku przyrodniczym w postaci numerycznej mapy sozologicznej zainicjowało próbę opracowania na jej podstawie metodyki oceny stanu środowiska przyrodniczego. Wobec braku metody pozwalającej w sposób ilościowy i kompleksowy ocenić stan środowiska przyrodniczego postanowiono zaadaptować do tego celu miarę syntetyczną, która znalazła już swoje zastosowanie w badaniach naukowych z wielu dziedzin. Zastosowanie miary syntetycznej znajduje swoje uzasadnienie w badaniach tych zjawisk, które można poprawnie opisać tylko za pomocą pewnego ciągu lub zbioru cech. Celowe wydaje się więc wykorzystanie miary syntetycznej do oceny środowiska przyrodniczego, którego stan jest wypadkową wielu zmiennych i którego nie da się opisać za pomocą tylko jednej miary. Miary syntetyczne mają tę zaletę, iż z powodzeniem można je wykorzystywać do kwantyfikacji zjawisk agregatowych (wielowymiarowych, wielocechowych), dając możliwości analiz porównawczych i prognostycznych (D. Strahl 1978).

W związku z tym, że kartograficzne ujęcie wielu zjawisk interesujących nauki geograficzne, szczególnie dotyczących określenia ich wielkości (natężenia) i lokalizacji, wymaga oparcia się na jednostkach przestrzennych, pierwszym etapem procedury badawczej jest ustalenie i określenie typu powierzchni stanowiącej podstawę dalszej analizy i oceny. Wybór pola podstawowego oceny podyktowany jest jedynie przyjętym celem oceny, bowiem z wykorzystaniem GIS weryfikacja i transformacja bazy danych z ujęcia arkuszowego na układ obiektowy nawiązujący do przyjętych jednostek (zlewni, jednostek fizyczno-geograficznych, jednostek podziału administracyjnego, figur geometrycznych) nie stanowi obecnie bariery w postępowaniu badawczym.

Kolejnym etapem było rozbudowanie bazy danych w wyniku pomiarów kartometrycznych przeprowadzonych z wykorzystaniem narzędzia w postaci języka zapytań SQL, który umożliwił wybór obiektów spełniających zadane kryteria. W efekcie bazę danych

uzupełniono, określając ilościowo atrybuty obiektów powierzchniowych, liniowych (długość dróg, linii kolejowych, długość cieków prowadzących wody I, II, III klasy czystości, wody pozaklasowe itd.), punktowych (liczba składowisk odpadów, surowców, paliw itd.), obliczono również statystyki ilościowe dotyczące wielkości emisji gazów i pyłów, wielkości zrzutów ścieków.

W rezultacie uporządkowano bazę danych przestrzennych, ujmując je w formie macierzy, zwanej także geograficzną macierzą informacji. W macierzy tej ($i \times j$) dla każdej jednostki przestrzennej przeznaczony jest jeden wiersz, a dla każdej cechy diagnostycznej jedna kolumna. Na podstawie uzyskanej bazy danych opracowano cząstkowe wskaźniki kartograficzno-statystyczne, które następnie podzielono w zależności od kierunku wpływu na stan środowiska przyrodniczego, i tak jedną grupę stanowiły stymulanty, czyli cechy stanowiące potencjał (walory) środowiska przyrodniczego, przyczyniające się do poprawy jego jakości, drugą grupę stanowiły destymulanty, wpływające negatywnie na jego stan (zanieczyszczenia i zagrożenia), które pogrupowano na zasadzie ich negatywnego oddziaływania na konkretny komponent środowiska przyrodniczego (atmo-, lito-, pedo-, fito-, bądź hydrosferę). Istnieją również elementy, które mają niewątpliwie degradacyjny wpływ na środowisko przyrodnicze, a nie zostały zaliczone do jednej z powyższych grup. Powodem były trudności związane z ustaleniem ich negatywnego oddziaływania na dany komponent, zorganizowano je wobec tego w osobną grupę wskaźników, przedstawiających obciążenie przestrzeni infrastrukturą techniczną. Analogicznie uporządkowano zbiór stymulant.

Zestawienie wskaźników diagnostycznych, stanowiących podstawę konstrukcji miary syntetycznej stanu środowiska, przedstawiono w tabelach 1 i 2.

Ze względu na fakt, że wszystkie wskaźniki przyjmują wartości bezwzględne, różnią się kilkoma rzędami wielkości i posiadają różne miana, należało doprowadzić je do postaci porównywalnej. Uzyskanie tego warunku zostało spełnione poprzez normalizację wskaźników cząstkowych.

Tabela 1. Zestawienie wskaźników diagnostycznych zanieczyszczeń i zagrożeń środowiska przyrodniczego.
Table 1. List of measures of pollutants and threats to the environment.

WSKAŹNIKI DIAGNOSTYCZNE	JEDN.	WARTOŚĆ WZORCOWA
ATMOSFERA		
zanieczyszczenie i zagrożenie środowiska przyrodniczego emisją gazów	t. /km ² /rok	wartość zerowa
zanieczyszczenie i zagrożenie środowiska przyrodniczego emisją pyłów	t. /km ² /rok	wartość zerowa
zanieczyszczenie i zagrożenie środowiska przyrodniczego emisją gazów i pyłów ze źródeł emisji niskiej	t. /km ² /rok	wartość zerowa
zanieczyszczenie i zagrożenie środowiska przyrodniczego ponadnormatywnymi stężeniami SO ₂	%	wartość zerowa
zagrożenie środowiska przyr. uciążliwymi odorami	szt./km ²	wartość zerowa
zagrożenie środowiska przyrodniczego hałasem emitowanym przez źródła punktowe	szt./km ²	wartość zerowa
zagrożenie środowiska przyr. hałasem komunikacyjnym	km/km ²	wartość zerowa
HYDROSFERA		
Wody powierzchniowe		
obciążenie wód powierzchniowych zrzutami ścieków przemysłowych	m ³ /d/km ²	wartość zerowa
obciążenie wód powierzchniowych zrzutami ścieków komunalnych i rolniczych	m ³ /d/km ²	wartość zerowa
udział cieków prowadzących wody o III klasie czystości	%	wartość zerowa
udział cieków prowadzących wody pozaklasowe	%	wartość zerowa
udział cieków prowadzących wody zanieczyszczone niebadane	%	wartość zerowa
udział cieków, w których nastąpiło zaburzenie reżimu hydrologicznego	%	wartość zerowa
udział cieków, na których nastąpiła utrata więzi hydraulicznej	%	wartość zerowa
udział zbiorników wodnych o III klasie czystości wód	%	wartość zerowa
udział zbiorników wodnych o wodach pozaklasowych	%	wartość zerowa
udział zbiorników wodnych o wodach zanieczyszczonych niesklasyfikowanych	%	wartość zerowa
gęstość małych (nieudających się przedstawić w skali mapy) zbiorników wodnych	szt./km ²	wartość zerowa
Wody podziemne		
udział obszarów o zanieczyszcz. wodach podziemnych	%	wartość zerowa
udział obszarów o sztucznie obniżonym zwierciadle wód podziemnych	%	wartość zerowa
udział obszarów o sztucznie podniesionym zwierciadle wód podziemnych	%	wartość zerowa
udział obszarów objętych zasięgiem aktualnych lejów depresyjnych	%	wartość zerowa
udział obszarów szczególnie podatnych na infiltrację zanieczyszczeń do wód podziemnych	%	wartość zerowa
LITOSFERA		
udział gruntów antropogenicznych o miąższości nieprzekraczającej 2 m	%	min. wartość
udział gruntów antropogenicznych o miąższości powyżej 2 m	%	wartość zerowa
udział powierzchni zajętych przez wyrobiska	%	wartość zerowa
liczba wyrobisk (nieudających się przedstawić w skali mapy) przypadających na jednostkę pow. odniesienia	szt./km ²	wartość zerowa
udział powierzchni zajętych przez zwałowiska	%	wartość zerowa
liczba zwałowisk (nieudających się przedstawić w skali mapy) przypadających na jednostkę pow. odniesienia	szt./km ²	wartość zerowa
udział powierzchni zajętych przez obszary górnicze	%	wartość zerowa
udział powierzchni zdeformowanych w efekcie eksploatacji górniczej	%	wartość zerowa
liczba składowisk odpadów przemysłowych przypadających na pow. jednostki odniesienia	szt./km ²	wartość zerowa
liczba składowisk odpadów komunalnych przypadających na pow. jednostki odniesienia	szt./km ²	wartość zerowa
liczba wylewisk odpadów przypadających na pow. jednostki odniesienia	szt./km ²	wartość zerowa
liczba składowisk paliw przypadających na pow. jednostki odniesienia	szt./km ²	wartość zerowa
liczba składowisk surowców przemysłowych przypadających na pow. jednostki odniesienia	szt./km ²	wartość zerowa
liczba składowisk surowców rolniczych i leśnych przypadających na pow. jednostki odniesienia	szt./km ²	wartość zerowa
liczba cmentarzy przypadająca na pow. jednostki odniesienia	szt./km ²	wartość zerowa
PEDOSFERA		
udział gruntów podatnych na denudację naturogeniczną i uprawową	%	wartość zerowa
udział obszarów narażonych na zalewy powodziowe	%	wartość zerowa
FITOSFERA		
udział powierzchni leśnych o słabo uszkodzonym drzewostanie (defoliacja do 10 %)	%	wartość zerowa
udział powierzchni leśnych o średnio uszkodzonym drzewostanie (defoliacja 10-25%)	%	wartość zerowa
udział powierzchni leśnych o silnie uszkodzonym drzewostanie (defoliacja 25-60 %)	%	wartość zerowa
OBCIĄŻENIE INFRASTRUKTURĄ TECHNICZNĄ		
gęstość dróg o dużym natężeniu ruchu	km/km ²	min. wartość
gęstość linii kolejowych	km/km ²	wartość zerowa
gęstość linii elektroenergetycznych wysokiego napięcia	km/km ²	wartość zerowa

Tabela 2. Zestawienie wskaźników wartości potencjału.
Table 2. List of measures of potential value.

WSKAŹNIKI DIAGNOSTYCZNE	JEDN.	WARTOŚĆ WZORCOWA
FITOSFERA		
lesistość	%	max. wartość
udział łąk i pastwisk	%	max. wartość
udział zieleni urządzonej	%	max. wartość
PEDOSFERA		
udział gruntów ornych chronionych	%	max. wartość
HYDROSFERA		
gęstość sieci rzecznej	km/km ²	max. wartość
jeziorność	%	max. wartość
udział cieków prowadzących wody o I klasie czystości	%	100%
udział cieków prowadzących wody o II klasie czystości	%	100%
udział zbiorników wodnych o I klasie czystości wód	%	100%
udział zbiorników wodnych o II klasie czystości wód	%	100%
OBSZARY CHRONIONE		
udział parków krajobrazowych	%	max. wartość
udział otulin parków krajobrazowych	%	max. wartość
udział obszarów chronionego krajobrazu	%	max. wartość
udział rezerwatów przyrody	%	max. wartość
liczba pomników przyrody przypadających na jednostkę powierzchni odniesienia	%	max. wartość
udział stref ochronnych ujęć wód powierzchniowych	%	max. wartość
udział stref ochronnych ujęć wód podziemnych	%	max. wartość

Metoda zastosowana do normowania wskaźników diagnostycznych, zwana unitaryzacją (T. Borys 1978), wyrażona jest wzorami:

dla stymulant

$$u_s = \frac{x_i^{(j)} - x_{\min}^{(j)}}{x_{wz}^{(j)} - x_{\min}^{(j)}}$$

dla destymulant:

$$u_{ds} = \frac{x_i^{(j)} - x_{\max}^{(j)}}{x_{wz}^{(j)} - x_{\max}^{(j)}}$$

$x_i^{(j)}$ – wartość bezwzględna i-tej cechy w zbiorze j - elementowym,
 $x_{\min}^{(j)}, x_{\max}^{(j)}$ – bezwzględne wartości minimalne i maksymalne w j -elementowym zbiorze danej cechy,
 $x_{wz}^{(j)}$ - wartość wzorcowa dla danej cechy.

Koncepcja tej metody opiera się na określeniu wzorca - obiektu referencyjnego służącego do określenia miejsca w „porządku” pozostałych obiektów zbioru (D. Strahl 1978). Wartościami wzorcowymi dla cech diagnostycznych mogą być prawnie ustalone normy (np.: zawartości substancji toksycznych czy pierwiastków metali ciężkich w powietrzu, glebie, wodzie itp.), czyli takie graniczne wartości, których przekroczenie bądź obniżenie będzie miało negatywny wpływ na stan środowiska przyrodniczego, a co za tym idzie na człowieka jako podmiot środowiska. Dla większości cech analizowanych w niniejszym opracowaniu takie normy nie zostały określone z powodu braku empirycznych ustaleń wartości granicznych, bądź ustalanie ich jest nieuzasadnione z logicznego punktu widzenia

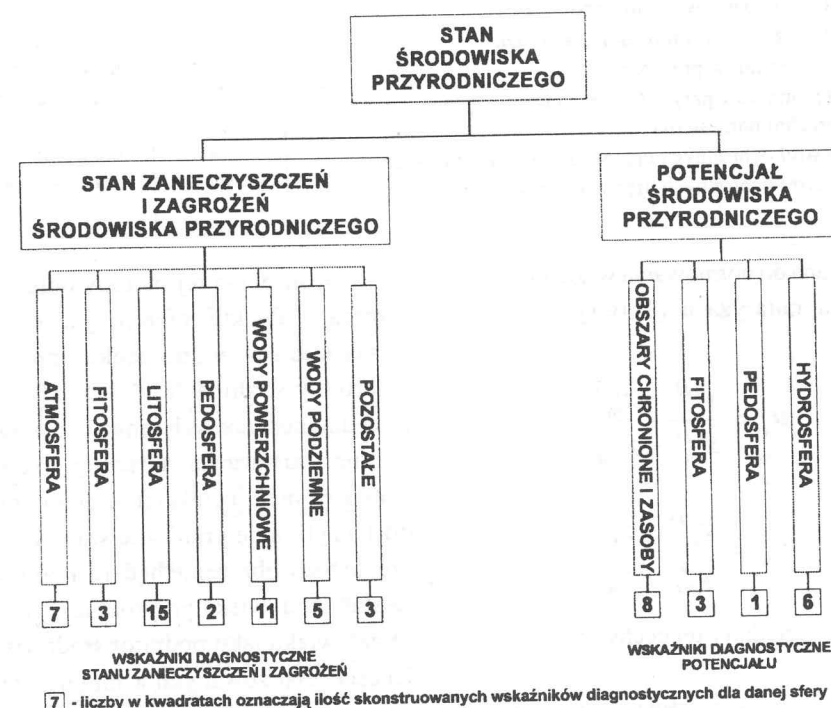
(np. norma lesistości, jeziorności, gęstości sieci rzecznej). Wobec braku ogólnie przyjętych i zdefiniowanych norm, ustalono, że wartościami wzorcowymi będą, jako prawdopodobne i istniejące, dla destymulant - wartości minimalne wskaźnika w zbiorze danej cechy, natomiast dla stymulant - wartości maksymalne w zbiorze danej cechy. Obliczone w ten sposób znormalizowane wskaźniki cząstkowe posiadają bardzo ważną zaletę - pozostają względem siebie w takim samym stosunku, jak odpowiadające im wartości mianowane.

W związku z tym, że konstrukcja miar syntetycznych polega na agregowaniu pojęć o niższym stopniu w jedno pojęcie o wyższym stopniu abstrakcji (R. Janikowski 1987), również w przypadku metody prezentowanej w niniejszym opracowaniu, znormalizowane wskaźniki cząstkowe pogrupowano w ramach poszczególnych sfer środowiska przyrodniczego (atmosfera, litosfera, hydrosfera, fitosfera, pedosfera, antroposfera) i poddano trzypoziomowej agregacji (porównaj ryc 1.), uzyskując na najwyższym poziomie syntetyczny wskaźnik stanu środowiska przyrodniczego. Bardzo

ważną zaletą prezentowanej metody jest łatwość interpretacji wyników, bowiem wartości wszystkich wskaźników (poczynając od cząstkowych znormalizowanych, poprzez te na poszczególnych etapach agregacji) zawierają się w przedziale od 0 do 1 i w obu zbiorach, zarówno stymulant, jak i destymulant, występuje jednolita kierunkowo preferencja wartości: im wyższa wartość wskaźnika, tym bliższa wartości wzorcowej, najkorzystniejszej z punktu widzenia stanu środowiska przyrodniczego.

Adaptacja miary syntetycznej do oceny jakości środowiska przyrodniczego pozwoliła na:

- interpretację i porównywanie cech obiektów wyrażonych ilościowo na poziomie wskaźników diagnostycznych, na poziomie pośrednim, charakteryzującym stan poszczególnych komponentów środowiska przyrodniczego i poziomie syntetycznego wskaźnika obliczonego dla badanych jednostek przestrzennych,
- wskazanie czynnika wiodącego, który zadecydował o ukształtowaniu się wartości danej miary,



Ryc. 1. Schemat konstrukcji syntetycznego wskaźnika stanu środowiska przyrodniczego.
Fig. 1. Scheme of construction of synthetic measure of the natural environment state.

co umożliwia określenie elementu najbardziej zagrożonego i zanieczyszczonego czy też decydującego o potencjale badanej jednostki,

- ranking badanych jednostek w oparciu o kryterium jakości środowiska oraz ich wymierne porównywanie.

PRZYKŁADY ZASTOSOWAŃ PREZENTOWANEJ METODY BADAWCZEJ

Przestrzenna diagnoza stanu środowiska przyrodniczego wybranych obszarów województwa śląskiego.

W celu sprawdzenia skuteczności, rzetelności oraz przydatności prezentowanej metody w syntetycznych badaniach stanu środowiska podjęto próbę opracowania przestrzennej diagnozy obszaru zróżnicowanego ze względu na warunki przyrodnicze, rozwój społeczno-gospodarczy i stopień nasilenia antropopresji. Najlepiej wymienione kryteria spełniał obszar obejmujący swym zasięgiem GOP, przechodzący na przestrzeni 80 km w pas Pogórza Beskidzkiego i Beskidów. W jego obrębie wyróżniono 100 jednostek (miast i gmin) należących administracyjnie do województwa śląskiego, które przyjęto za pola podstawowe oceny. Podstawę analizy i oceny stanu środowiska przyrodniczego tych jednostek stanowiły informacje zintegrowane w bazach danych 32 arkuszy mapy sozologicznej, pokrywających obszar badań. Przyjęcie powierzchni miast i gmin za pola podstawowe oceny wiązało się z weryfikacją i transformacją bazy danych numerycznej mapy sozologicznej, opracowanej w ujęciu arkuszowym, na układ nawiązujący do podziału administracyjnego. Operacja ta polegała na:

- łączeniu obszarów położonych na różnych arkuszach w jeden obiekt - w tym przypadku gminę lub miasto,
- wyselekcjonowaniu ze wszystkich warstw tematycznych danego arkusza informacji dotyczących jedynie wskazanej jednostki administracyjnej, np. z warstwy tematycznej grunty orne chronione należało wyodrębnić tylko te położone w obrębie wskazanej gminy, z warstwy drogi - wskazać odcinki przebiegające przez obszar gminy itd.,

- zapisaniu tych informacji w odrębnej bazie danych, utworzonej dla każdej poddanej analizie jednostki administracyjnej.

Przy założeniu, że na treść każdego arkusza mapy sozologicznej składa się ponad 60 warstw tematycznych, a analizie poddano 100 jednostek administracyjnych, etap transformacji i tworzenia bazy danych w ujęciu obiektowym należy określić jako najbardziej czasochłonny i wymagający największego nakładu pracy. Jednak dzięki wykorzystaniu GIS jako narzędzia wspomagającego nie stanowił on bariery w postępowaniu badawczym.

W każdej z badanych jednostek określono stan środowiska przyrodniczego wyrażony wartością syntetycznego wskaźnika obliczonego według schematu przedstawionego w metodycznej części niniejszego opracowania. Na podstawie obliczonych wartości wskaźników syntetycznych wyodrębniono jednorodną grupę obszarów o zbliżonym poziomie stanu środowiska przyrodniczego, wykorzystując metodę k-średnich. Polega ona na pogrupowaniu wszystkich badanych jednostek (100 miast i gmin) w określoną liczbę regionów, które będą maksymalnie różniły się od siebie, a jednocześnie stanowić będą jednorodny regiony o zbliżonym poziomie stanu środowiska i zbliżonej strukturze przyjętych do analizy syntetycznych wskaźników stanu zanieczyszczeń i zagrożeń oraz potencjału środowiska.

W efekcie zastosowanej procedury badawczej uzyskano przestrzenną diagnozę stanu środowiska przyrodniczego, która pomyślana została jako dochodzenie do syntezy przestrzennej poprzez diagnozę poszczególnych jego komponentów. Analityczne podejście umożliwiło rozpoznanie stanu poszczególnych komponentów w obrębie całego badanego obszaru i wyselekcjonowanie obszarów, gdzie rozpoznany stan wskazuje na zagrożenie i trwałe przeobrażenie komponentu, oraz obszarów, gdzie stopień przeobrażenia danego komponentu nie stanowi zagrożenia dla równowagi w systemie środowiska przyrodniczego. Synteza tych informacji pozwoliła na ocenę stanu środowiska w aspekcie ilościowym, systematyzującym i prognozytycznym.

1. Ocena stanu środowiska w aspekcie ilościowym - stan środowiska przyrodniczego każdej z badanych jednostek przestrzennych wyrażono wartością syntetycznego wskaźnika, co pozwoliło określić stopień zróżnicowania tych jednostek i uszeregować je na liście rankingowej według przyjętego kryterium stanu środowiska. Fragmenty rankingu badanych jednostek zaprezentowano w tabeli 3.
2. Ocena stanu środowiska w aspekcie systematyzującym - który polegał na sklasyfikowaniu badanych jednostek przestrzennych w pięciu grupach we-

dług kryterium stanu środowiska i wyodrębnieniu obszarów o największym stopniu zanieczyszczeń i zagrożeń środowiska przyrodniczego (najniższy poziom syntetycznej miary stanu środowiska przyrodniczego), obszarów referencyjnych o najkorzystniejszych (najwyższych) wartościach syntetycznej miary stanu środowiska i trzech typów obszarów pośrednich (o zadowalającym, średnim i niekorzystnym stanie środowiska przyrodniczego). Do pierwszej z wymienionych grup, gdzie stan środowiska oceniono jako bardzo niekorzystny, zakwalifikowa-

Tabela 3. Ranking badanych jednostek przestrzennych według syntetycznego wskaźnika stanu środowiska przyrodniczego (WS_STAN).
Table 3. The ranking of the studied units the synthetic environmental index.

Lp.	JEDNOSTKA	WS_STAN	Lp.	JEDNOSTKA	WS_STAN
	Wilamowice/m.	0,5824	.	.	.
	Wilamowice	0,5774	.	.	.
	Strumień	0,5713	.	.	.
	Zebrzydowice	0,5666	.	.	.
	Chybie	0,5590	.	.	.
	Bestwina	0,5558	71.	Goleszów	0,4655
	Czechowice - Dzielizce	0,5553	72.	Gliwice	0,4609
	Pawłowice	0,5539	73.	Bojszowy	0,4598
	Wielowieś	0,5470	74.	Skoczów/m.	0,4589
	Toszek	0,5464	75.	Tarnowskie Góry	0,4552
	Hażlach	0,5380	76.	Świerklany	0,4540
	Zbrostawice	0,5351	77.	Dąbrowa Górnicza	0,4508
	Sośnicowice	0,5310	78.	Czechowice - Dzielizce/m.	0,4499
	Pszczyna	0,5308	79.	Bielsko - Biała	0,4479
	Ujsoły	0,5280	80.	Knurów	0,4407
	Poreba	0,5266	81.	Łazy	0,4396
	Skoczów	0,5262	82.	Tychy	0,4390
	Toszek/m.	0,5227	83.	Czerwionka - Leszczyny/m.	0,4364
	Pilchowice	0,5216	84.	Lędziny	0,4317
	Rajcza	0,5174	85.	Piekary Śląskie	0,4298
	Suszec	0,5173	86.	Rybnik	0,4260
	Kalety	0,5164	87.	Cieszyn	0,4254
	Dębowiec	0,5158	88.	Siemianowice Śląskie	0,4240
	Rudziniec	0,5154	89.	Mysłowice	0,4068
	Żywiec	0,5153	90.	Będzin	0,4040
	Jeleśnia	0,5151	91.	Jaworzno	0,4017
	Milówka	0,5150	92.	Katowice	0,3981
	Miedźna	0,5133	93.	Zabrze	0,3920
	Strumień/m.	0,5132	94.	Czeladź	0,3868
	Radziechowy	0,5124	95.	Łaziska Górne	0,3866
.	.	.	96.	Bytom	0,3854
.	.	.	97.	Chorzów	0,3731
.	.	.	98.	Ruda Śląska	0,3532
.	.	.	99.	Świętochłowice	0,3385
.	.	.	100.	Sosnowiec	0,3382

no 16 jednostek, 13 z nich tworzy zwarty, połączony wspólnymi granicami region, obejmujący główne miasta Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego: Zabrze, Bytom, Rudę Śląską, Świętochłowice, Chorzów, Siemianowice Śląskie, Piekary Śląskie, Katowice, Czeladź, Będzin, Sosnowiec, Mysłowice, Jaworzno. Trzy pozostałe jednostki to Łaziska Górne, Rybnik i Cieszyn, które nie są połączone terytorialnie wymienionym regionem. Przeprowadzona wielokryterialna analiza, obejmująca stan zanieczyszczeń i zagrożeń poszczególnych komponentów środowiska przyrodniczego oraz ich potencjał, pozwala stwierdzić, że na wskazanym obszarze występują trwałe zanieczyszczenia i obciążenia środowiska przyrodniczego w obrębie wszystkich uwzględnianych elementów, a swym zasięgiem obejmują one znaczny odsetek ocenianego terenu. Bardzo duży stan zanieczyszczeń i zagrożeń przy niewielkim potencjale tego obszaru wpływa na zaburzenie równowagi w systemie środowiska przyrodniczego. Wartości syntetycznego wskaźnika stanu środowiska, charakteryzujące opisaną powyżej grupę jednostek, zawierały się w przedziale od 0,3352 do 0,4396. Wśród 100 analizowanych jednostek miastem o najsilniej zdegradowanym środowisku przyrodniczym, którego stan oceniono najniżej, jest Sosnowiec.

W grupie obszarów referencyjnych charakteryzujących się najkorzystniejszymi wartościami wskaźnika syntetycznego, stan środowiska przyrodniczego określono jako dobry, nie zaś bardzo dobry, bowiem najwyższa uzyskana wartość wskaźnika wynosiła 0,5824, co w stosunku do wartości maksymalnej możliwej do osiągnięcia, równej 1, uznać należy za wartość średnią. Grupę tę stanowi zaledwie 10 jednostek, 8 z nich (miasto i gmina Wilamowice, Bestwina, Czechowice-Dzielizce, Chybie, Skoczów, Strumień, Zebrzydowice, Pawłowice) tworzy równoleżnikowy zwarty pas, wypełniający częściowo Kotlinę Oświęcimską i Pogórze Śląskie, a dwie pozostałe: Wielowieś i Toszek położone są w północno-zachodniej części Wyżyny Śląskiej. Są to gminy charakteryzujące się niewielkim stopniem zanieczyszczeń i zagrożeń oraz wysokimi wartościami potencjału, co wyraźnie wyróżniło je na tle

innych analizowanych jednostek.

3. Ocena stanu środowiska w aspekcie prognostycznym - poprzez:

- Identyfikację najbardziej zagrożonych i przeobrażonych komponentów środowiska przyrodniczego badanych jednostek oraz ich głównych watorów; wyrażenie tych elementów syntetycznymi wskaźnikami umożliwia ocenę stopnia zróżnicowania stanu zanieczyszczeń i zagrożeń oraz potencjału między poszczególnymi komponentami tworzącymi system środowiska przyrodniczego danej gminy czy miasta.
- Określenie sprawności ekologicznej systemu środowiska przyrodniczego jako prostego modelu prognostycznego

$$\eta = \frac{P}{O} \quad (1)$$

η - sprawność systemu,

P - potencjał systemu - wszelkie zasoby środowiska kreujące jego zdolność do zaspokajania potrzeb człowieka,

O - opór systemu - czynniki ograniczające potencjał i wpływające negatywnie na rozwój systemu, czyli zanieczyszczenia i zagrożenia środowiska przyrodniczego (naturalne i antropogeniczne) obniżające wartość potencjału.

Zwiększenie sprawności systemu środowiska przyrodniczego nastąpić może poprzez wzrost potencjału, zmniejszenie oporu, czyli zmniejszenie stopnia zanieczyszczeń i zagrożeń, bądź też jednocześnie działanie w obu zaprezentowanych nurtach. Pozwala to na modelowanie poszczególnych parametrów stanu środowiska przyrodniczego i tworzenie optymalnych wariantów jego rozwoju.

Najwyższą wydolność systemu odnotowano w: mieście i gminie Wilamowice, gminach Pawłowice, Chybie, Zbrostawice, Bestwina, Toszek, Zebrzydowice i Hażlach (25-30%). Najniższą w Świętochłowicach, Sosnowcu, Rudzie Śląskiej, Czeladzi (poniżej 10%).

Tabela 4. Ocena dynamiki zmian środowiska przyrodniczego miasta Sosnowca w latach 1995 – 2000.
Table 4. Evaluation of the dynamics of changes in the natural environment of Sosnowiec in years 1995-2000.

WSKAŹNIK	1995	2000	WZROST/ SPADEK WARTOŚCI WSKAŹNIKA	TYP DYNAMIKI ZMIAN
				INTENSYWNOŚĆ KIERUNEK
ZANIECZYSZCZENIE I ZAGROŻENIE	0,6428	0,6729	+ 0,0301	słabo - dodatni
POTENCJAŁU	0,0356	0,0508	+ 0,0125	słabo - dodatni
STANU ŚRODOWISKA PRZYRODNICZEGO	0,3392	0,3619	+ 0,0227	Słabo - dodatni

■ Ocenę dynamiki zmienności parametrów charakteryzujących stan zanieczyszczeń i zagrożeń oraz potencjał środowiska przyrodniczego, co pozwala sprowadzić problem prognozowania zmian do badania odstępstw od założonych wskaźników optymalnego stanu, narzucenia przyrostu danego parametru w określonym interwale czasowym czy oceny dynamiki zmienności parametrów w określonym horyzoncie czasowym. Przykład zastosowania ostatniego z wymienionych rozwiązań metodycznych do oceny dynamiki zmian stanu środowiska przyrodniczego miasta Sosnowca, w którym sytuację określono jako najmniej korzystną, prezentuje tabela 2.

Wartości obliczonych wskaźników syntetycznych stanu zanieczyszczeń i zagrożeń środowiska przyrodniczego miasta Sosnowca oraz jego potencjału wykazują tendencje wzrostowe. Intensywność zmian jest niewielka, ale odnotowany wzrost wartości wskaźników pozwala stwierdzić, że proces degradacji miasta został zahamowany, a podjęte działania uruchomiły proces odtwarzania potencjału. Efektem integracji tych działań jest niewielka poprawa stanu środowiska przyrodniczego miasta Sosnowca.

Przedstawiony przykład prezentuje możliwości zastosowania numerycznej mapy sozologicznej w sali 1: 50 000 jako narzędzia badania środowiska przyrodniczego oraz podstawowego źródła informacji o jego stanie. Przestrzenna dyferencjacja środowiska przyrodniczego i społeczno-gospodarczego, przyjęta za tło badawcze, znalazła bezpośrednie odzwierciedlenie w ocenie stanu środowiska, uzyskanej w wyniku przeprowadzonej procedury. Jego niekorzystny stan jest

wprost proporcjonalny do stopnia urbanizacji, uprzemysłowienia i wielofunkcyjności badanego obszaru. Uzyskanie takich wyników nie jest zaskakujące, ale jednocześnie potwierdza poprawność, skuteczność i rzetelność prezentowanej metody diagnozowania stanu środowiska przyrodniczego. Za osiągnięcie niniejszej pracy uznać można wielowymiarowość przeprowadzonej analizy, wyrażoną 63 wskaźnikami diagnostycznymi. Ich liczba oraz wartość diagnostyczna, potwierdzona uzyskanymi wynikami, pozwala uznać numeryczną mapę sozologiczną za rzetelne źródło informacji o stanie środowiska, a przyjęte rozwiązania metodyczne za propozycje rozwiązania problematyki syntetycznych badań nad jakością środowiska przyrodniczego.

Stan środowiska przyrodniczego a zachorowalność na choroby cywilizacyjne

Prezentowaną w niniejszym artykule metodę oceny jakości środowiska przyrodniczego wykorzystano również w badaniach nad wpływem stanu środowiska przyrodniczego na zachorowalność na wybrane choroby cywilizacyjne. Obszar badań stanowiło miasto Poznań (w granicach administracyjnych) – jako przykład terenu o wysokim stopniu przekształceń antropogenicznych, którego obszar został podzielony na mniejsze jednostki terytorialne. Podstawą do wyznaczenia jednostek przestrzennych był podział obszaru Poznania zawarty w ustaleniach generalnych do Miejscowego Planu Ogólnego Zagospodarowania Przestrzennego Miasta Poznania. Na tej podstawie wyznaczono trzy strefy, a w ich ramach, uwzględniając założenia urbanistyczne oraz strukturę przestrzenną miasta,

mniejsze jednostki – podstrefy (oznaczone symbolami od Ia do IIId), stanowiące pola podstawowe oceny.

Zasadniczą część badań stanowiła diagnoza stanu środowiska, przeprowadzona w jednostkach przestrzennych miasta Poznania (tab. 5). Oceny stanu środowiska w wyznaczonych jednostkach przestrzennych (podstrefach) Poznania dokonano zgodnie z założeniami metodycznymi, które zostały zawarte w niniejszym artykule.

Kolejnym etapem badań była ocena poziomu zachorowalności mieszkańców miasta Poznania na wybrane choroby cywilizacyjne w latach 1989-1998.

Do przedstawienia sytuacji zdrowotnej mieszkańców miasta Poznania posłużono się negatywnymi,

pośrednimi miernikami zdrowia, które charakteryzują zdrowie nie wprost, ale poprzez liczbę oraz rodzaj zachorowań; takim miernikiem jest współczynnik zachorowalności.

Do analizy zachorowalności wybrano następujące choroby cywilizacyjne:

- pierwotne nowotwory najczęstszych umiejscowień,
- choroby układu oddechowego,
- choroby układu krążenia.

Wartości współczynników (tab. 6) wyznaczano (w każdej z jednostek przestrzennych Poznania) dla dwóch grup wiekowych: produkcyjnej (ludność w wieku od 20 do 59 lat) i poprodukcyjnej (powyżej 60 lat).

Tabela 5. Syntetyczne wskaźniki degradacji, walorów i stanu środowiska przyrodniczego dla poszczególnych jednostek przestrzennych.
Table 5. Synthetic indices of degradation, indices for environmental values and an index of the state of the natural environment calculated for particular spatial units.

	Wskaźnik degradacji atmosfery	Wskaźnik degradacji litosfery	Wskaźnik degradacji hydrosfery	Wskaźnik infrastruktury	Wskaźnik degradacji środowiska przyrodniczego	Wskaźnik walorów fitosfery	Wskaźnik obszarów chronionych	Wskaźnik walorów hydrosfery	Wskaźnik walorów środowiska przyrodniczego	Wskaźnik stanu środowiska przyrodniczego
Ia	0,4237	0,7196	0,1710	0,2500	0,3911	0,1223	0,2500	0,1107	0,1610	0,2760
Ib	0,3241	0,7214	0,0000	0,4956	0,3853	0,4558	0,0978	0,1445	0,2327	0,3090
IIa	0,6179	0,7082	0,3083	0,5566	0,5477	0,1783	0,1387	0,0033	0,1068	0,3273
IIb	0,5753	0,4222	0,2743	0,5288	0,4501	0,1254	0,1250	0,0666	0,1056	0,2779
IIc	0,4050	0,5837	0,4484	0,6063	0,5108	0,3777	0,2753	0,0000	0,2177	0,3643
IIIa	0,9982	0,7781	0,6150	0,6850	0,7691	0,1905	0,4715	0,3719	0,3446	0,5568
IIIb	0,8884	0,9201	0,3116	0,8507	0,7427	0,4879	0,5522	0,2080	0,4160	0,5794
IIIc	0,9548	0,6141	0,4191	0,8304	0,7046	0,6723	0,1355	0,4333	0,4137	0,5591
IIId	0,9714	0,9208	0,3395	0,7261	0,7395	0,4030	0,1045	0,4215	0,3096	0,5245

Źródło (Source): Obliczenia własne

Tabela 6. Średnie współczynniki zachorowalności na wybrane choroby cywilizacyjne w poszczególnych jednostkach przestrzennych.
Table 6. The mean incidence rates of the particular civilisation-related diseases calculated for particular spatial units.

jednostki przestrzenne	Współczynniki zachorowalności na nowotwory pierwotnych umiejscowień		Współczynniki zachorowalności na choroby układu oddechowego		Współczynniki zachorowalności na choroby układu krążenia	
	20-59 lat	pow. 60 lat	20-59 lat	pow. 60 lat	20-59 lat	pow. 60 lat
Ia	1,7488	10,206	2,9332	4,0869	0,7344	3,1497
Ib	1,6103	9,2673	2,9294	4,3764	0,7703	2,7668
IIa	1,4800	9,6640	2,5045	3,7963	0,6875	3,5270
IIb	1,6815	9,3169	1,9992	3,7633	0,8492	3,6409
IIc	1,6117	9,4118	2,8227	4,3927	0,6890	3,3141
IIIa	0,9954	8,6505	2,0674	4,1522	0,7657	2,4716
IIIb	1,2706	7,4346	1,5381	4,4118	0,4618	2,7428
IIIc	1,2328	7,4387	2,2976	4,3111	0,7205	2,8982
IIId	1,1364	8,2031	1,9176	2,9297	0,4058	3,3482

Źródło (Source): Obliczenia własne

Aby odpowiedzieć na pytanie, czy zgromadzone dane potwierdzają istnienie zależności między badanymi zmiennymi (wskaźnikami opisującymi stan środowiska a współczynnikami zachorowalności) i czy jest to silna zależność, obliczono współczynnik korelacji liniowej Pearsona (tab. 7), odzwierciedlający stopień współzależności liniowej pomiędzy dwoma zbiorami danych.

Na podstawie analizy współczynników korelacji zamieszczonych w tabeli, stwierdzono, że ich większość (z nielicznymi wyjątkami, które są nieistotne statystycznie) jest ujemna, czyli małe wartości w jednym zbiorze odpowiadają dużym wartościom w drugim zbiorze, inaczej mówiąc, im wyższy syntetyczny wskaźnik dotyczący środowiska (świadczący o lepszej sytuacji w środowisku), tym niższy współczynnik zachorowalności, i odwrotnie, im niższy syntetyczny wskaźnik dotyczący środowiska (świadczący o gorszej sytuacji w środowisku), tym wyższy współczynnik zachorowalności. Ujemna korelacja świadczy o odwrotnie proporcjonalnej zależności pomiędzy wskaźnikami środowiska a współczynnikami zachorowalności.

Około 30% obliczonych współczynników korelacji jest istotnych statystycznie na poziomie istotności $\alpha=0,05$, a wśród nich prawie połowa na poziomie istotności $\alpha=0,01$.

Otrzymane wyniki wskazują, że:

- Najwięcej istotnych współczynników korelacji (13 spośród 20 obliczonych) występuje w zbiorze pomiędzy wskaźnikami dotyczącymi jakości środowiska a współczynnikami zachorowalności na choroby nowotworowe.
- Najmniej istotnych współczynników korelacji (2 spośród 20 obliczonych) występuje w zbiorze pomiędzy wskaźnikami dotyczącymi jakości środowiska przyrodniczego a współczynnikami zachorowalności na choroby układu krążenia.

Zaprezentowane wyniki potwierdzają tezę głoszoną w literaturze medycznej, iż ryzyko zachorowania na choroby układu krążenia związane jest w większym stopniu z małą aktywnością fizyczną, niewłaściwą dietą, stresem, paleniem papierosów niż z zanieczyszczeniem środowiska, natomiast w przypadku chorób nowotworowych czynniki ryzyka, zwłaszcza w przypadku niektórych umiejscowień, nie są do końca poznane, dlatego znaczenie stanu środowiska w etiologii tych chorób nie powinno być marginalizowane, szczególnie w świetle przeprowadzonych badań.

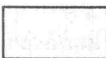
Uzyskane wyniki nie dały jednoznacznej odpowiedzi na pytanie, w jakim stopniu jakość środowiska wpływa na zdrowie człowieka, pozwoliły natomiast na wskazanie zarówno siły powiązań pomiędzy badanymi

Tabela 7. Współczynniki korelacji Pearsona syntetycznych wskaźników jakości środowiska przyrodniczego i współczynników zachorowalności na wybrane choroby cywilizacyjne.

Table 7. The Pearson's correlation coefficients between the synthetic indices of the quality of the natural environment and the incidence rates of the particular civilisation-related diseases.

	Współczynniki zachorowalności na nowotwory pierwotnych umiejscowień		Współczynniki zachorowalności na choroby układu oddechowego		Współczynniki zachorowalności na choroby układu krążenia	
	20-59 lat	pow. 60 lat	20-59 lat	pow. 60 lat	20-59 lat	pow. 60 lat
Syntetyczne wskaźniki degradacji atmosfery	* -0,9253	-0,7938	-0,7963	-0,3084	-0,4836	-0,3412
Syntetyczne wskaźniki degradacji litosfery	-0,5790	-0,4032	-0,3534	-0,2215	* -0,8070	-0,4627
Syntetyczne wskaźniki degradacji hydrosfery	-0,6636	-0,3636	-0,4172	-0,0279	-0,0878	-0,1826
Syntetyczne wskaźniki infrastruktury	-0,7716	* -0,9332	-0,7237	0,0115	-0,5175	-0,3314
Syntetyczne wskaźniki degradacji środowiska przyrodniczego	* -0,9525	* -0,8171	-0,7586	-0,1923	-0,5872	-0,4107
Syntetyczne wskaźniki walorów fitosfery	-0,3592	-0,7658	-0,1513	0,2710	-0,3912	-0,3903
Syntetyczne wskaźniki obszarów chronionych	-0,3905	-0,3158	-0,4352	0,4447	-0,2421	-0,6000
Syntetyczne wskaźniki walorów hydrosfery	* -0,8249	-0,7348	-0,4734	-0,2556	-0,3652	-0,5236
Syntetyczne wskaźniki walorów środowiska przyrodniczego	-0,7638	* -0,9006	-0,5069	0,2266	-0,4925	-0,7333
Syntetyczne wskaźniki stanu środowiska przyrodniczego	* -0,9197	* -0,9016	-0,6862	-0,0111	-0,5770	-0,5816

Źródło (Source): Obliczenia własne

-  - współczynniki korelacji istotne na poziomie $\alpha = 0,05$
* - współczynniki korelacji istotne na poziomie $\alpha = 0,01$

zbiorami zmiennych, jak również istotnych zależności pomiędzy nimi. Jest to niewątpliwy asumpt do dalszych, bardziej szczegółowych badań, w których wykorzystanie technik GIS, umożliwiających śledzenie zmienno-

ści zjawisk w czasie, jak również ze względu na aspekt przestrzenny badań, wydaje się w obecnych czasach koniecznością.

Bibliografia

- Berry J. K., 1987, *Fundamental operations in computer-assisted map analysis*, Int. Journal of Geographical Information Systems, vol. 1, no. 2.
- Borys T., 1978, *Metody normowania cech w statystycznych badaniach porównawczych*, Przegląd Statystyczny, t. XXV, z. 2, s. 227–240, Warszawa.
- Gaździcki J., 1990, *Systemy informacji przestrzennej*, PPWK, Warszawa.
- Janikowski R., 1987, *Reguła tworzenia oceny całościowej*, Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej. Seria Architektura, z. 4, nr 869.
- Strahl D., 1978, *Propozycja konstrukcji miary syntetycznej*, [w:] Przegląd Statystyczny t. XXV, z. 2, s. 205–215, Warszawa.
- Tomlin C. D., 1989, *Geographical Information Systems*, Prentice Hall.
- Urbański J., 1997, *Zrozumieć GIS. Analiza informacji przestrzennej*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.

Summary

A methodological proposal is put forward for the solution of problems involved in synthetic environmental studies which is based on a system of indicators and on synthetic measures of the state of the environment derived from them. The source material employed is a digital sozological map at a scale of 1 : 50,000 providing a wealth of information about the state of the natural environment and fulfilling basic GIS functions. Its content is presented at six information levels (the protection of the environment and its resources, its susceptibility to degradation, environmental degradation, reclamation, wasteland) which are made up of almost 60 thematic layers. Objects and phenomena presented in the particular layers have links to a database, checked and updated to include quantitative characteristics obtained largely from cartometric measurements. On the basis of this information system, cartographic-statistical indicators (measures, detailed features) were developed which characterise the level of pollution of and risk to the particular components of the natural environment (features undesirable from the point of view of the phenomenon studied) and its potential (features which enhance the value of the phenomenon).

The diagnostic indicators of the state of the natural environment were used to construct a synthetic measure of the pollution and risk levels as well as a synthetic value of the potential. Detailed features were organised into a hierarchical three-level system. The lowest includes detailed measures which are grouped at the second level into aggregate features characterising the level of pollution of and risk to the particular components of the natural environment: the atmosphere, lithosphere, pedosphere, hydrosphere, phytosphere, and anthroposphere, as well as the potential value, e.g., within the hydrosphere. The highest aggregation level is the pollution of the natural environment of the unit under study and the risks it is exposed to, as well as the value of the potential accumulated in it. These factors make up the synthetic indicator of the state of the environment.

On the basis of this synthetic indicator, a classification was carried out to distinguish groups of areas as uniform as to the state of their natural environments. It was used to identify and characterise the most thre-

atened areas as well as reference areas with the best synthetic measures of the state of their natural environments.