

ANALIZA PRZESTRZENNA ROZKŁADU OBIEKTÓW W PRZESTRZENI GEOGRAFICZNEJ ZA POMOCĄ NARZĘDZI GIS¹

SPATIAL ANALYSIS OF OBJECTS DISTRIBUTION IN GEOGRAPHIC SPACE BY MEANS OF GIS TOOLS

Konrad Eckes

Wydział Geodezji Górniczej i Inżynierii Środowiska, Akademia Górniczo-Hutnicza

Słowa kluczowe: przestrzenny rozkład obiektów, zrównoważony rozwój, GIS
Keywords: spatial object distribution, sustainable development, GIS

Ukierunkowanie analiz przestrzennego rozkładu na obiekty dotyczące zrównoważonego rozwoju

W literaturze można spotkać wiele definicji pojęcia „zrównoważony rozwój”. Większość nich skupia się wyłącznie na rozwoju gospodarki zgodnym z uwarunkowaniami przyrodniczymi. Są jednak definicje traktujące zrównoważony rozwój szeroko – wiążąc z przyrodą wszelką aktywność cywilizacyjną: *Zrównoważony rozwój jest koncepcją ‘wielowymiarową’, obejmującą wszystkie podstawowe aspekty rozwoju o charakterze społecznym, ekonomicznym, ekologicznym, przestrzennym i kulturowym* (Sarzała, 2003).

Włączenie do definicji tego pojęcia aspektu przestrzennego wydaje się ze wszech miar słuszne, ponieważ zarówno obiekty przyrody jak również obiekty antropogeniczne i znaczna część aktywności cywilizacyjnej – wszystko to ma swoje odniesienie przestrzenne.

W literaturze pojawiają się takie określenia jak równy dostęp do dóbr przyrody lub do dóbr wytworzonych przez cywilizację. Przez dobra przyrody należy rozumieć takie elementarne dobra jak dostęp do wody pitnej lub dobra wyższego rzędu jak na przykład dostęp do miejsc wypoczynku w środowisku przyrodniczym. Dobra wytworzone przez cywilizację należy traktować również bardzo szeroko: zrównoważony rozwój powinien zapewniać człowiekowi między innymi sprawiedliwy dostęp do placówek oświaty, służby zdrowia, usług administracji i kultury.

Ze sprawiedliwym dostępem do różnych dóbr wiąże się bezpośrednio zasada równomiernego rozkładu dóbr w przestrzeni geograficznej. Z tej zasady wynika dalszy problem: jak w sposób praktyczny, sformalizowany można ocenić równomierność rozkładu różnych dóbr

¹ Przedstawiona w niniejszej publikacji tematyka została opracowana jako zadanie badań własnych w AGH, nr 10.10.150.844/07 w 2007 roku

w przestrzeni, zapewniający zrównoważony i sprawiedliwy dostęp dla mieszkańców kraju, regionu lub społeczności lokalnej. W niniejszej pracy został podjęty temat oceny równomiernego rozkładu dóbr w przestrzeni geograficznej, ukierunkowany na obiekty dotyczące zrównoważonego rozwoju.

Relacje przestrzenne podlegające analizie

Dobra przyrodnicze i cywilizacyjne mają w przestrzeni geograficznej zróżnicowane kształty i mogą być odwzorowywane na mapach przez znaki umowne powierzchniowe, liniowe lub punktowe. Przykładem tych pierwszych dóbr mogą być obszary leśne lub wodne, przykładem drugich mogą być linie brzegów morskich. Dobra o niewielkich wymiarach są reprezentowane przez znaki punktowe.

Założenia upraszczające

W naszych rozważaniach ograniczymy się do dóbr o reprezentacji punktowej, przyjmując jednak założenie, że analizując dostęp do dóbr powierzchniowych lub liniowych – można w tychże dobrach wyróżnić pewne punkty, które te dobra mogą z powodzeniem reprezentować. Dla dóbr o rozciągłości powierzchniowej jak na przykład lasy – mogą to być stacje kolei podmiejskiej lub parkingi. W skali regionu przez znaki punktowe mogą być reprezentowane miejscowości uzdrowiskowe. Także dobra liniowe, jak wybrzeża morskie, mogą być również reprezentowane przez znaki punktowe ośrodków wypoczynkowych.

Dobra centralne i rozproszone

Dobra przyrodnicze i cywilizacyjne, które w dalszej części pracy będziemy nazywać alternatywnie obiektami, mogą być dobrami szczególnymi (rzadkimi) lub powszechnymi. Do dóbr szczególnych można zaliczyć takie obiekty przyrody jak rezerваты, parki narodowe oraz dobra cywilizacyjne jak porty lotnicze, zakłady przemysłowe zatrudniające znaczną liczbę pracowników, ponadlokalne ośrodki administracyjne. Wymienione obiekty mają dość często centralne położenie przestrzenne, czasem także peryferyjne. Jednak łączy je wspólna relacja przestrzenna – te dobra kształtują układy komunikacyjne kraju, regionu lub obszaru lokalnego i na tej podstawie możemy je nazywać dobrami centralnymi. Z dobrami centralnymi wiąże się zawsze relacja przestrzenna dostępu – to znaczy dojazdu do obiektu centralnego określoną drogą i w określonym czasie.

Drugim rodzajem dóbr są dobra powszechnego dostępu jak oświata, służba zdrowia lub codzienny wypoczynek w kontakcie z przyrodą. Także i w tym przypadku bardzo ważny jest dostęp do tych dóbr – rozpatrywany w skali lokalnej. Aby był zapewniony sprawiedliwy dostęp do dóbr w skali lokalnej – te dobra w skali globalnej muszą być zlokalizowane w optymalnym rozproszeniu. Muszą być tak rozmieszczone w przestrzeni, aby w każdym lokalnym miejscu zapewniony był do nich niezbędny dostęp. Mówiąc inaczej – dostęp lokalny do dóbr rozproszonych jest funkcją przestrzennego rozmieszczenia tych dóbr.

Analizy dostępu do obiektów centralnych

Problematyka dostępu do obiektów centralnych jest opisana w literaturze. Również pakiety GIS i edytory grafiki oferują narzędzia programowe do oceny takiego dostępu. Z przestrzennego punktu widzenia oferowane są dwa typy zadań: liniowa analiza dostępu – wzdłuż szlaków komunikacyjnych oraz analiza wzdłuż linii komunikacyjnych z równoczesnym uwzględnieniem zależności powierzchniowych.

To pierwsze zadanie znane jest pod nazwą analiz sieciowych (Gaździcki, 2002). Zaawansowane pakiety GIS posiadają narzędzia programowe do wyznaczania najkrótszej drogi (z warunkami dodatkowymi), najkrótszego czasu przejazdu i najniższych kosztów – pomiędzy dwoma wybranymi punktami. Na dalszym etapie zaawansowania można wykonywać na sieciach geograficznych zadania strefowania czasowego względem wybranego punktu (Eckes, 2006 – przykład na str. 87). Ponieważ sieci mogą być gęste na jakimś obszarze – można tu mówić także o pewnych relacjach powierzchniowych.

Znany jest problem wyznaczania izochron, linii równego czasu dojazdu. Zadanie to charakteryzuje się powiązaniem linii komunikacyjnych z lokalnymi fragmentami terenu (Eckes, 2006 – przykład na str. 86). Cechą charakterystyczną tego zadania jest uwzględnienie dwóch różnych środków komunikacji: centralnej, w sposób gwiazdzisty rozchodzącej się od obiektu dostępu i lokalnej – wokół stacji i przystanków. Lokalne relacje czasowe są przedstawiane jako bufor o promieniu wynikającym z przyjętej szybkości komunikacji lokalnej i pozostających resztek czasu do ustalonych interwałów czasowych (izochron).

Podsumowując ten zarys można stwierdzić, że metody oceny dostępu do dóbr centralnych (szczególnych) są znane i nie wymagają dalszych rozważań. Należy także zwrócić uwagę na fakt, że z dóbr centralnych korzysta tylko pewna część społeczeństwa, dlatego w naszych rozważaniach skupimy się przede wszystkim na dobrach powszechnych, rozproszonych – na dostępie do tych dóbr i ich przestrzennym rozkładzie.

Relacje dostępu do dóbr rozproszonych

W analizowaniu dostępu do dóbr rozproszonych w zakresie lokalnym możemy wyróżnić dwa zadania: analiza dostępu do konkretnego wybranego obiektu oraz analiza przestrzenna polegająca na wyborze obiektu z pewnej liczby obiektów, znajdujących się w najbliższym otoczeniu.

To pierwsze zadanie może być analizowane takimi samymi metodami jak w przypadku studiów dostępu do obiektów centralnych. Zmianie ulega jedynie skala problemu i parametry środków komunikacji. Natomiast innym problemem jest wybór obiektu. Kryteriami takiego wyboru mogą być minimalna odległość lub najkrótszy czas dojazdu.

Narzędzia programowe zaawansowanych pakietów GIS oferują przydatną funkcję *NEAR* – wyszukiwania najbliższego obiektu punktowego, liniowego lub powierzchniowego. To narzędzie ma charakter uniwersalny i może służyć do wyznaczania najbliższych obiektów technicznych, na przykład konkretnych przewodów poziomych do przyłączenia powstającej budowli, jak również może służyć do znajdowania najbliższych dóbr przyrody, jak źródła, potoki lub parki krajobrazowe.

Z punktu widzenia globalnej oceny rozkładu dóbr na pewnym obszarze bardzo przydatne jest wyznaczanie granic równego dostępu. Mając zadany układ obiektów na pewnym obszarze należy wyznaczyć granice podziału przestrzeni na takie obszary elementarne, żeby każdy

dowolny punkt, znajdujący się wewnątrz obszaru elementarnego, był zawsze położony bliżej obiektu reprezentującego dany obszar elementarny – niż jakiegokolwiek innego sąsiedniego obiektu. Taki problem jest znany w literaturze i posiada kilka nazw. Najbardziej trafną i praktyczną nazwą jest tak zwany problem „urzędu pocztowego” (Meier, 1986). Problem „urzędu pocztowego” dotyczy podziału obszaru na strefy obsługiwane przez doręczycieli oraz przydzielenia każdej grupie ludności jednego urzędu pocztowego, zlokalizowanego bliżej (dla każdego mieszkańca strefy) niż jakiegokolwiek innego sąsiedni urząd pocztowy. Podział zwany problemem „urzędu pocztowego” powstaje w wyniku działania algorytmu wiążącego w siatkę trójkątów obiekty rozproszone na pewnym obszarze. Algorytm znany jest między innymi pod nazwą algorytmu triangulacji Delaunay’a z wykorzystaniem wieloboków Thiessena. Został opisany w wielu pozycjach literatury, między innymi został przytoczony w pracy (Eckes, 2006).

Wykorzystanie problemu „urzędu pocztowego” do oceny rozkładu obiektów rozproszonych wnosi pewne wartości: wyznacza granice równego dostępu i pośrednio, dla każdego punktu – wskazuje obiekt najbliższy. Ustalona za pomocą algorytmu Delaunaya siatka triangulacyjna, rozpięta na obiektach rozmieszczonych w węzłach – pozwala na wyznaczanie odległości pomiędzy obiektami.

Problem „urzędu pocztowego” pozwala ocenić konkretny stan faktyczny, natomiast nie może odpowiedzieć na pytanie: jaki rozkład przestrzenny obiektów (dóbr przyrodniczych lub cywilizacyjnych) jest najlepszy. Ponadto algorytm wyznaczający strefy „urzędu pocztowego” jest bardzo pracochłonny, a jego trudność rośnie wraz z liczbą analizowanych punktów. Zatem konieczne jest znalezienie prostych i poglądowych metod poszukiwania i oceny układu obiektów rozproszonych; takich układów, które w najlepszy sposób mogą zaspokajać potrzeby ludności.

Propozycja analizy rozkładu przestrzennego obiektów za pomocą hierarchicznego podziału obszaru

Tradycyjne oceny przybliżone

Tradycyjne i najprostsze sposoby oceny rozkładu obiektów punktowych polegają na podaniu liczby tych obiektów występujących na obranej jednostce obszaru. Jednostkami obszaru mogą być oczka jednostopniowej siatki regularnej. W podobny sposób można oceniać obiekty liniowe, podając ich sumaryczną długość, odniesioną do jednostki obszaru (jak na przykład gęstość dróg lokalnych). Ocenę obiektów powierzchniowych podaje się w mierze procentowej (na przykład procent lesistości regionu).

Wymienione sposoby oceny są bardzo proste, ale posiadają duże wady – nie mówią nic o rozkładzie przestrzennym dóbr. Drugą wadą przybliżonej oceny jest nieuwzględnienie lokalnego zróżnicowania zapotrzebowania na dobra przyrodnicze i cywilizacyjne. Takie zapotrzebowania mogą wynikać na przykład z lokalnych różnic gęstości zaludnienia obszaru. Pewnym rozwiązaniem problemu jest zagęszczenie siatki odniesienia, ale wtedy może się zdarzyć, że obiekty stanowiące pewne dobra, które występowały w oczkach siatki typowego podziału – nie wystąpią w wielu oczkach siatki podziału zagęszczonego. W tej sytuacji ocena się komplikuje.

Projekt zastosowania podziału zgodnego z drzewem czwórkowym do analizy rozkładu obiektów

Według propozycji autora do rozwiązania problemu oceny przestrzennego rozkładu obiektów może być zastosowany hierarchiczny podział obszaru. W takim podziale można analizować równowagę przestrzennego rozkładu jako porównywalną liczbę obiektów w obrębie poszczególnych pól, w ramach tego samego stopnia podziału, jak również można obserwować utrzymywanie się obiektów w procesie kolejnego podziału – w zakresie pól malejących.

Ten pierwszy czynnik mówi o pewnej równowadze skalarnej, o porównywalnej liczbie dóbr występujących na identycznych obszarach, ale nie mówi nic o położeniu obiektów w ramach pól. Natomiast ten drugi czynnik – utrzymywania się obiektów na dalszych stopniach podziału, mówi o zachowaniu lub niezachowaniu równomierności rozkładu obiektów. Dla układów regularnych obiekty będą się pojawiać w zrównoważonej liczbie na polach dalszego podziału, zgodnego z drzewem czwórkowym. Dla nieregularnych układów obiektów – będą się one pojawiać jedynie na pewnej części pól dalszego podziału, natomiast znikną z części pozostałych.

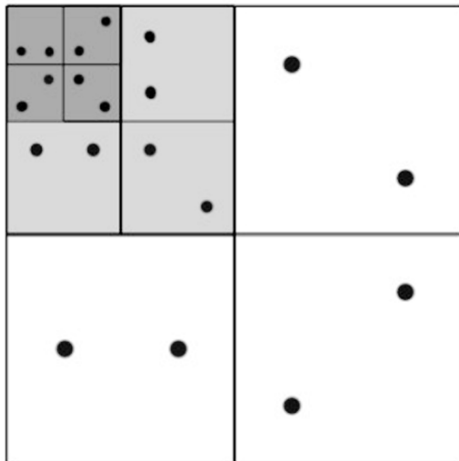
Zatem propozycja analizy równowagi za pomocą podziału hierarchicznego dostarcza nam dwóch ocen: ocenę skalarnej równowagi liczbowej oraz ocenę przestrzennego rozmieszczenia.

Analiza rozmieszczenia obiektów zgodna z podziałem hierarchicznym posiada jeszcze jedną zaletę – może być dostosowana do zróżnicowanego rozkładu zapotrzebowania na dobra przyrodnicze i cywilizacyjne. Adaptacja zapotrzebowania metody do takich założeń wstępnych została przedstawiona w niżej zamieszczonym podrozdziale.

Analiza równowagi przestrzennej przy założeniu zróżnicowanego zapotrzebowania na dobra przyrodnicze i cywilizacyjne

W omawianym poprzednim przypadku wszystkie pola traktowane były na równi, nie były narzucane żadne warunki wstępne dotyczące lokalnych zapotrzebowań na dobra przyrodnicze i cywilizacyjne. Mówiąc inaczej – nie były definiowane wymagane lokalne gęstości obiektów. Rozpatrzmy teraz ten ogólny przypadek oceny rozkładu obiektów – w relacji do zadanego rozkładu potrzeb. Gęstość potrzeb może być określona w drzewie czwórkowym za pomocą dokonania kolejnego stopnia podziału: rejony w których zapotrzebowanie na pewne dobra jest duże – dzielone są odpowiednio na mniejsze pola; rejony o niewielkim zapotrzebowaniu – pozostają na etapie pierwszego stopnia podziału zgodnego z drzewem czwórkowym (rys. 1). Jeżeli na taki startowy układ pól naniesiemy istniejący stan obiektów, to możemy wtedy ocenić stan równowagi rozkładu obiektów – ich liczba powinna być porównywalna w zakresie wszystkich pól tak ukształtowanego stanu startowego. Kolejne stopnie podziału, które będą generować pola o zróżnicowanych wymiarach, pozwolą na dalszą ocenę równomierności rozkładu obiektów na poziomie lokalnym.

Zachodzi podobieństwo w parametrach oceny równomierności układu obiektów w przypadku nie stawiania żadnych założeń wstępnych i przy stawianiu takich założeń w postaci zróżnicowanego zapotrzebowania na dobra przyrodnicze i cywilizacyjne. Generalną różnicę stanowi układ startowy podziału zgodnego z drzewem czwórkowym: w tym pierwszym przypadku jest to podział generujący na kolejnych etapach pola równej wielkości, natomiast w drugim przypadku układ startowy jest budowany z lokalnych stopni zaawansowanego podziału. Tak ukształtowany stan pierwotny podlega ocenie równowagi rozkładu obiektów;



Rys. 1. Przykładowa ocena stopnia równowagi przestrzennej za pomocą podziału zgodnego z drzewem czwórkowym, z założeniem zróżnicowanego rozkładu zapotrzebowania na dobra przyrodnicze i cywilizacyjne; rysunek przedstawia przykładowy stan wyjściowy do dalszego podziału, odzwierciedlający w pozycji startowej w przybliżeniu układ zrównoważony

jest on zrównoważony, jeżeli ich liczba w każdym polu, niezależnie od jego wielkości jest w przybliżeniu równa (rys.1).

Ocena zrównoważonego rozkładu obiektów metodą podziału zgodnego z drzewem czwórkowym jest metodą o poglądowej interpretacji geometrycznej. Zaproponowana metoda jest lepsza niż ocena statystyczna odniesiona do siatki. Liczba obiektów ocenianych jest na ogół niewielka, występują układy o skrajnych wartościach, nie jest to dobry materiał źródłowy do oceny metodami statystycznymi.

Analiza równowagi przestrzennej metodą podziału zgodnego z drzewem czwórkowym ma też pewne wady – zwłaszcza w przypadku drugim, kiedy za pomocą dalszych wielkości pól musimy odwzorowywać lokalne zapotrzebowania na dobra przyrodnicze i cywilizacyjne. Zaproponowana metoda nie powinna być stosowana w przypadku, gdy liczba obiektów podlegających ocenie rozkładu jest bardzo mała.

Propozycja oceny rozkładu przestrzennego obiektów za pomocą narastającego bufora

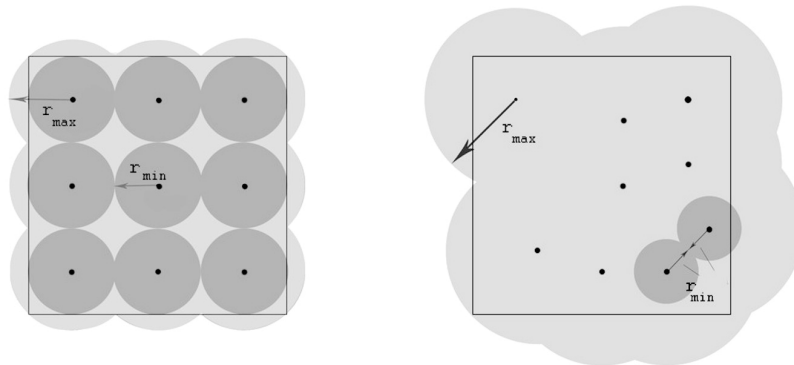
Proponowana w tym artykule analiza równomierności rozkładu obiektów punktowych w określonym obszarze metodą narastającego bufora (MNB) realizowana jest w n krokach. W każdym kroku wokół każdego punktu tworzy się kołowy bufor o jednakowym dla wszystkich punktów w danym kroku promieniu r . Jego wartość początkowa powinna być mniejsza od połowy odległości pomiędzy dwoma najbliższymi punktami w rozpatrywanym zbiorze. Każdy następny krok wykonywany jest dla wartości r z poprzedniego kroku powiększonej o stały przyrost d . W trakcie procesu należy odnotować:

- wielkość promienia r_{min} , przy której bufory po raz pierwszy zaczynają się nakładać,
- wielkość promienia r_{max} , przy której bufory po raz pierwszy zaczynają pokrywać cały rozpatrywany obszar.

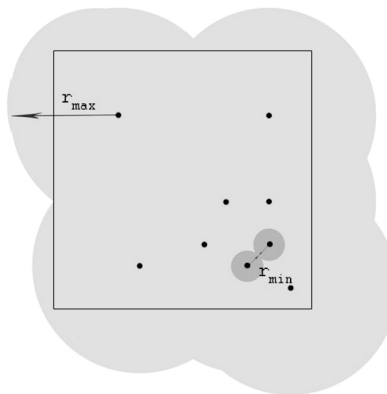
Po uzyskaniu r_{max} proces ulega zakończeniu. Użyteczną miarą równomierności rozkładu w danym obszarze jest wielkość wskaźnika

$$w = r_{min} / r_{max} \quad (0 < w < 1)$$

Rysunek 2 zawiera ilustrację graficzną zastosowania metody narastającego bufora do oceny przestrzennego rozkładu obiektów – dla trzech różnych przypadków. Rysunek 2a przedstawia układ wzorcowy, w którym obiekty zostały zlokalizowane w węzłach siatki



Rys. 2. Ilustracja graficzna oceny przestrzennego rozkładu obiektów metodą narastającego bufora:
 a – przedstawia wzorcowy rozkład obiektów rozmieszczonych w węzłach siatki regularnej,
 b – pokazuje stan nierównomiernego rozkładu obiektów,
 c – przedstawia stan całkowitego braku równowagi przestrzennej;
 wskaźnik równomierności rozkładu w dla tych trzech przypadków przyjmuje odpowiednio wartości: 0,71, 0,32 i 0,14



kwadratów; rysunek 2b pokazuje stan nieuporządkowania obiektów; rysunek 2c obrazuje stan całkowitego braku równowagi przestrzennej. Wskaźnik równomierności rozkładu w dla stanu wzorcowego przyjmuje wartość 0,71, dla dwóch pozostałych stanów wynosi odpowiednio 0,32 i 0,14.

Przedstawione metoda jest przedmiotem dalszych prac prowadzonych przez autora w tej dziedzinie.

Podsumowanie

Myślą przewodnią niniejszej pracy jest teza, że zrównoważony rozwój ma także wiele aspektów przestrzennych. Takie stanowisko reprezentują ci autorzy, którzy zrównoważony rozwój traktują szeroko – wiążąc przyrodę z wszelką aktywnością cywilizacyjną. Zgodnie z takim stanowiskiem zrównoważony rozwój powinien między innymi zapewniać sprawiedliwy dostęp do wszelkich dóbr przyrodniczych i cywilizacyjnych.

Wśród wielu dóbr można wyróżnić pewne dobra szczególne, zazwyczaj wykorzystywane tylko przez pewną część społeczeństwa. Rozkład takich dóbr w przestrzeni jest rzadki. Z tymi dobrami wiąże się relacja przestrzenna dostępu. Natomiast w przypadku dóbr powszech-

nych, których liczba i gęstość jest znacznie większa – w analizie globalnej mamy do czynienia z relacją zrównoważonego, optymalnego rozkładu przestrzennego.

W pracy dokonano przeglądu metod oceny dostępu do dóbr szczególnych (centralnych), a także do dóbr powszechnych. Najwięcej miejsca poświęcono ocenie zrównoważonego rozkładu przestrzennego dóbr powszechnych. Do oceny tego rozkładu zaproponowano dwie metody: metodę bazującą na hierarchicznym podziale przestrzeni oraz metodę wykorzystującą narzędzia GIS – metodę narastającego bufora (MNB).

Literatura

- Eckes K., 2006: Modele i analizy w systemach informacji przestrzennej. AGH, Uczelniane Wydawnictwa Naukowo-Dydaktyczne, Kraków.
- Gaździcki J., 2002: Leksykon geomatyczny. PTIP, Warszawa.
- Meier A., 1986: Methoden der graphischen und geometrischen Datenverarbeitung. B. G. Teubner, Stuttgart.
- Sarzała D., 2003: Sustainable Development jako alternatywna koncepcja rozwoju cywilizacyjnego. [W:] Filozoficzne i społeczne uwarunkowania zrównoważonego rozwoju. Monografie Komitetu Inżynierii Środowiska PAN, vol. 16.

Summary

The assumption of this paper is the basic thesis that sustainable development has many spatial aspects. This point of view is represented by authors, who broadly treat sustainable development as combining the nature with every civilization activity. According to this point of view sustainable development should, among others, ensure appropriate access to natural and civilization goods. There are here two spatial relations to consider: the relation of access and the relation of balanced, optimal distribution in space, in a global analysis.

Two methods are proposed in this paper for the assessment of spatial distribution: the method based on hierarchical space division and the method of increasing buffer.

dr hab. inż. Konrad Eckes, prof. n. AGH
keckes@agh.edu.pl
tel. (012) 617 23 05