

MODELOWANIE DOSTĘPNOŚCI KOMUNIKACYJNEJ NIERUCHOMOŚCI JAKO ATRYBUTU NIEZBĘDNEGO W PROCESIE WYCENY*

MODELLING OF REAL ESTATES COMMUNICATION ACCESSIBILITY AS AN ATTRIBUTE ESSENTIAL IN THE VALUATION PROCESS

Piotr Cichociński

Katedra Informacji o Terenie, Wydział Geodezji Górniczej i Inżynierii Środowiska,
Akademia Górniczo-Hutnicza

Słowa kluczowe: system informacji geograficznej, powszechna taksacja, atrybuty nieruchomości, dostępność komunikacyjna

Keywords: Geographic Information System (GIS), mass appraisal, real estate attributes, communication accessibility

Wstęp

Oczekiwana reforma podatków od nieruchomości i zastąpienie ich podatkiem katastralnym spowoduje konieczność dokonania powszechnej taksacji nieruchomości, czyli wyznaczenia wartości wszystkich nieruchomości. Jednym z podstawowych sposobów określania wartości rynkowej nieruchomości jest wycena realizowana podejściem porównawczym. Podejście to zakłada, że wartość rynkowa nieruchomości wyznaczana jest przez porównanie ich z innymi nieruchomościami podobnymi, dla których znane są ceny transakcyjne, a także cechy różniące te nieruchomości i mające istotny wpływ na ich wartość.

Jedną z zasadniczych trudności w przypadku wyceny w podejściu porównawczym jest konieczność posiadania informacji o nieruchomościach podobnych do wycenianej, które były przedmiotem obrotu na danym rynku nieruchomości. Powszechnie stosowana metoda określania cech obiektów na podstawie map lub wywiadu terenowego, wymaga uczestnictwa człowieka (operatora), co w przypadku powszechnej taksacji spowodowałoby olbrzymi nakład pracy koniecznej do wykonania, pociągając za sobą ogromne koszty. Lecz w rozwiązaniu tego problemu mogą pomóc systemy informacji geograficznej. Jednym z klasycznych ich zastosowań są analizy przestrzenne pozwalające na określenie przestrzennych cech obiektów oraz związków pomiędzy nimi. Można zatem zaproponować zastosowanie tych funkcji do wyznaczenia, oczywiście w oparciu o odpowiednie dane, charakterystyk nieruchomości istotnie wpływających na ich wartość. W dalszej części artykułu szczegółowo przeanalizowano atrybut *dostępność komunikacyjna*.

Sformułowanie problemu

Dostępność komunikacyjna nieruchomości jest parametrem określającym możliwość dotarcia do niej albo przemieszczając się własnym środkiem lokomocji lub też korzystając ze środków komunikacji zbiorowej. Pierwszy przypadek będzie miał większe znaczenie na terenach pozamiejskich, lecz tam również ze względu na rzadszą sieć komunikacji masowej nie bez znaczenia jest przypadek drugi.

Pod pojęciem dojazdu własnym środkiem lokomocji należy rozumieć przejazd po sieci drogowej do nieruchomości bezpośrednio z punktu centralnego, wokół którego skupia się życie mieszkańców danego obszaru. Na ocenę takiego dojazdu wpływ mają dwa czynniki: „odległość” nieruchomości od punktu centralnego oraz jakość, czy też może rodzaj nawierzchni drogi, którą ten dojazd się odbywa. Słowo odległość umyślnie zostało tutaj ujęte w cudzysłowy. Po pierwsze dlatego, że jej pomiar odbywa się nie w linii prostej lecz odpowiada ona dystansowi, który trzeba pokonać poruszając się drogami. Po drugie z tego powodu, że ostatecznie parametrem istotnym w tym przypadku nie jest tak naprawdę odległość, lecz czas dojazdu, a nie zawsze jest on wprost proporcjonalny do odległości. Kierowcy poruszający się w obszarach miejskich dobrze znają utrudnienia, takie jak na przykład korki, tworzące się w godzinach szczytów komunikacyjnych. Solidnie przeprowadzona analiza powinna również uwzględniać tego typu czynniki.

Dojazd środkami komunikacji zbiorowej, przynajmniej w części obejmującej ruch pojazdów, uzależniony jest od podobnych czynników. Zasadnicza różnica jednak wynika z tego, że środkami komunikacji masowej można dojechać tylko do wybranego przystanku, a następnie poruszać się już pieszo. Dlatego dla właściciela nieruchomości istotny jest również czas dotarcia do najbliższego przystanku. Taki podział na dwa, poniekąd niezależne etapy, znacząco utrudnia modelowanie. Ponadto w przypadku ruchu pieszego nie jest łatwo określić którądy on się odbywa. Na terenach o gęstej zabudowie i ogrodzonych działkach, piesi przemieszczają się wzdłuż dróg i ulic. Natomiast, gdy działki nie są zabudowane lub zabudowa jest luźna (dotyczy to również „blokowisk” z okresu PRL), ruch pieszy możliwy jest w zasadzie na całym obszarze pomiędzy budynkami. Dlatego istotne jest przygotowanie odpowiednich danych uwzględniających to zróżnicowanie.

Wymienione powyżej analizy można przeprowadzić bądź to niezależnie dla każdej nieruchomości, wyliczając najlepszą trasę przejazdu do centrum, lub też wyznaczając wokół centrum strefy o określonych czasach dojazdów i przyporządkowując do nich poszczególne nieruchomości.

Modele danych

Badanie warunków dojazdu do nieruchomości przeprowadzono w oparciu o dwa rodzaje modeli danych: wektorowe i rastrowe.

Dane wektorowe to zbiór wzajemnie powiązanych obiektów liniowych reprezentujących osie dróg i ulic, tworzących sieć drogową (ESRI, 2004). W oparciu o tego typu dane działają funkcje analiz sieciowych, badające poruszanie się wzdłuż poszczególnych elementów składowych sieci. Aby umożliwić przeprowadzenie takich analiz konieczne jest przypisanie poszczególnym odcinkom linii atrybutów, opisujących koszt przemieszczenia się wzdłuż dane-

go elementu, w zależności od kontekstu zwany oporem (ang. *impedance*) lub zapotrzebowaniem (ang. *demand*). Podstawową i najłatwiejszą do uzyskania miarą jest w tym przypadku długość odcinka, która może być w prosty sposób wyznaczona na podstawie geometrii obiektu. Inną istotną cechą jest czas niezbędny do pokonania danego fragmentu sieci, będący ilorazem długości oraz prędkości przemieszczania się. Wartość tego atrybutu jest już trudniejsza do uzyskania, gdyż konieczna jest znajomość prędkości.

Drugi z wykorzystanych modeli to model rastrowy. Wybrany fragment przestrzeni dzielony jest regularną siatką najczęściej na kwadratowe elementy, zwane pikselami. Każdemu pikselowi może być przypisana maksymalnie jedna jego wartość. W przypadku wykorzystania modelu rastrowego do analiz przemieszczania się wartość ta jest oporem, który należy pokonać, aby dotrzeć do kolejnego piksela. Podobnie jak dla danych wektorowych może to być długość – w tym przypadku wielkość piksela lub też czas, przy czym tak naprawdę korzystanie z tego pierwszego parametru nie ma specjalnego sensu, gdyż wszystkie piksele mają ten sam rozmiar. Można sobie co najwyżej wyobrazić przyporządkowanie wybranym pikselom bardzo dużej wartości oporu, w praktyce wykluczającej je z analizy.

Wykorzystane funkcje

W przypadku danych wektorowych skorzystano z wybranych funkcji analiz sieci geograficznych (ESRI, 1996). Zastosowano dwa narzędzia: znajdowanie najlepszej drogi (ang. *Best Route*) pomiędzy dwoma punktami oraz określanie obszaru obsługi (ang. *Service Area*).

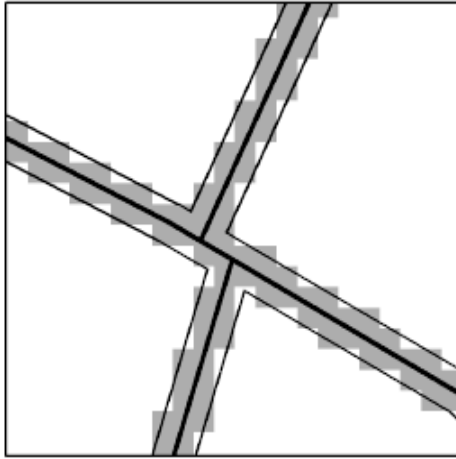
Poszukiwanie najlepszej drogi to wyznaczenie ciągu kolejnych, połączonych ze sobą odcinków sieci drogowej, których sumaryczny rozpatrywany opór (czyli długość lub czas przejazdu) jest najmniejszy. Obszarem obsługi jest natomiast zbiór wszystkich linii (lub wielobok obejmujący te linie), tworzących ścieżki wychodzące z punktu centralnego, których sumaryczny opór mierzony od punktu centralnego wzdłuż tych ścieżek będzie nie większy niż założona wartość.

W przypadku rastrowych posłużono się funkcją Koszt Odległości (ang. *Cost Distance*), która dla każdego piksela wyznacza zakumulowany koszt dotarcia do najbliższego centrum. Zaletą tej funkcji jest możliwość uwzględnienia centrum o charakterze wydłużonym, na przykład zlokalizowanego wzdłuż głównej drogi bądź ulicy, co jest często spotykane na terenach wiejskich.

Przygotowanie danych

Analizy o charakterze wektorowym ograniczone były do poruszania się po elementach sieci drogowej, niestety również dla ruchu pieszego. Należało tylko wyznaczyć i przyporządkować poszczególnym odcinkom linii osiowych opory wynikające z prędkości poruszania się, czy to pojazdami, czy też pieszo. Natomiast w przypadku rastrowych każdy z wariantów dojazdu wymusił odpowiednie przygotowanie danych (Brzuchowska, Maśko-Osiadacz, 1998).

Podstawą było zamodelowanie sieci drogowej za pomocą danych rastrowych. Dokonano tego wykonując jeszcze w postaci wektorowej bufor wokół osi dróg o wielkości 1 m, w wyniku czego powstały wydłużone obiekty powierzchniowe o szerokości 2 m. Zostały one



Rys. 1. Bufory wokół osi dróg w postaci wektorowej i rastrowej

następnie zamienione na raster o pikselu wielkości 1 m (rys. 1), co zapewniło szerokość wynikowych dróg co najmniej 1 piksel i zabezpieczyło przed ich przypadkowym przerwaniem. Następnie przy rozważaniu ruchu wyłącznie po drogach w procesie reklasyfikacji rastra pikselom reprezentującym drogę nadano wartość wynikającą z przyjętego oporu ruchu, natomiast pikselom poza drogami przypisano wartości „brak danych” (ang. *no data*).

Ponieważ na raster zostają zamieniane tak naprawdę obiekty powierzchniowe nie jest konieczne posiadanie danych wektorowych w postaci osi dróg. Wystarczą pochodzące z ewidencji gruntów informacje na temat działek pod drogami lub też użytków gruntowych typu droga. Niestety dane tego typu mają jedną wadę: ciągłość takich dróg jest przerywana na mostach,

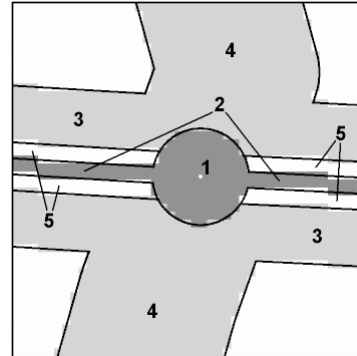
wiaduktach i przejazdach kolejowych. Wymaga to dodatkowego nakładu pracy na wyszukanie takich miejsc i odpowiednie poprawienie obrazu rastrowego.

Dane rastrowe umożliwiają również analizowanie przemieszczania się poza siecią dróg, co znalazło zastosowanie w przypadku badania ruchu pieszego. W tym celu na oddzielnej warstwie rastrowej pikselom odpowiadającym obszarom, na których możliwy jest ruch pieszego nadano wartość wynikającą z przyjętego oporu ruchu, natomiast pozostałym pikselom przypisano wartości „brak danych”.

Wymagającym szczególnego potraktowania problemem było połączenie w jednej analizie dojścia do przystanku oraz dojazdu środkiem komunikacji zbiorowej. Jak do tej pory udało się ten wariant analiz przeprowadzić wyłącznie w oparciu o dane rastrowe. Autor proponuje następujące rozwiązanie:

- 1) selekcję dróg, którymi przebiegają linie komunikacji zbiorowej,
- 2) wykonanie jeszcze w postaci wektorowej dwóch buforów wokół wybranych osi dróg o wielkościach odpowiednio 1 m i 3 m, w wyniku czego powstają wydłużone obiekty powierzchniowe o szerokości odpowiednio 2 m i 6 m,
- 3) wykonanie jeszcze w postaci wektorowej bufora wokół osi wszystkich dróg o wielkości 10 m, w wyniku czego powstają wydłużone obiekty powierzchniowe o szerokości 20 m,
- 4) wykonanie jeszcze w postaci wektorowej buforów wokół lokalizacji przystanków o promieniu 5 m,
- 5) przez użycie funkcji Aktualizuj (ang. *Update*) złączenie wszystkich powyższych buforów,
- 6) zamiana zbioru danych zawierających złączone bufory na raster o pikselu wielkości 1 m,
- 7) reklasyfikację tego rastra (rys. 2):
 - pikselom reprezentującym *wewnętrzne* bufory 1 m (wokół osi dróg) i 5 m (wokół przystanków) nadanie wartości odpowiadającej szybkości ruchu samochodowego,
 - pikselom należącym do pozostałości (w postaci dwóch pasków) bufora 3 m przypisanie wartości *brak danych*, co zabezpiecza przed możliwością opuszczenia drogi poza przystankami,

Rys. 2. Fragment zbioru danych, w postaci wektorowej i rastrowej, przygotowanego do przeprowadzenia analizy obejmującej dojście do przystanku oraz dojazd środkiem komunikacji zbiorowej: 1 – przystanek, 2 – droga komunikacji zbiorowej, 3 – obszar komunikacji pieszej wzdłuż ciągów komunikacji zbiorowej, 4 obszar komunikacji pieszej, 5 – bufor uniemożliwiający opuszczenie drogi poza przystankiem



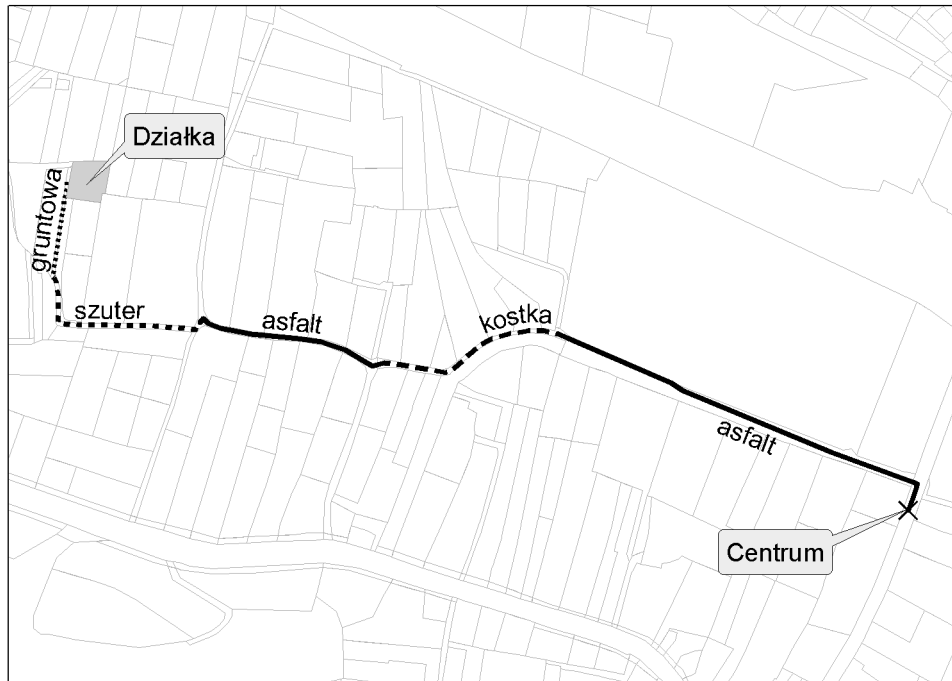
- pikselom reprezentującym zewnętrzne bufory 10 m nadanie wartości odpowiadającej szybkości ruchu pieszego. Wielkość tego bufora umożliwia również ruch pieszy wzdłuż dróg z komunikacją zbiorową.

Wyniki analiz

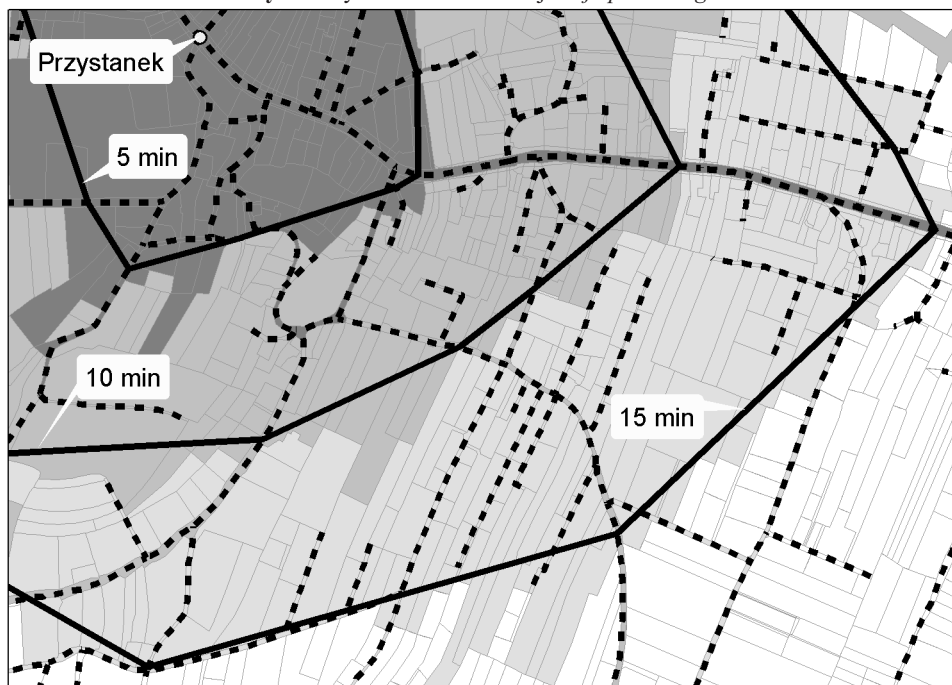
Na kolejnych rysunkach przedstawiono rezultaty przeprowadzonych prac. Jako pierwsze przebadano analizy sieciowe. Funkcja znajdowania najlepszej drogi (ang. *Best Route*) pozwoliła na określenie optymalnej trasy dojazdu (a tym samym jej długości i czasu trwania podróży) z nieruchomości do wybranego centrum (rys. 3). Ponadto, jeżeli dla poszczególnych odcinków dostępna byłaby informacja na temat rodzaju, czy też jakości nawierzchni istnieje możliwość wybrania tej najgorszej. Odpowiednio połączone i sklasyfikowane powyższe wartości (czas przejazdu i rodzaj nawierzchni) dają w wyniku wartość atrybutu dostępność komunikacyjna dla przypadku dojazdu własnym środkiem lokomocji. Trzeba jednak wziąć pod uwagę jedną niedogodność, a mianowicie konieczność wykonania takiego zespołu analiz dla każdej nieruchomości oddzielnie.

Takiej wady nie ma druga z dostępnych funkcji wektorowych analiz sieciowych, umożliwiająca określenie obszaru obsługi (ang. *Service Area*). Można się nią posłużyć zarówno do wyznaczenia stref o określonym czasie dojazdu do centrum dla przypadku poruszania się własnym środkiem lokomocji, jak również do wyliczenia czasu dojścia do najbliższego przystanku (rys. 4). Większa automatyzacja tego zadania polega na możliwości dokonania złączenia przestrzennego (ang. *spatial join*) i przyporządkowania działek do poszczególnych obszarów utworzonych wokół punktu centralnego. Funkcja *Obszar Obsługi* może generować jeszcze inną postać wyniku: dla poszczególnych odcinków analizowanych linii podaje czas dotarcia do nich z centrum. Porównanie tych dwóch wyników pokazuje, że utworzone strefy z reguły obejmują więcej dróg niż rzeczywiście powinny do nich należeć (rys. 5), głównie z powodu przeprowadzanej generalizacji ich kształtu. Może to powodować pewne przekłamania, zatem lepiej byłoby korzystać z rezultatu w postaci linii. Trzeba wtedy jednak rozwiązać zagadnienie wyboru działek związanych z danymi odcinkami dróg. Autor proponuje utworzenie buforów o szerokości zapewniającej ich przecięcie z sąsiednimi działkami i zastosowanie jak powyżej złączenia przestrzennego. Ustalona doświadczalnie szerokość takich buforów dla wykorzystanych przykładowych danych wyniosła 20 m.

Podobny jak w poprzedniej analizie wynik można uzyskać stosując już w oparciu o dane rastrowe funkcję *Koszt Odległości*. W przypadku ruchu pieszego planowano nadać pikselom



Rys. 3. Wynik działania funkcji *Najlepsza Droga*

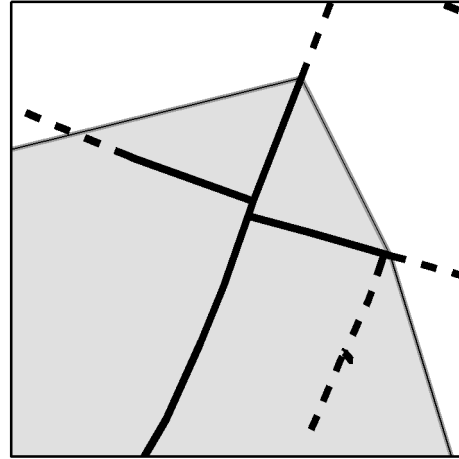


Rys. 4. Zastosowanie funkcji *Obszar Obsługi* do wyliczenia czasu dojazdu do najbliższego przystanku

po których możliwy jest ruch wartość 1, co informowało by, że na pokonanie jednego piksela o wielkości 1 metr trzeba poświęcić 1 sekundę. Odpowiadałoby to prędkości 3,6 km/h. W takim układzie prędkość ruchu samochodem można byłoby ustalić na 36 km/h, co nadawałoby pikselowi wartość 0,1. Niestety okazało się, że piksele mogą przyjmować wyłącznie wartości całkowite, dlatego zdecydowano o pomnożeniu zaproponowanych wartości przez 10 i uwzględnieniu tego przy interpretacji wyników.

W rezultacie otrzymano raster o wartościach pikseli odpowiadających czasowi dotarcia do nich z punktu centralnego (rys. 6). Wykonanie rekłasyfikacji w celu wprowadzenia kilku przedziałów czasu, a następnie ich zamiana na postać wektorową dało wynik zbliżony do uzyskanego z drugiego wariantu (liniowego) funkcji *Obszar Obsługi*.

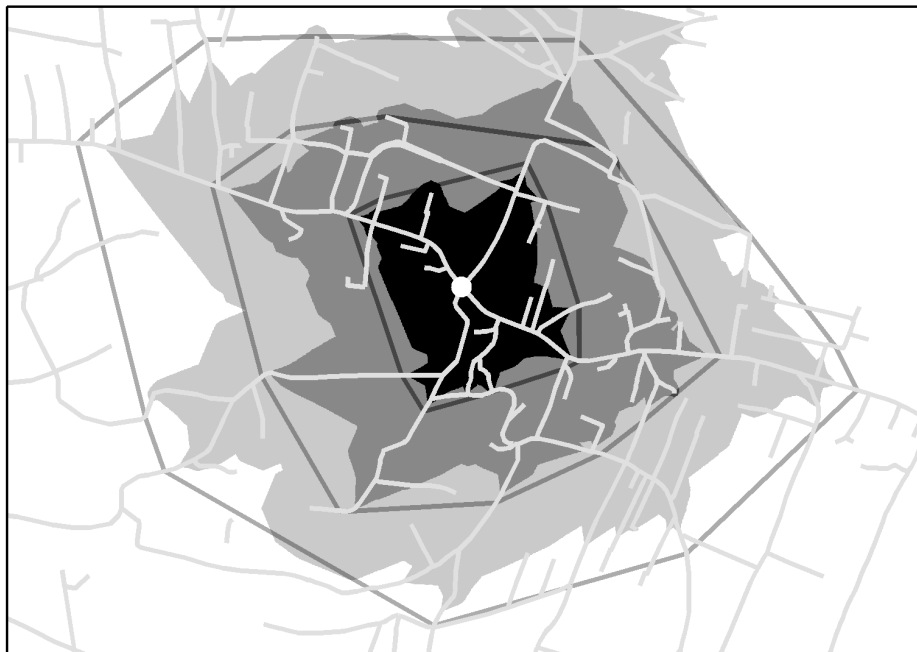
Korzystając z danych rastrowych można się również pokusić o próbę odwzorowania pierwszego wariantu (powierzchniowego) funkcji *Obszar Obsługi*. Trzeba w tym celu zastąpić *brak danych* dla pikseli poza drogami odpowiednio dobraną wartością. Przeprowadzone eks-



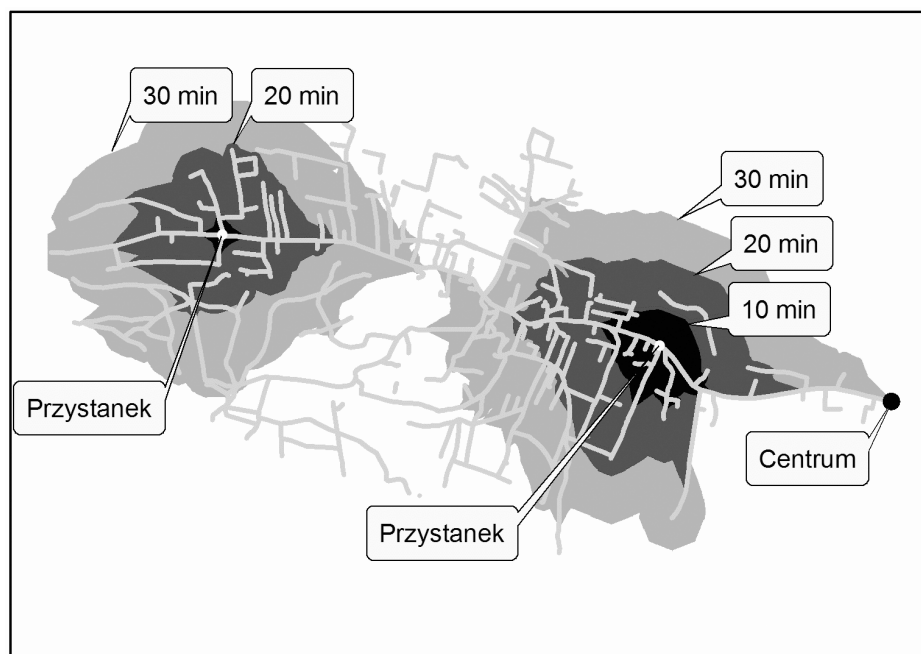
Rys. 5. Różnica pomiędzy wynikami działania funkcji *Obszar Obsługi* dla wariantów powierzchniowego i liniowego (linia ciągła i przerywana) osi drogi wiąże się z różną klasyfikacją w analizie liniowej, a zaznaczony obszar wynika z analizy powierzchniowej



Rys. 6. Wynik działania funkcji *Koszt Odległości* dla przypadku ruchu po drogach



Rys. 7. Wynik działania funkcji *Koszt Odległości* dla przypadku ruchu po drogach i poza nimi



Rys. 8. Wynik analizy uwzględniającej dojazd środkami komunikacji masowej do przystanku, a następnie ruch pieszy

perymenty pokazały, że dobry wynik można uzyskać stosując wartość dwa razy większą od oporu ruchu po drogach (rys. 7). Na zaprezentowanej mapce można jednak dostrzec niebezpieczeństwo wynikające z możliwości ruchu *na przełaj* i tym samym skrócenia krętych dróg, co oczywiście wprowadza przekłamania.

Ostatni rysunek prezentuje wynik analizy uwzględniającej dojazd środkami komunikacji masowej z punktu centralnego do przystanku, a następnie przejście pieszo (rys. 8). Obszarem ruchu pieszego poza drogami przyporządkowano opór dwa razy większy niż dla dróg.

Podsumowanie

Pomimo oczywistego wniosku wynikającego z przeprowadzonych badań, że analizy oparte na danych rastrowych zapewniają lepsze możliwości odwzorowania różnych aspektów związanych z dostępnością komunikacyjną, rastrowa postać wyników jest mało użyteczna. Trzeba przyznać, że chociaż świetnie nadaje się do prezentacji, to jednak nie da się na jej podstawie wyznaczyć atrybutów nieruchomości. Z tego powodu wynikowe zbiory rastrowe po odpowiednim sklasyfikowaniu wartości pikseli zostały ostatecznie przekonwertowane do postaci wektorowej zawierającej granice stref, celem umożliwienia przypisania do nich nieruchomości.

Opisane badania potwierdziły użyteczność narzędzi wektorowych analiz sieciowych oraz rastrowych analiz kosztów przemieszczania się do wyznaczenia dostępności komunikacyjnej nieruchomości. Problemem może się okazać tylko, jak zresztą w wielu innych przypadkach, dostępność bardziej szczegółowych danych, niezbędnych do przeprowadzenia analiz na odpowiednim poziomie wiarygodności.

Literatura

- ESRI, 1996: *Using the ArcView Network Analyst*. Environmental Systems Research Institute. Redlands.
ESRI, 2004: *ArcDoc Version 9.0*. Environmental Systems Research Institute. Redlands.
Brzuchowska J., Maško-Osiadacz J., 1998: *Zastosowanie struktury GRID do modelowania dostępności w ramach analizy warunków turystycznych regionu*. Polskie Towarzystwo Informatyki Przestrzennej. VIII Konferencja Naukowo-Techniczna Systemy Informatyki Przestrzennej. Warszawa, 19-21 maja 1998 r.

Summary

A reform of real estate taxes which is surely unavoidable in the future and introduction of a cadastral tax will cause the necessity of a mass appraisal of real estates, in other words - value assessment of all real estates. One of the basic methods of determining market value of real estate is valuation accomplished by means of a comparative approach. This approach assumes that market value of real estate is assessed through comparison to other similar real estates, for which transaction prices and characteristics distinguishing these real estates and having the essential influence on their value are known. One of the essential difficulties of comparative approach is the necessity to have information about real estates similar to the one to be appraised, which were subjects of trade on a given property market. Generally used method of object attributes determination on the basis of maps and reconnaissance requires participation of a man (an operator). In case of mass appraisal it would cause enormous expenditure of labour, resulting in huge costs. But to solve these problems Geographic Information Systems can be used. One of their classical applications are spatial analyses allowing determination of spatial characteristics of objects and relationships between them. In the paper communication acces-

sibility attribute was analysed in detail.

The access to real estate was considered in two categories: movement with own transportation means and using public transport facilities. The first case is more important in rural areas, but also the second case is significant because of weak public communication network.

The term movement with own transportation means refers to journey along the road network from the central point, around which concentrates the life of inhabitants, directly to real estate. Such analysis can be conducted independently for each real estate, by calculation of best route to the centre, or determination of zones of specified travel times around the centre and assigning particular real estates to them. Regarding mass transport facilities, one can ride only to the nearest stop, and then has to move on foot. Such partition into two stages significantly complicates the modeling.

Examination of conditions of journey to real estate was conducted based on two data models: vector and raster. In the first case functions for geographical networks analyses were used. Two tools were applied: Best Route between two points and Service Area. In case of rasters the Cost Distance function was used, which calculates the least-accumulative-cost distance to the nearest centre for each pixel.

Vector analyses were limited to movement along elements of road network, unfortunately also for pedestrian traffic. As for rasters, every variant of journey forced preparation of suitable data. When travel only along roads was considered, pixels outside roads were assigned „no data” value in reclassification process.

In case of raster data, there is no need to have information concerning road network, recorded as linear objects. Information coming from land register on parcels under roads or land use type road will be sufficient. Raster data makes it also possible to conduct analyses regarding movement outside the road network, which can be applied in case of pedestrian traffic examination. After suitable preparation of a movement cost raster, it also appeared possible to integrate in one analysis getting to the stop on foot and further travelling using public transportation means. An advantage of raster data is also the possibility of taking into account the centre of elongated shape, for example situated along the main street, which is often the case in countryside. However, resulting raster data sets were finally converted into vector form, containing borders of zones, for easier assignment of real estates to them. Research described in the paper confirmed the usefulness of tools for vector network analyses and raster cost analyses for determination of real estates communication accessibility. The only problem can be, as in many other cases, the availability of suitable data.

dr inż. Piotr Cichociński
Piotr.Cichocinski@agh.edu.pl
tel. (012) 617-34-31