

PAWEŁ OZIMEK, AGNIESZKA OZIMEK

Institut Modelowania Komputerowego
Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki

BADANIE CHŁONNOŚCI KRAJOBRAZOWEJ PRZY UŻYCIU PRZESTRZENNEGO MODELU CYFROWEGO

Streszczenie. Współczesne aplikacje GIS operują modelami danych tak o powierzchni terenu, jak i pokrycia, dzięki czemu wymagany do analiz krajobrazowych model uzyskiwany jest automatycznie, a przy wykorzystaniu dodatkowych warstw systemu informacji przestrzennej można go uzupełnić o elementy konieczne dla danej analizy. W środowisku modelu trójwymiarowego można wykonywać analizy polegające na tworzeniu wykresów i map widoczności. Dzięki nim możliwe jest wyznaczanie punktów krajobrazowych i ciągów widokowych, określanie parametrów przekształceń krajobrazu, dostarczanie danych do oceny widoku. Szczególnym rodzajem analiz wykonywanych w środowisku wielowymiarowym jest określanie chłonności krajobrazowej. Pozwala to na sparametryzowanie przekształceń pod względem stopnia ingerencji w krajobraz. Jedną z metod daje możliwość obliczenia całkowitej kubatury, która może być wykonana i nie mieć wpływu na krajobraz. Pozwala ponadto, na wskazywanie rozwiązań podnoszących chłonność widokową i zwiększanie możliwości inwestycyjnych w chronionym krajobrazie.

Słowa kluczowe: model cyfrowy, chłonność widokowa, wykres widoczności, mapa widoczności

Wstęp

Chłonność widokowa krajobrazu danego obszaru oznacza jego zdolność do przyjęcia nowych elementów, bez utraty tożsamości swojej fizjonomii i jest określana współczynnikiem VAC (*Visual Absorption Capacity*) (SMARDON i IN. 1987). Pozwala on ocenić, czy dane miejsce z racji swojego ukształtowania, pokrycia, oświetlenia (strony świata), widoczności (zanieczyszczenia atmosferyczne) itp. może, bez szkody dla walorów krajobrazowych, przyjąć określony rodzaj przekształceń. Jest więc oczywiste, że teren o zróżnicowanej rzeźbie i bogatej szacie roślinnej lub zabudowie reprezentuje wysoką chłonność widokową, która w przypadku płaskiej pustyni lub tafli wody jest bliska zeru.

Od roku 1964, to jest od ukazania się publikacji *The View from the Road* (APLEYARD i IN. 1964), istotnym elementem badań widoków otoczenia drogi jest wprowadzenie pozycji obserwatora będącego w ruchu. Obecnie jest to powszechny aspekt przedprojektowych studiów krajobrazowych w Ameryce Północnej (PICARD 2004) i krajach europejskich (rys. 1), choć w Polsce rzadko stosowany.



Rys. 1. Analiza chłonności widokowej *green beltu* w Edynburgu wykonana w roku 1994. Kolorem czerwonym zaznaczono tereny niewidoczne z obwodnicy – jako potencjalne lokalizacje nowych obiektów (Lothian Structure Plan 1994)

Fig. 1. Visual Absorption Capacity analysis of green belt in Edinburgh which was made in 1994. Areas invisible from road, as a potential localizations for new objects were marked red (Lothian Structure Plan 1994)

Chłonność krajobrazową metodami tradycyjnymi określa się przez obliczanie sumy ważonej szacunkowo określonych wskaźników, które dotyczą biofizycznych aspektów krajobrazu takich, jak właściwości glebowe, możliwości regeneracyjne roślinności, różnorodność roślinności, nachylenie terenu względem widoku. Wartość chłonności ma wskazywać na możliwości ukrycia obiektów w konfiguracji terenu i w zieleni zarówno aktualnie występującej na danym terenie, jak i potencjalnej.

Przedstawione poniżej metody określania chłonności krajobrazowej, oparte na cyfrowych modelach terenu, realizują jedynie aspekt wizualny. Dane gromadzone na potrzeby tych analiz zawierają informacje o ukształtowaniu terenu i pokrycia.

Material i metody

Trójwymiarowe modele terenu wykonywane są najczęściej w celu wizualizacji za-
mierzeń projektowych. W przypadku projektów dotyczących architektury krajobrazu

modele takie wymagają dużego nakładu pracy dla osiągnięcia należytego w wizualizacji poziomu realizmu i ogromnych mocy obliczeniowych dla ich przetworzenia. Dlatego wykonuje się je niezwykle rzadko. Wizualizacja doliny reprezentowanej modelem cyfrowym, nasyconej elementami natury i obiektami kulturowymi, jest wyzwaniem dla grafików komputerowych. Cyfrowy model terenu przynosi także korzyści w analizach i wspomaganie podejmowania decyzji. W takich przypadkach realizm wizualizacji jest zbędny, a często nawet przeszkadza. Analizy widokowe można przeprowadzać na uproszczonych modelach, zoptymalizowanych do potrzeb przedmiotu.

Zagadnienia krajobrazowe często rozstrzygane są w średnich skalach obejmujących gminę, miasto czy dolinę. Implikuje to potrzebę gromadzenia dużej ilości danych i organizowania ich w struktury systemów informacji przestrzennej. Na szczęście wiele informacji przydatnych architektom krajobrazu gromadzonych jest także z innych powodów. Przykładowo, trójwymiarowe modele terenu konieczne są w procedurach tworzenia ortofotomap. Zdjęcia lotnicze, wykonywane w perspektywie pod różnymi kątami, naciągane są na modele terenu dla uzyskania zgodnej z projekcją ortogonalną topologii. Modele takie mogą być wykorzystywane w analizach krajobrazowych w postaci źródłowej (DEM, TIN) lub w szczególnych sytuacjach uzupełnione o elementy pokrycia, które w przypadku połąci lasów mogą występować jako dodatkowa siatka. Dokładność ich jest często wystarczająca do analizowania widoczności poszczególnych obiektów.

W warunkach panujących w Polsce, często jedynym źródłem informacji o ukształtowaniu terenu są mapy sytuacyjno-wysokościowe. Są to dane bardzo dokładne w warstwach ukształtowania terenu i pokrycia obiektami antropogenicznymi. Niestety ich cyfrowe wersje nie posiadają struktury danych, których treść jest łatwo rozpoznawalna dla automatów budujących modele terenu. W takim przypadku poszczególne poziomicę, linie nieciągłości, skarpy, pikiety należy przerobić, podnosząc na odpowiednie wysokości lub zaliczając do właściwych warstw. Generatory siatek terenu pracują na obiektach zlokalizowanych w przestrzeni trójwymiarowej, pobierając z nich punkty opisane trzema współrzędnymi. Praca przy adaptacji podkładu do potrzeb generatora może być również zoptymalizowana do przedmiotu analizy.

Powszechne dziś ortofotomapy stanowią bogate źródło danych do uzupełniania siatek powierzchni terenu o elementy pokrycia. Jednak informacje na nich zawarte wymagają interpretacji i klasyfikacji dokonywanej przez operatora, co znowu podraża i wydłuża proces powstawania modelu. Z drugiej strony, dane te mogą być interpretowane w sposób elastyczny. Klasyfikacja istotności elementów pokrycia powinna być przedmiotem analizy. Decyzja o tym, czy drzewa zasłaniające widoczność powinny być brane pod uwagę, zależy od wielu czynników, takich jak sezonowość ich wyglądu, możliwość obserwacji pod konarami, możliwość dostosowania ich pokroju do warunków ekspozycji przez właściwe docięcia konarów, czy fizjologiczna zdolność do odfiltrwywania przeszkadzających w widoku elementów u obserwatorów (MULARZ i IN. 1999).

Analizy pola widoku bazują na założeniu, że światło, nośnik widoku, rozchodzi się w środowiskach jednorodnych po liniach prostych. To założenie jest słuszne, jeśli pominiemy zjawiska dyfrakcji i interferencji fali elektromagnetycznej, co może mieć miejsce w fizycznych modelach, w których wielkości obiektów porównywalne są pod względem długości fali. Modele cyfrowe światła stosowane w wizualizacji całkowicie pomijają te zjawiska. Nie przeszkadza to w stosowaniu ich do symulacji zjawisk prze-

strzennych właściwych dla skal krajobrazowych. Komputerowe analizy widoczności wykorzystują cyfrowe modele światła do oznaczania elementów widocznych. Światło tych modeli przesłaniane jest przez obiekty geometryczne w wyniku działania algorytmów wyznaczających powierzchnie widoczne (OZIMEK 2002).

Modele terenu i pokrycia powinny być reprezentowane przez cyfrowe obiekty posiadające powierzchnie pozwalające na łatwe znalezienie punktu przebiecia przez wektor światła. Najczęściej reprezentacjami tymi są siatki wielokątowe. Składają się one z punktów, krawędzi i wielokątów. Punkty znajdują się w miejscach występowania informacji o terenie. Ta informacja może pochodzić z pomiarów terenowych naniesionych na mapy sytuacyjno-wysokościowe, opracowań fotogrametrycznych, jak również skanowania laserowego. Generatory siatek terenu łączą te punkty krawędziami, tworząc w ten sposób reprezentację TIN (*Triangulated Irregular Network*). Powierzchnie pomiędzy punktami i krawędziami w zastosowaniach GIS są trójkątne, stąd nazwa reprezentacji. W Systemach CAD (*Computer Aided Design*) powierzchnie mogą mieć więcej punktów. Niezależnie od liczby punktów, powierzchnia w siatce wielokątowej obcina promień pochodzący z modelu światła, w wyniku czego na jej powierzchni rozwiązywane jest równanie oświetlenia, którego wynik stanowi dane o ekspozycji. Jest to informacja istotna, bo w analizach widokowych pozwala określić, czy dany punkt jest widoczny czy nie.

Inną, często wykorzystywaną reprezentacją modelu terenu jest DEM (*Digital Elevation Model*). Jest to dyskretna reprezentacja wysokości topograficznej, w której informacja jest zapisywana na zasadzie rastra. Wiadomość o wysokości występuje w regularnych odstępach, określonych częstotliwością próbkowania, czyli pikselach i jest to zagregowana średnia wysokość z całego obszaru piksela. Może być ona reprezentowana w postaci siatki punktów, regularnej w projekcji ortogonalnej, znajdujących się na właściwych im wysokościach. Mogą one stanowić kanwę dla siatki wielokątowej. Jednak lepiej jest pracować na nich w oparciu o rachunek macierzowy. Przykładowo, można dodawać i odejmować macierze reprezentujące chłonność krajobrazową terenu (LON- GLEY i IN. 2006).

W środowiskach, przedstawionych tu ogólnie, cyfrowych modeli dokonuje się analiz widokowych, które mają na celu określanie parametrów, które powinny spełniać inwestycje budowlane, aby w jak najmniejszym stopniu obniżały wartości krajobrazu. Doświadczenia nabyte w stosowaniu powyższych metod na tym polu wykazują, że nierzadko pozwalają one na określenie parametrów, których realizacja podnosi wartości krajobrazowe. Przykłady, na podstawie których najlepiej można ocenić ich przydatność, przedstawione są w dalszej części artykułu.

Wyniki

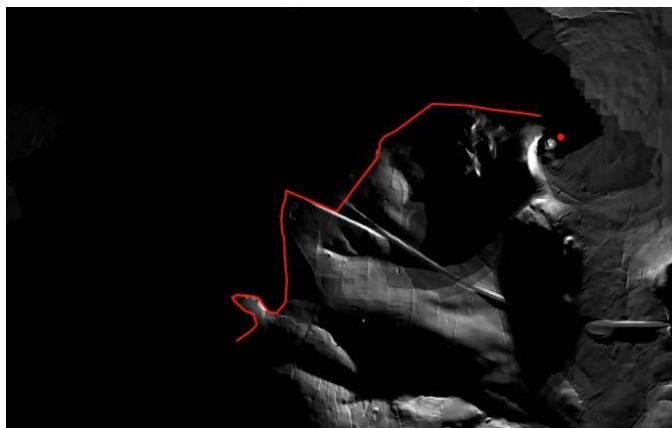
Poszukiwanie obszarów o największej chłonności krajobrazowej

Spośród cech terenu mających znaczenie dla analiz widokowych, najbardziej obiektywną i trwałą jest jego ukształtowanie (na przykład w porównaniu z sezonowością szaty roślinnej czy zmiennością czynników atmosferycznych). Ono właśnie stało się bazą dla przeprowadzonych badań w rejonie jednego z zamków wchodzących w skład

tw. Szlaku Orlich Gniazd. Przyjętą w nich metodą jest wyznaczanie wykresów widoczności za pomocą algorytmów światła lokalnego. Model światła punktowego ustawiony w punkcie widokowym rzuca promienie na powierzchnię trójwymiarowego modelu cyfrowego, wyróżniając je i dając jednoznaczną informację o elementach widocznych z danego miejsca obserwacji.

W przypadku badań chłonności widokowej okolic zamku posłużono się trójwymiarowym modelem terenu (DEM), wykonanym na podstawie geodezyjnych danych cyfrowych. Ze względu na znaczną ilość informacji koniecznej do przetworzenia został on opracowany z rozdzielczością 10 m dla terenu, 25 – dla pokrycia i 5 m dla fragmentu obejmującego zamek i jego najbliższe otoczenie. Macierz modelu DEM posłużyła jako kanwa do zbudowania siatki wielokątowej, z którą mogły reagować modele światła.

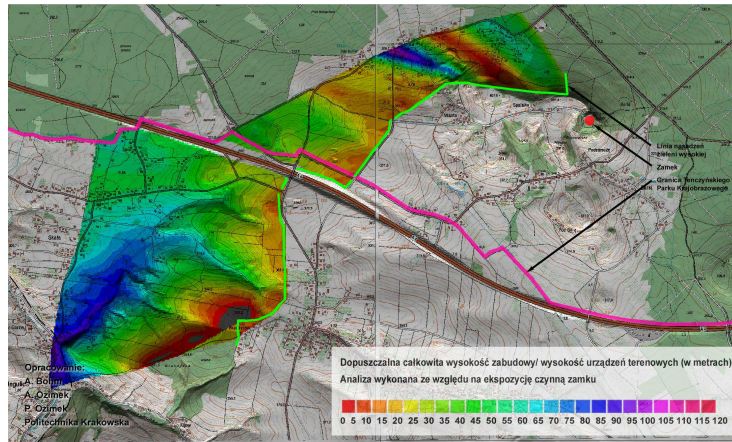
W celu określenia chłonności widokowej posłużono się punktem położonym na największej wysokości. Widok z niego obejmuje swym zasięgiem najbardziej rozległy teren. Umieszczając w tej pozycji cyfrowy model światła punktowego, uzyskano wykres obrazujący zakres widoczności. Otrzymana w wyniku powyższych rozważań krawędź cienia widokowego posłużyła następnie do przeprowadzenia wolumetrycznej analizy cienia. Badając wysokość uzyskanej bryły (odległość od powierzchni terenu do górnej krawędzi bryły) otrzymano wykres dopuszczalnej wysokości zabudowy. Wysokość ta sprecyzowana została w przedziałach co 5 m.



Rys. 2. Zakres widoczności z wieży zamku. Kolorem czerwonym oznaczono lokalizację punktu widokowego oraz krawędź cienia widokowego (fot. P. Ozimek)

Fig. 2. Range of visibility from castle tower. Vantage point is marked with red point, edge of view shade is marked with red line (photo by P. Ozimek)

Chłonność widokowa może zostać dodatkowo podniesiona poprzez proponowane ciągi nasadzeń zieleni wysokiej. W oparciu o założenie, że wzdłuż grzbietu przebiegającego z południowego zachodu na północny wschód zostanie wprowadzone zadrzewienie o wysokości 15 m, wygenerowany został kolejny wykres, przedstawiony poniżej.



Rys. 3. Analiza chłonności widokowej dla terenu położonego poza krawędzią cienia widokowego (fot. P. Ozimek)

Fig. 3. Visual Absorption Capacity analyze of terrain which lays beyond visibility shadow edge (photo by P. Ozimek)

Mapa powyższa nie ukazuje hipsometrii terenu, tylko wysokości, do których możliwe byłoby budowanie obiektów niewidocznych z zadanego punktu. Pokazuje ona miejsca, w których możliwa jest lokalizacja obiektów o znacznej wysokości. Przydatność metody podnosi fakt, że mimo doskonałej znajomości terenu, autorzy nie widzieli możliwości ukrycia tak dużych obiektów w tej okolicy przed przeprowadzeniem badań.

Wyznaczanie warunków dla nowej zabudowy

W analizie krajobrazu kluczowe pojęcia stanowią: **ekspozycja bierna** (punkty, zespoły, powierzchnie oglądane) oraz **ekspozycja czynna** (punkty i ciągi widokowe).

Punkty widokowe odnoszą się do widoków odbieranych przez obserwatora statycznego i mogą być rejestrowane w sposób tradycyjny (pojedyncze lub panoramiczne ujęcia fotograficzne), natomiast **ciągi widokowe** są zbiorem punktów widokowych jako *serial vision* – widzenie w odcinkach, których istotą jest percepcja dynamiczna, czyli odbiór danego widoku przez obserwatora będącego w ruchu.

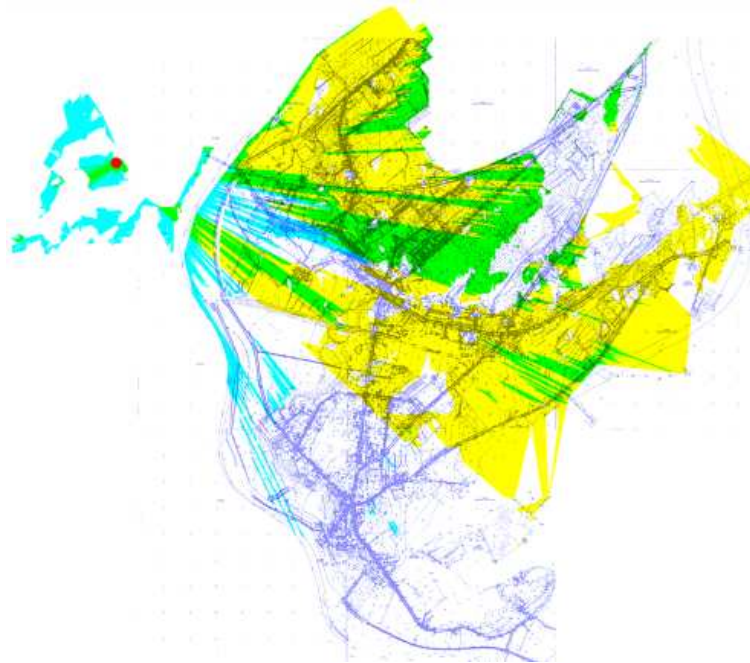
Dotychczasowe prace w zakresie rewaloryzacji krajobrazowej parku Mużakowskiego, znajdującego się nad Nysą Łużycką (częściowo po stronie niemieckiej, częściowo po stronie polskiej), doprowadziły do wyznaczenia serii punktów widokowych na lewym wysokim brzegu rzeki. Zlokalizowane są one po stronie niemieckiej i obejmują widoki na leżącą po polskiej stronie granicy wschodnią część parku Mużakowskiego oraz miasto Łęknice. Istotne zatem stało się ustalenie takich wytycznych dla kształtowania miasta, aby jego przyszła struktura urbanistyczno-architektoniczna wpływała na podniesienie jakości, a nie degradację widoku.

Analizy zostały przeprowadzone na bazie dostarczonych podkładów sytuacyjno-wysokościowych, obciążonych błędem skali sięgającym 0,3%. Ze względu na konieczność zastosowania przybliżeń w wykonywaniu obliczeń dla celów opracowania przyjęto

skale urbanistyczną, w której podstawową jednostkę powierzchni stanowił kwadrat o boku 20 m. Dostarczone materiały w formie tradycyjnej zostały odpowiednio zdigitalizowane i skalibrowane, a na ich podstawie opracowano trójwymiarowy cyfrowy model terenu. Pozwolił on na wykonanie szeregu wykresów widoczności z zadanych punktów oraz diagramów chłonności widokowej i dopuszczalnej wysokości zabudowy.

Symulacja zieleni wysokiej została wprowadzona na obszarach, gdzie występują znaczne jej skupiska lub szpalery drzew. Substancja budowlana nie była modelowana, gdyż jej wpływ na widoczność jest stosunkowo niewielki, a to niezwykle pracochłonne zadanie wymagałoby posiadania dokumentacji każdego z obiektów w skali architektonicznej, bądź danych z pomiarów lidarowych.

Dla każdego z 12 punktów widokowych, znajdujących się po zachodniej stronie rzeki Nisy, opracowano **wykres widoczności**, wykorzystując model światła śledzenia promieni. Wykresy ukazują miejsca widoczne na poziomie gruntu z uwzględnieniem zadrzewień (kolor zielony) i miejsca potencjalnie widoczne w przypadku usunięcia drzew po którejs z stron Nisy (kolor żółty i niebieski).

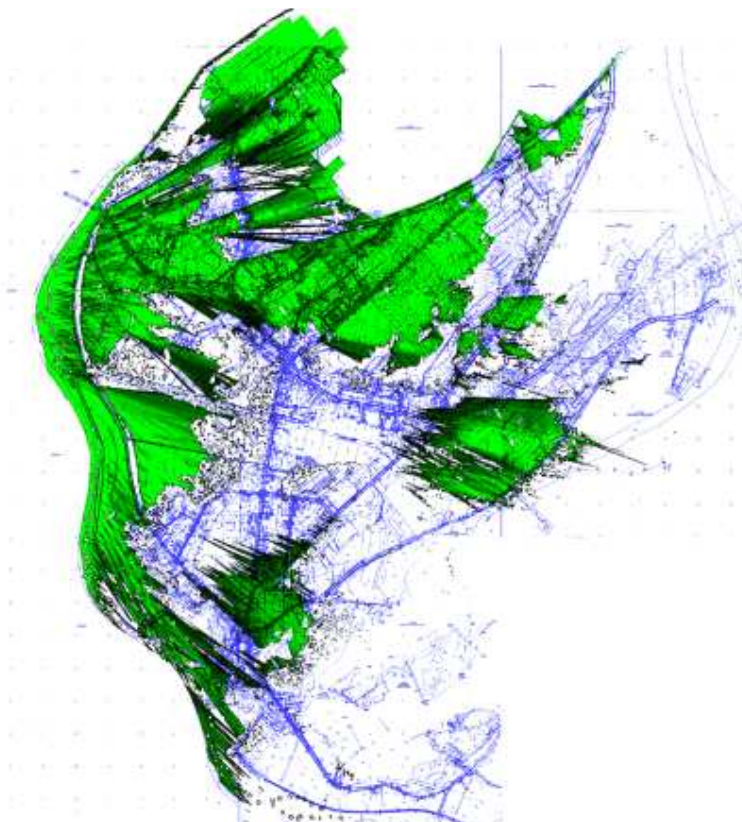


Rys. 4. Przykładowy wykres widoczności dla punktu 2 z uwzględnieniem zieleni wysokiej (fot. P. Ozimek)

Fig. 4. Example of visibility diagram for viewpoint no. 2. High greenery was taken into account (photo by P. Ozimek)

Po wykonaniu wykresów z poszczególnych punktów, zestawiono je uzyskując złożoną **mapę widoczności**. Wizualizuje ona ekspozycję czynną przedmiotowego terenu. Plamy oznaczone kolorem zielonym wskazują obszary widoczne z wybranych punktów.

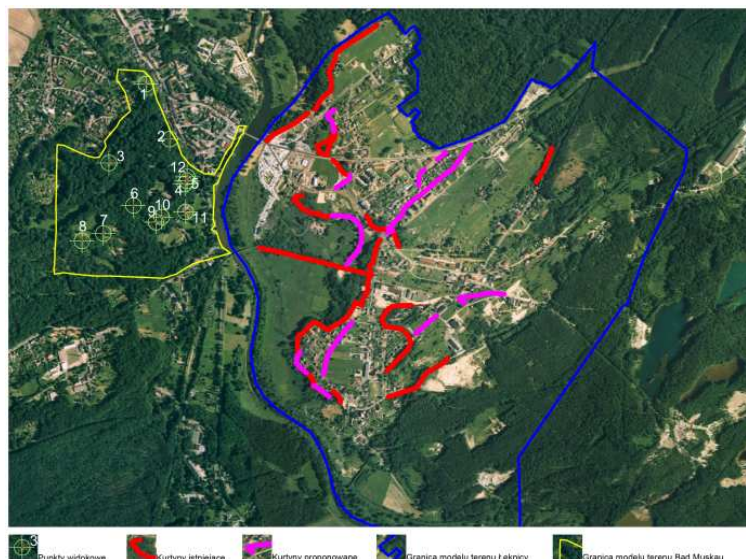
Im jaśniejszy odcień zieleni, z tym większej liczby miejsc dany obszar może być obserwowany. Należy tu zauważyć, że diagram dotyczy jedynie miejsca posadowienia budynku, a obiekty z podanym wymiarem wysokości będą widoczne na znacznie większym terenie.



Rys. 5. Mapa widoczności istotnych punktów widokowych (fot. P. Ozimek)
Fig. 5. Visibility map of significant vantage point (photo by P. Ozimek)

Wykresy widoczności wyraźnie ukazują krawędzie cienia widokowego, które występują po przeciwnej stronie obszarów pokolorowanych względem punktu widokowego. Są one wynikiem ukształtowania terenu, bądź wystąpienia kurtyn widokowych w postaci zadrzewień. Każda krawędź cienia widokowego została połączona z punktem widokowym, tworząc powierzchnię, która posłużyła następnie do przeprowadzenia **wolumetrycznej analizy cienia**. Po zbadaniu wysokości uzyskanej bryły (odległość od powierzchni terenu do górnej krawędzi bryły) otrzymano **wykres chłonności widokowej terenu**. Można go interpretować jako dopuszczalną wysokość zabudowy, która będzie niewidoczna z danego punktu, gdyż zostanie ukryta za nierównościami terenu lub kurtynami widokowymi. W przypadku Łęknicy rolę przesłony widoku spełnia istnie-

jąca zieleń, dla której przyjęto szacunkową średnią wysokość 10 i 20 m, w zależności od jej charakteru (drzewa dojrzałe i młode) i składu gatunkowego. Kurtyny zieleni przedstawia rysunek 6.



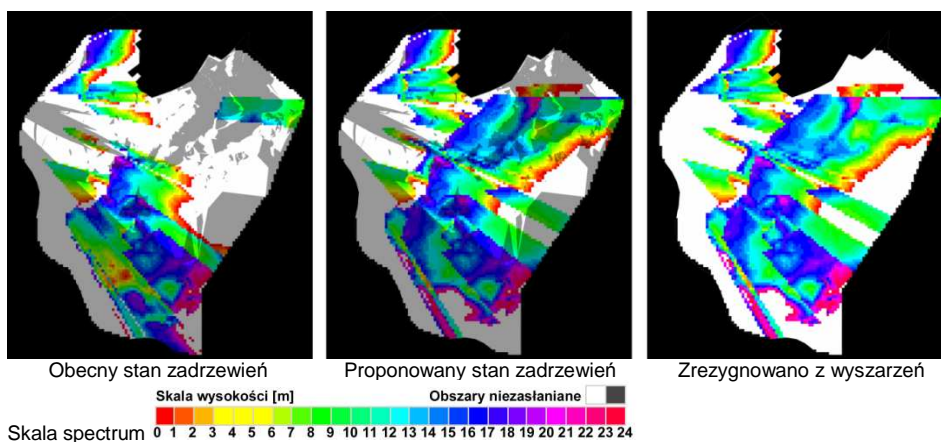
Rys. 6. Istniejące i proponowane kurtyny widokowe (fot. P. Ozimek)

Fig. 6. Existing and planned view curtains (photo by P. Ozimek)

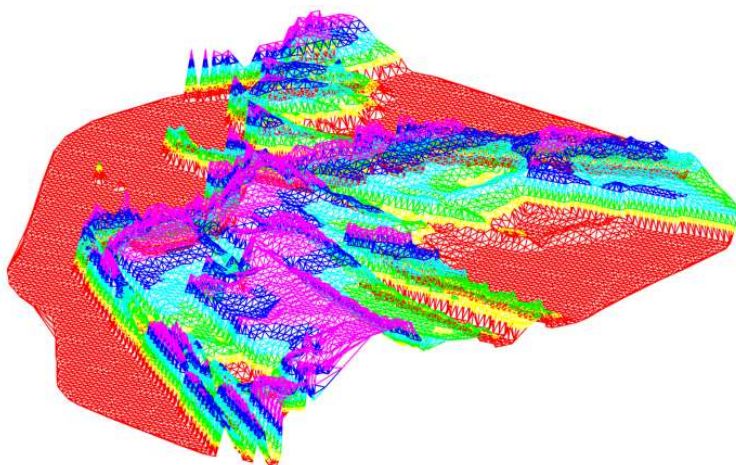
Chłonność widokowa terenu sprecyzowana została w przedziałach co 1 m i zbadana dla każdego z istotnych punktów widokowych. Przyjęto kolory skali spektrum – od barwy czerwonej dla wysokości 1 m do koloru purpurowego dla 24 m.

Analizie poddawano cały teren, gdyż fragmenty niewidoczne z wybranego punktu mogą być widoczne z kolejnego. Rysunek 7 przedstawia przykładowy wykres dla punktu widokowego 2 i obejmuje cały teren opracowania. Obszary widoczne z danego punktu są jaśniejsze, a obszary niewidoczne z powodu drzew na pierwszym planie – ciemniejsze.

Zakresy wysokości można oczywiście dobierać zgodnie z potrzebami, dlatego do wizualizacji chłonności krajobrazowej użyto stopniowania co kondygnację, uzyskując w ten sposób mapę zawierającą wytyczne dla dopuszczalnej liczby kondygnacji. Zastosowana metoda pozwala na stworzenie nowej topologii. Na dwuwymiarowym planie miasta wygenerowano trójwymiarową powierzchnię wizualizującą dopuszczalne wysokości zabudowy, które nie będą widoczne z zadanego punktu. Powierzchnia ogranicza bryłę, której objętość charakteryzuje chłonność krajobrazową. Dzięki tej metodzie może ona być wyrażana w jednostkach objętości. Stanowi to zasadniczą zmianę w podejściu do chłonności krajobrazowej w porównaniu z twórcami pojęcia.



Rys. 7. Przykładowy wykres chłonności widokowej terenu – analiza dla punktu 2 (fot. P. Ozimek)
 Fig. 7. Diagram of Visual Absorption Capacity – concerns viewpoint no. 2 (photo by P. Ozimek)



Rys. 8. Powierzchnia chłonności krajobrazowej. Przykładowy wykres dotyczący punktu widokowego 2 (fot. P. Ozimek)
 Fig. 8. Surface of Visual Absorption Capacity. Example of diagram refers to vantage point no. 2 (photo by P. Ozimek)

Wnioski

Opracowanie modelu terenu w stopniu wymaganym dla realistycznej wizualizacji często mija się z sensem ekonomicznym. Jednak analizy krajobrazowe służące obliczaniu chłonności krajobrazowej terenu pozwalają na daleko idące uproszczenia, dzięki którym możliwe jest korzystanie z modeli tworzonych dla innych celów. Istniejące dane

hipsometryczne w systemach informacji przestrzennej często okazują się wystarczające dla tych analiz. Rozsądne podejście do przedmiotu analizy również może pozwolić na kompromis, w którym proste elementy przestrzeni cyfrowej mogą reprezentować bardzo złożone obiekty świata realnego. Takie uproszczenia muszą być jednak stosowane w pełni odpowiedzialnie, w oparciu o dogłębną wiedzę o strukturach danych, stosowanych algorytmach i istocie reprezentowanych w przestrzeni cyfrowej zjawisk rzeczywistych.

Przy spełnieniu powyższych warunków analizy przestrzenne wykonywane metodami cyfrowymi dają korzyści w postaci obiektywnych wyników, które pozwalają ściśle określić wytyczne do projektów a tym samym w sposób wydajny wspomagają podejmowanie decyzji.

Literatura

- APPLEYARD D., LYNCH K., MYER J.R., 1964. *The view from the road*. M.I.T. Press, Cambridge.
- CULLEN G., 1995. *The concise townscape*. London. Architektural Press.
- LONGLEY P.A., GOODCHILD M.F., MAGUIRE D.J., RHIND D.W., 2006. *GIS. Teoria i praktyka*. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa.
- MULARZ S., JACHIMSKI J., MIERZWA W., PYKA K., 1999. Pozyskiwanie danych do systemów GIS metodami fotogrametrii i teledetekcji. W: *Zarządzanie informacją przestrzenną w nowym tysiącleciu*. Red. G. Szpor, D. Kerekovič. Wydział Techniki UŚI & Stowarzyszenie SILGIS Center, Katowice: 283-291.
- OZIMEK P., 2002. *Zastosowanie algorytmów światła lokalnego w wyznaczaniu wykresów widoczności*. Maszynopis. Praca doktorska. Wydział Architektury PK, Kraków.
- OZIMEK A., OZIMEK P., 2007. Visibility method for landscape analyses in historical city center environment. W: *8th International Conference on Information Technologies in Landscape Architecture, Bernburg 2007*. Red. E. Buhman. Wichmann, Dessau: 380-391.
- PICARD P., 2004. Targets and threshold levels and formulation for the visual quality indicator for invermere. TSA, Vancouver.
- SMARDON R.C., PALMER J.E., FELLEMAN J.P., 1987. *Foundations for visual project analysis*. Wiley, New York.

LANDSCAPE CAPACITY ANALYSIS USING DIGITAL SPATIAL MODEL

Summary. Contemporary GIS applications are based on data models of the terrain surface, as well as of the terrain cover. Thanks to this, the model required for landscape analyses is obtained automatically. This model can be supplemented with additional data from various layers of the system, which are necessary for a particular analysis. The environment of 3D terrain model gives a possibility to obtain visibility charts and maps, which can be used for points and lines of view definition, determination of landscape transformations parameters and data delivery for a view assessment. Landscape capacity estimation is the specific kind of analysis that is performed in the multidimensional environment. It enables to define parameters of transformations, regarding their interference with a landscape. This method gives possibility to calculate total objects volume, which can be introduced without any impact on landscape. Additionally, it gives the objective

criterion for solutions specification that will increase landscape capability and investment possibilities in the protected landscape.

Key words: digital model, Visual Absorption Capacity, visibility diagram, visibility map

Adres do korespondencji – Corresponding address:

Paweł Ozimek, Instytut Modelowania Komputerowego, Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki, ul. Warszawska 24, 31-155 Kraków, Poland, e-mail: ozimek@pk.edu.pl

Zaakceptowano do druku – Accepted for print:

3.11.2008

Do cytowania – For citation:

*Ozimek P., Ozimek A., 2008. Badanie chłonności krajobrazowej przy użyciu przestrzennego modelu cyfrowego. *Nauka Przyr. Technol.* 3, 1, #13.*