

Analizy widokowe z użyciem narzędzi cyfrowych

Agnieszka Ozimek, Paweł Ozimek, Piotr Łabędź

Scenic Analyses
with Application
of Digital Tools

Wprowadzenie

Introduction

W warunkach lokalnych przedsięwzięcia budowlane lokalizowane na terenach objętych ochroną prawną podlegają przeważnie ocenie eksperckiej, która przeprowadzana jest najczęściej na podstawie subiektywnych kryteriów [Smardon 1986]. Warto zauważyć, że obszary takie stanowią około 30% powierzchni Polski. Chociaż percepcja krajobrazu, na który zwykle składają się elementy naturalne i kulturowe, jest zjawiskiem trudnym do parametryzacji, niezwykle pożądane są wartości wskaźnikowe, pomocne przy podejmowaniu decyzji na temat dopuszczalności określonych przekształceń widoków [Böhm 2006].

Artykuł ma na celu prezentację komputerowej metody bazującej na indykatorach, które wspomagają obiektywizację opinii eksperckiej, zapewniając dane liczbowe, pozwalające ocenić charakter istniejącego krajobrazu oraz zakres planowanej ingerencji w jego strukturę. Opisany sposób postępowania może być przeprowadzony w różnych środowiskach informatycznych. Ich dobór zależy od rozległości modelu, ilości danych czy stopnia znajomości danego środowiska przez operatora. Poszczególne operacje mogą być przeprowadzane w środowiskach Geographic Information System i Computer Aided Design, a także Digital Content Creation – dedykowanych do tworzenia animacji

czy gier komputerowych, w których wykorzystywane są szybkie renderery. Autorzy nie wskazują konkretnego środowiska także dlatego, że poszczególne narzędzia – różnego rodzaju skrypty usprawniające prace w konkretnym środowisku, filtry, których definicje są ogólnie dostępne, aplikacje wykonujące żmudne iteracyjne operacje – są produktami własnymi i nie ma ich na rynku.

Metoda badawcza

Research method

Numeryczny model terenu

Digital Terrain Model

W ostatnich latach coraz powszechniej dostępne są dane cyfrowe pochodzące z pomiarów wykonywanych przy użyciu skaningu laserowego – lidar, jak również wysokorozdzielczych zdjęć ortofoto. Współczesne systemy GIS na podstawie „chmury punktów”, będącej efektem zastosowania tych technik do skanowania powierzchni terenu, pozwala wygenerować **trójwymiarowy model numeryczny**, w którym wyróżnić można warstwy powierzchni terenu oraz jego pokrycia.

Poważny problem stanowi jednak konieczność redukcji danych – ich nadmiar (zwłaszcza w przypadkach rozległych obszarów opracowania) powoduje, że przetwarzanie staje się czasochłonne, nawet przy użyciu najnowszego sprzętu. Ilość

informacji dotyczącej ukształtowania terenu może być zmniejszona na dwa sposoby: poprzez ograniczenie terytorialne oraz uproszczenie modelu (pominięcie niektórych elementów budujących powierzchnię). Badania empiryczne dowiodły, że rozdzielczość ludzkiego widzenia wynosi około 1 minuty kątowej dla przedmiotu maksymalnie kontrastującego z tłem [Shang 2000]. Uwzględnienie odległości, z jakiej możliwe jest zauważenie nowego obiektu, przy najlepszych warunkach atmosferycznych i doskonałym wzroku, pozwala na zawężenie obszaru badań. W zakresie generalizacji modelu terenu nasz zespół podejmuje działania, które służą eliminacji nieistotnych detali, przy jednoczesnym zachowaniu osobliwości terenu istotnych w konkretnych badaniach. Interaktywne metody eliminacji nadmiarowych punktów modelu nie są nowatorskie, automatyczne funkcje są w fazie opracowania. Wygenerowanie optymalnego modelu do zastosowania sprzętu o konkretnej mocy obliczeniowej, zawierającego możliwie dużo istotnych szczegółów, stanowi pierwszy etap metody analitycznej.

Wykresy i zakres widoczności inwestycji

Diagrams of visibility and its range

Kolejny etap proponowanej metody to wyznaczenie **zakresu widoczności** planowanej inwestycji.

W miejscu jej lokalizacji umieszczony jest cyfrowy model światła punktowego. Przyjmuje się przy tym założenie, że zgodnie z algorytmem śledzenia promieni (raytracing) tory wiązek światła tworzą linie proste [Foley 2001]. Wykorzystując tę prawidłowość, można wnioskować, że powierzchnie oświetlone przez światło zlokalizowane w zadanym punkcie są zarazem z tego miejsca widoczne. W wyniku symulacji otrzymywany jest zbinaryzowany (czarno-biały) obraz [Malina 2005], na którym obszary białe oznaczają fragmenty powierzchni terenu, skąd obserwować można planowany obiekt budowlany.

Chłonność i pojemność widokowa terenu

Visual absorption capacity and range

Chłonność widokowa krajobrazu oznacza jego zdolność przyjmowania nowych elementów, bez utraty swojego charakteru i jest określana **współczynnikiem VAC** (*Visual Absorption Capacity*) [Sardon 1986]. Pozwala on na dokonanie oceny, czy w dane miejsce ze względu na ukształtowanie, pokrycie, nasłonecznienie bądź widoczność (zanieczyszczenia atmosferyczne) itp. można wprowadzić określony rodzaj zmian bez szkody dla walorów krajobrazowych. Z powyższej definicji wynika, że teren charakteryzujący się zróżnicowaną rzeźbą i bogatą szatą

roślinną lub intensywną zabudową wykazywać będzie wysoką chłonność widokową, natomiast w przypadku rozległej niziny czy tafli wody współczynnik VAC osiągnie wartości bardzo niskie.

Badania dotyczące możliwości zastosowania technik komputerowych nie prowadzą do opracowania automatycznej oceny dopuszczalności proponowanych zmian, pozwalają natomiast na wskazanie obszarów umożliwiających lokalizację inwestycji całkowicie niewidocznych z zadanego miejsca obserwacji.

Bazując na numerycznym modelu terenu, można wygenerować trójwymiarowe wykresy **pojemności widokowej** danego terenu. Jest ona liczona względem istotnego punktu widokowego i określa maksymalne gabaryty struktur budowlanych, których wzniesienie nie będzie stanowić ingerencji w analizowaną panoramę. W przeciwieństwie do „chłonności widokowej”, nie chodzi tu o zachowanie podstawowych cech fizjonomii krajobrazu, lecz niezmiennego widoku. Tego typu analizy są cenne dla planistów prowadzących prace dedykowane terenom chronionym, gdyż dzięki nim możliwe jest sformułowanie wytycznych określających dopuszczalną lokalizację oraz wysokość zabudowy, łącząc konieczność ochrony z potrzebami w zakresie rozwoju danej miejscowości [Oziemek 2008].

Częstotliwość obserwacji widoku

Frequency of observation

W prowadzonych badaniach istotna jest nie tylko możliwość postrzegania nowego elementu krajobrazu, ale przede wszystkim częstotliwość jego obserwacji oraz emocjonalne nastawienie odbiorcy. W pierwszym wymienionym zagadnieniu do wskaźników mogą należeć natężenie ruchu drogowego lub pieszego (liczba kierowców i przechodniów) czy lokalizacja szlaku turystycznego bądź ścieżki rowerowej. Warto w tym miejscu zauważyć, że ciągi rekreacyjne przyciągać będą osoby poszukujące kontaktu z przyrodą, a co za tym idzie – harmonijnych widoków. Każdy dysonans w krajobrazie będzie zatem odbierany przez nie bardzo dotkliwie.

Dzięki wykresom widoczności na badanym fragmencie terenu można określić, które punkty widokowe, fragmenty szlaków pieszych, ścieżek rowerowych czy tras wycieczek konnych znajdują się w zasięgu oddziaływania wizualnego (w zakresie ekspozycji biernej) projektowanej inwestycji. O ile **punkty widokowe** odnoszą się do wrażeń wzrokowych odbieranych przez statycznego obserwatora, o tyle **ciągi widokowe** mogą być traktowane jako zbiór poszczególnych punktów i zapewniają „serial vision” – widzenie w odcinkach [Cullen 1961]. Opiera się ono na percepcji dynamicznej – odbiorze

widoku przez obserwatora będącego w ruchu [Appleyard 1964].

Z miejsc reprezentatywnych dla powyższych odcinków oraz z punktów widokowych (**punktów wrażliwych**) wykonywane są ujęcia fotograficzne. Są one kalibrowane względem modelu terenu, na powierzchni którego ustawiane są modele projektowanych obiektów. W wyniku tego możliwa jest analiza i porównanie panoram przedstawiających stan obecny oraz przyszły.

Cyfrowa analiza panoram widokowych

Digital analyses of panoramas

W fotografii panoramicznej przedstawiającej widok z zadanego punktu można wyróżnić **tło** (zwykle niebo), które nie podlega analizie, oraz **tworzywo kulturowe i przyrodnicze**. Ponieważ celem badania jest przeważnie ocena wpływu nowego obiektu na istniejący krajobraz, przedmiot zainteresowania stanowią obiekty budowlane i infrastruktura techniczna. Analizie mogą zostać poddane zarówno ich kształt, gabaryty, jak i rozmieszczenie, które tworzy charakterystyczną strukturę (wzór – *pattern*).

W tym celu fotografie przekształcane są w obrazy czarno-białe (binarne), gdzie tworzywo kulturowe wyróżniane jest kolorem białym (ryc. 1). O ile automatyczne odfiltrowanie nieba, stanowiącego tło wi-

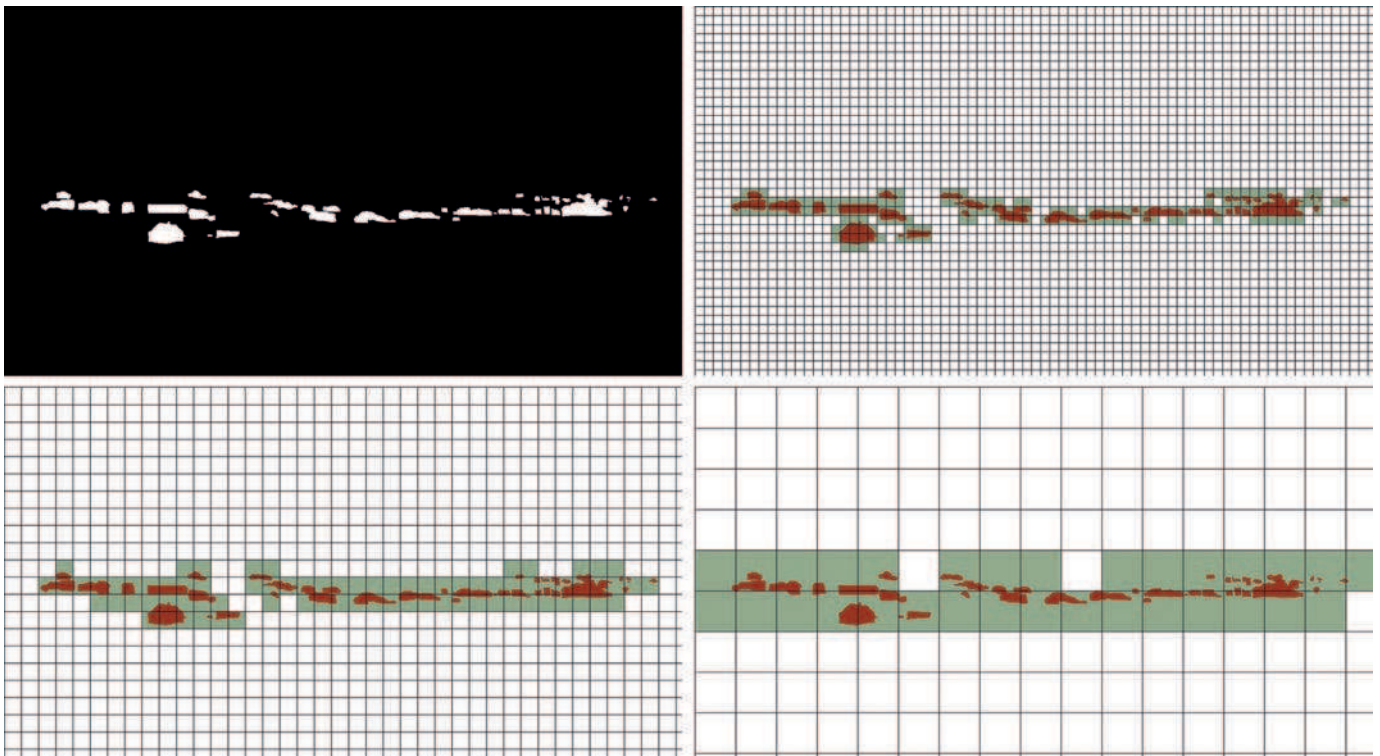
Ryc. 1. Obraz czarno-biały z wyróżnionym tworzywem kulturowym – metoda obliczania wymiaru fraktalnego

Fig. 1. Black-and-white image with the cultural substance distinguished in white – a method of fractal dimension calculation

doku, jest stosunkowo proste i może być przeprowadzone przeważnie na podstawie charakterystyki barwnej (dominacja koloru niebieskiego), o tyle wyróżnienie struktur antropogenicznych następcza wiele trudności. Można wyliczyć tu ich dowolną kolorystykę (np. dach może mieć kolor zielony, zbliżony do barwy roślinności), lecz także zmiany zabarwienia spowodowane różnorodnością warunków oświetleniowych [Ozimek 2009]. W wyróżnianiu tworzywa roślinnego pomocne będą fotografie rejestrowane w bliskiej podczerwieni [Łabędź 2010].

Jako numeryczne wskaźniki zmiany krajobrazu przyjmowana jest **średnia jasność obrazu** oraz jego **wymiar fraktalny**. W obrazie binarnym piksele (najmniejsze „jednostki” obrazu) o barwie czarnej przyjmują wartość równą 0, natomiast białe – wartość 1. **Średnia jasność obrazu** obliczana jest jako suma wartości poszczególnych jego pikseli podzielona przez ich liczbę. Zatem, widok przedstawiający krajobraz o znacznym stopniu urbanizacji będzie charakteryzował się wyższą jasnością średnią niżli ten, w którym obiekty kulturowe są nieliczne. Porównanie panoram (obliczenie różnicy pomiędzy ich średnimi jasnościami) obrazujących stan istniejący oraz przyszły może dać odpowiedź na temat zaistniałej **zmiany ilościowej**.

Drugi ze współczynników, **wymiar fraktalny**, bywa definiowany rozmaicie. Do analiz struktur powierzchniowych (plam przedsta-



wiąjących budynki) najodpowiedniejsza jest definicja **wymiaru pudełkowego**. Aby go obliczyć, obraz pokrywamy regularną siatką o wielkości oczek s , a następnie zliczamy oczka siatki, w których znajdzie się choć najmniejszy fragment obiektu, oznaczony kolorem białym. Liczba wypełnionych oczek N jest związana z ich wielkością, zatem zapisana zostanie jako $N(s)$. W kolejnym ruchu wielkość oczek zmniejszana jest dwukrotnie, a następnie powtarzana jest operacja zliczania (ryc. 1). Po wykonaniu kilku iteracji możemy przedstawić otrzymane dane w postaci wykresu, na którego osi poziomej znajdują się logarytmy odwrotności wielkości oczek, a na osi pionowej – logarytmy liczby oczek wypełnionych. Do wyznaczonych punktów dopasować można prostą regresji, której współczynnik nachylenia D_b odpowiada wymiarowi fraktalnemu dla danego obrazu [Peitgen 2002].

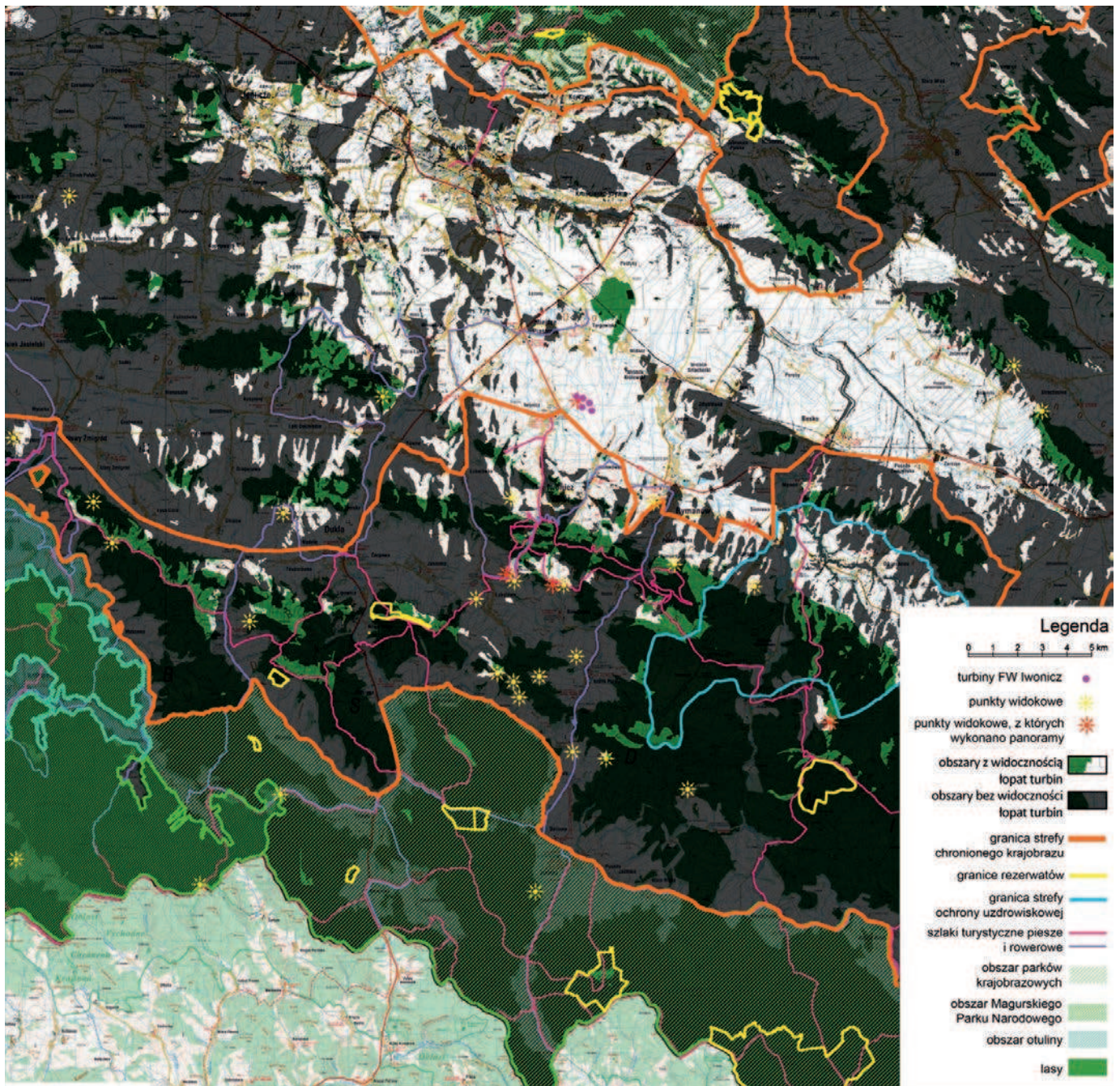
Ogólnie można stwierdzić, że współczynnik przyjmuje wartości

niższe dla struktur rozdrobnionych, natomiast wyższe – w przypadku obiektów o regularnym kształcie i większych rozmiarach. Należy jednak mieć na uwadze fakt, że dwa obrazy przedstawiające zupełnie różne treści mogą charakteryzować się jednakowym wymiarem fraktalnym, podobnie – obrazy treściowo zbliżone mogą przyjmować różne wartości. Badanie wymiaru pudełkowego dla pojedynczego obrazu jest zatem bezcelowe, natomiast porównanie obrazów „przed” i „po” wprowadzeniu nowego elementu pozwala na **ocenę jakościową** zaistniałej zmiany. Tak samo można zestawiać ze sobą różne warianty projektu, aby wybrać ten, który najlepiej „wpisze się” w otoczenie. Zastosowanie powyższego wskaźnika jest nowatorskie w zakresie architektury krajobrazu, jednakże odniosło pozytywne rezultaty w wielu dziedzinach, a szczególnie w obrazowaniu i diagnostyce medycznej [Oczetko 2006].

Farma wiatrowa – aspekty widokowe w kontekście turystyki

Wind farm – visual aspects in the context of tourism

Pierwszy z przykładów ilustrujących możliwości wykorzystania omówionej powyżej metody dotyczy decyzji o dopuszczalności budowy elektrowni wiatrowej na terenach stosunkowo atrakcyjnych pod względem krajobrazowym. O jakości widoków decydują: z jednej strony – kompleks zabudowy uzdrowskiej Iwonicza-Zdroju, natomiast z drugiej – liczne otwarte widoki, w których dominuje krajobraz kulturowy oraz naturalno-kulturowy. Obszar pokrywają wzgórza o przewyższeniach dochodzących do ok. 300 m i łagodnych stokach. Barwnej mozaice pól uprawnych, łąk, pastwisk i lasów towarzyszą grupy zabudowań wiejskich o niewielkich



gabarytach wysokościowych, o małej i średniej intensywności. Dysonans w krajobrazie stanowią liczne napowietrzne linie energetyczne, niskiego, średniego oraz wysokiego napięcia, w tym szczególnie międzynarodowa magistrała 400 kV, biegnąca w kierunku południowej granicy państwa oraz maszty telefonii komórkowej.

Wykorzystując omówioną powyżej metodę, obszar analiz ogra-

niczono do terenu leżącego w promieniu 17,5 km od projektowanych turbin (wirnika o wymiarach 3725 x 3864 x 10 280 mm) odległość ta odpowiada kątowej rozdzielczości widzenia równej 35". Obiekt teoretycznie może być zauważony (w optymalnych warunkach) przez osobę świadomą jego istnienia i „poszukującą” go w danym widoku. Cyfrowe modele

światel punktowych zostały umieszczone na końcówkach łopat, w ich najszerzych miejscach, na wirnikach oraz w 1/3 wysokości wież. Dzięki temu wyznaczone zostały wykresy widoczności poszczególnych elementów wiatraków (ryc. 2).

Podobne wykresy ekspozycji biernej wygenerowano dla każdego z obiektów o negatywnym wpływie na krajobraz (linie przesyłowe, masz-

Ryc. 3. Tereny, z których farma będzie widziana, jako jedyny element deprecjonujący widok (jasne plamy – oznaczenie w legendzie)

Fig. 3. Terrains, from which the wind farm will be the only element depreciating the view (bright areas – look legend)

Ryc. 2. Zakres ekspozycji biernej końcówek łopat (jasny popielaty i jasny zielony – oznaczenie w legendzie)

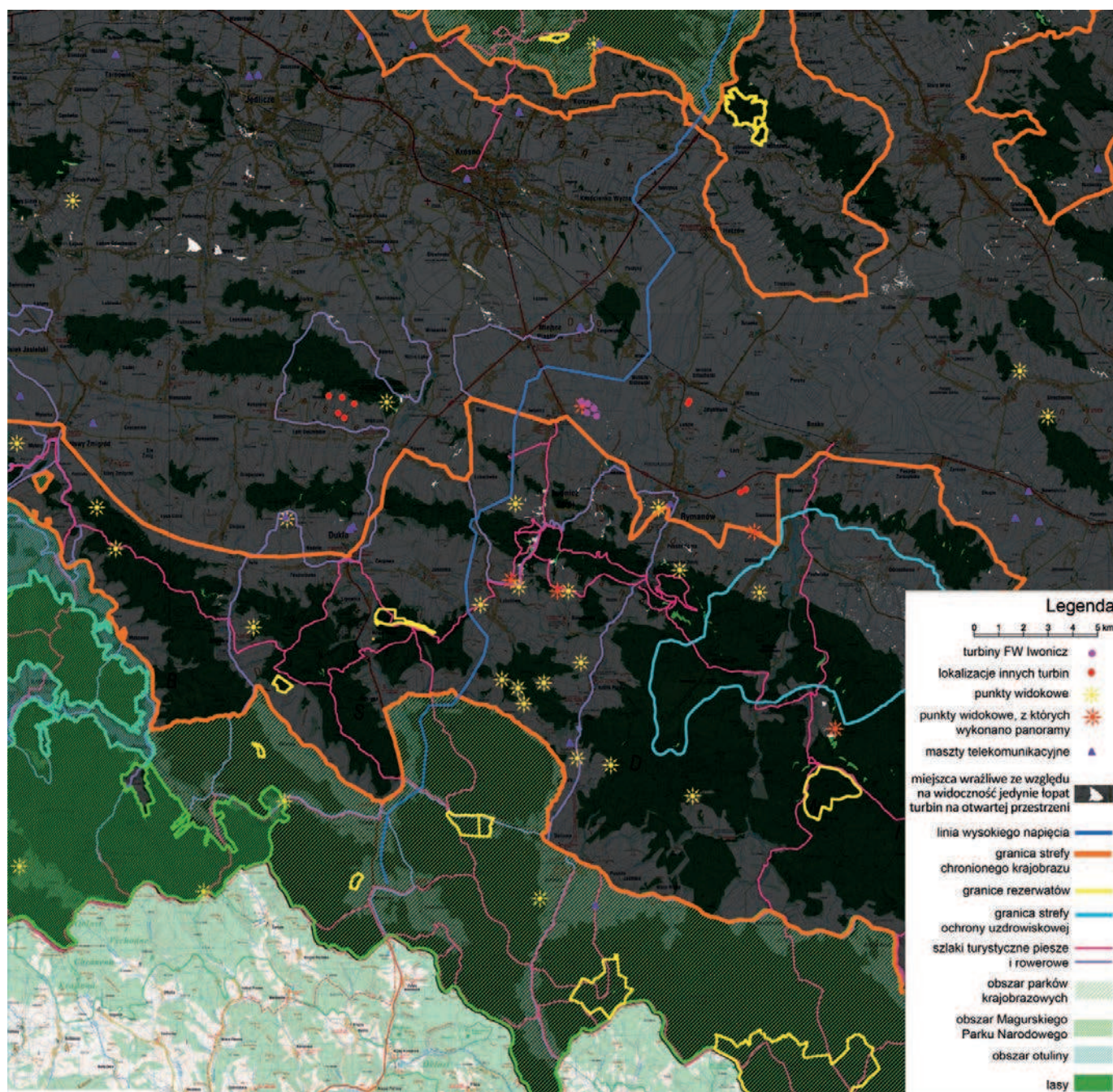
Fig. 2 The extent of passive exposition for blends tips (bright areas and light green – look legend)

ty telefonii komórkowej), którego zasięg oddziaływania wizualnego miał ponadlokalne znaczenie.

W wyniku analiz otrzymano obrazy przedstawiające obszary, z których widoczne będą obiekty o niskiej wartości estetycznej. Rycina 3 ukazuje niewielkie fragmenty

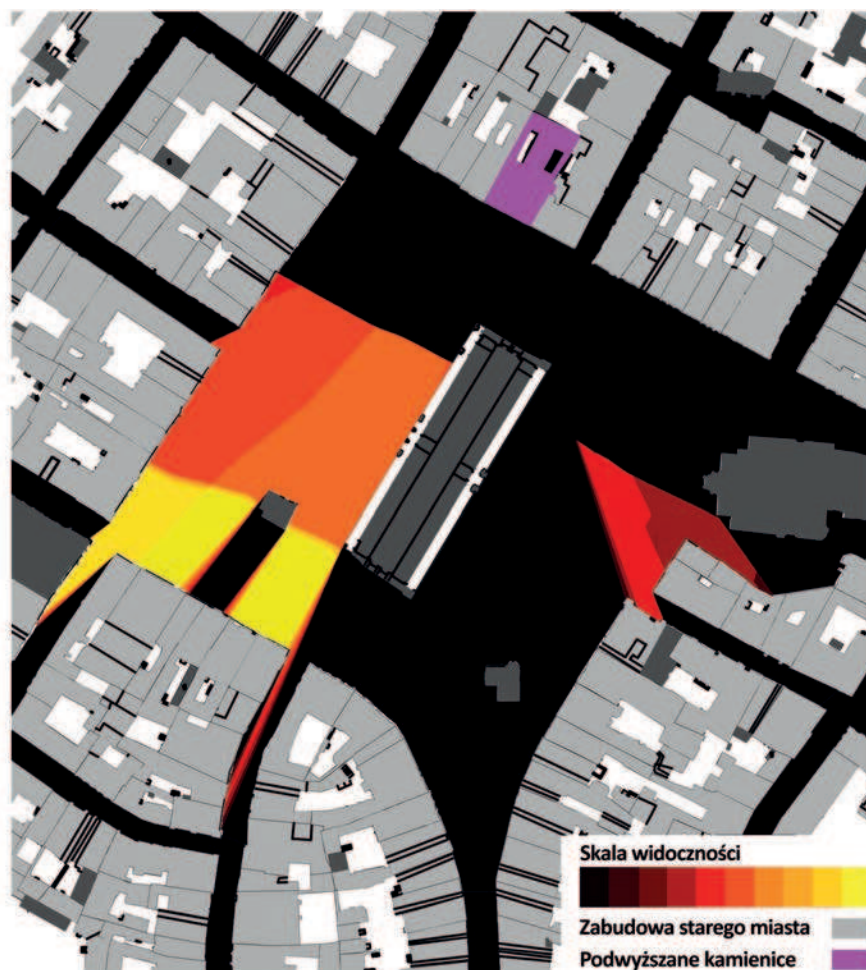
terenu, gdzie planowana farma wiatrowa stanowić będzie jedyny dysonans (obszary jaśniejsze). Nałożony na mapę wykres jest wynikiem różnicy zakresów widoczności: wiatrowni oraz innych elementów, które deprecjonują krajobraz.

Wykorzystanie danych cyfrowych pozwala na łatwe przeprowadzenie podsumowań wyników, w tym obliczanie zakresu widoczności obiektów z wyróżnieniem terenów podlegających ochronie. W granicach Magurskiego Parku Narodowego znajdzie się jedynie nie-



Ryc. 4. Zakres i skala widoczności proponowanych zmian w istniejących budynkach

Fig. 4. Visibility extent and scale of the changes proposed for the existing buildings



wielki (2,5 km²) taki obszar, szczęśliwie pokryty lasem. W obrębie parków krajobrazowych: Jaśliskiego i Czarnorzecko-Strzyżowskiego, powierzchnie te wynoszą odpowiednio 2,5 oraz 36,5 km². Jedynie na ostatnim z terenów chronionych widoczność inwestycji będzie zapewniona, ponieważ wyznaczony fragment w połowie nie jest zalesiony. Warto w tym miejscu nadmienić, że zaledwie 0,1 km² obejmuje obszar, gdzie farma będzie widoczna jako jedyny element zakłócający widok. Na podstawie wyznaczonego zakresu widoczności wiatraków wyróżnić można by fragmenty ciągów turystycznych i punkty widokowe, z których przeprowadzono analizy panoram (Przymiarki, Puławy, Sieniawa).

W tabeli 1 zebrano i podsumowano wyniki obliczeń wartości wskaźnikowych, wraz z analizą wariantu uwzględniającego Farmę Wiatrową Iwonicz 2 i wariantu z dwiema farmami FW Iwonicz 2 i FW Iwonicz. Jak można zauważyć, zarówno średnia jasność obrazów (obrazująca zmiany ilościowe w wi-

doku), jak i wymiar fraktalny, który można uznać za wskaźnik zmian jakościowych, zmieniają się w niewielkim zakresie. Dotychczasowe doświadczenie wskazuje jednak, iż różnica w wymiarze fraktalnym dla widoku w Sieniawie zbliża się do wartości dopuszczalnej. W takich przypadkach sugerować należy dodatkowe maskowanie obiektów, np. za pomocą szpaleru drzew.

Nadbudowa kamienicy w historycznym centrum miasta
Building extension in the city centre

Kolejny przykład ma za zadanie dowieść, że omawiana metoda jest stosunkowo uniwersalna, jeżeli chodzi o zakres zastosowania.

Tabela 1. Wskaźniki zmian w analizowanych widokach

Table 1. Indicators of change in the analysed views

Średnia jasność obrazów					
Lokalizacja (punkt widokowy)	A Stan istniejący	B Z uwzględnieniem FW Iwonicz 2	BA Różnica między stanem istniejącym a przyszłym	C Z uwzględnieniem FW Iwonicz 2 oraz FW Iwonicz	C-A Różnica między stanem istniejącym a przyszłym (z FW Iwonicz 2 oraz FW Iwonicz)
Przymiarki	8,62	8,81	0,19	8,93	0,31
Puławy	0,26	0,27	0,01	0,28	0,02
Sieniawa	12,27	12,35	0,08	12,41	0,14
Wymiar fraktalny obrazów					
Przymiarki	1,526	1,547	0,021	1,549	0,023
Puławy	1,082	1,073	0,009	1,075	0,007
Sieniawa	1,962	1,939	0,023	1,928	0,034

Temat ekspertyzy stanowiła analiza wpływu planowanego podwyższenia i przebudowy dachów kamienic na charakter pierzei Rynku Głównego w Krakowie. Prócz symulacji komputerowych, standardowo wykonywanych w takich przypadkach, wyznaczono zakres wizualnego wpływu wprowadzonych zmian. Przedstawiona na rycinie 4 „skala widoczności” obrazuje, jaka część przekształconego fragmentu będzie zauważalna z danego miejsca (im jaśniejszy kolor, tym większa część będzie postrzegana).

Na wykresie można wyróżnić dwa rozdzielne obszary ekspozycji biernej projektowanej nadbudowy: jeden zlokalizowany od strony ul. Szewskiej, drugi zaś w okolicy Kościoła Mariackiego. Badaniom poddane zostały zatem widoki z punktów reprezentatywnych dla tych obszarów.

Zastosowanie filtrów cyfrowych [Malina 2005] pozwoliło wyróżnić w widokach krawędzie, które najlepiej oddają charakter budynków. Dla tak przetworzonych obrazów obliczono wymiar fraktalny, uwzględ-

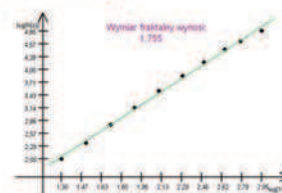
niając stan obecny oraz planowany. Porównanie otrzymanych wyników (różnica równa 0,011) dowodzi, że zmiana jakościowa widoku nie jest znaczna (ryc. 5). W drugiej z analizowanych panoram różnica ta jest jeszcze mniejsza i osiąga wartość 0,001. Jako pozytywny aspekt proponowanej przebudowy uznać należy wyrównanie poziomu gzymsów kamienic i przesłonięcie anten znajdujących się na dalszym planie, co wpływa na obniżenie wartości wymiaru fraktalnego.



Nieznaczne obniżenie się wymiaru fraktalnego na symulacji wskazuje na zmniejszenie dynamiki form znajdujących się w widoku.



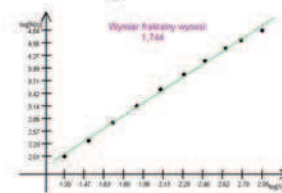
Zdjęcie widoku 2 poddane działaniu filtru konturowego dla pomiaru wymiaru fraktalnego.



Wartość wymiaru fraktalnego 1,755



Symulacja widoku 2 poddana działaniu filtru konturowego dla pomiaru wymiaru fraktalnego.



Wartość wymiaru fraktalnego 1,744

Ryc. 5. Widok analizowanej pierzei oraz wymiar fraktalny dla stanu obecnego oraz przyszłego

Fig. 5. The view of the analysed frontage and the fractal dimension for the current state and the future one

Wnioski

Conclusions

Badania nad powyżej opisanymi technikami cyfrowymi doprowadziły do sformułowania **metody analiz krajobrazowych** stosowanej w przypadku planowania inwestycji, która może wpływać na odbiór wizualny krajobrazu. Pozwala ona na wyznaczenie jej **terytorialnego zakresu oddziaływania**, jak i rozmiaru wywołanej przezeń **zmiany charakteru krajobrazu**. Metoda ta wykorzystuje wykresy i mapy widoczności do wyznaczenia **miejsc wrażliwych**, z których widoczna może być proponowana inwestycja. Kolejnym krokiem jest wykonanie **analiz widoków** z tych punktów. Mają one na celu sprawdzenie, na ile nowy obiekt ingeruje w charakter panoram. **Średnią jasność obrazu** i jego **wymiar fraktalny** uznaje się za wartości wskaźnikowe, odpowiednio dla **zmian ilościowych i jakościowych** w widoku. Jeżeli zmiany tych parametrów są niewielkie, można stwierdzić, że inwestycja nie wpływa na charakter krajobrazu. W przypadku miejsc wrażliwych, z których rozciągają się widoki naturalne, podczas wprowadzenia nowego obiektu oba wskaźniki zmieniają się wyraźnie, zatem ingerencję w istniejące widoki należy uznać za znaczną.

Ze względu na towarzyszącą nam presję w zakresie urbanizacji zarówno tereny otwarte, jak i centra miast narażone są na dynamiczne zmiany. Warto jednak wykorzystywać wszystkie dostępne technologie,

aby pogodzić konieczność rozwoju z możliwością zachowania harmonijnych widoków. Dostępne obecnie techniki komputerowe dostarczają instrumentów, które co prawda nie mogą zastąpić człowieka w zakresie oceny wartości estetycznych krajobrazu, lecz dostarczają obiektywnych wartości wskaźnikowych pomocnych w podejmowaniu decyzji dotyczących dopuszczalności planowanych ingerencji w krajobraz czy wyboru najlepszego z proponowanych wariantów projektu.

Ryciny wykonali autorzy.

Figures by authors.

Agnieszka Ozimek
Paweł Ozimek
Piotr Łabędź

Institut Informatyki
Politechnika Krakowska im T. Kościuszki
Institute of Computer Science
Cracow University of Technology

Literatura

1. Appleyard D., Lynch K., Myer J.R., 1964. *The View from the Road*, MIT Press, Cambridge.
2. Böhm A., 2006. *Planowanie przestrzenne dla architektów krajobrazu: O czynniku kompozycji*. Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej, Kraków.
3. Cullen G., 1961. *The Concise Townscape*, Architectural Press, London, 17–19.
4. Foley J.D., van Dam A., Feiner S.K., Hughes J.F., Phillips R.L., 2001. *Wprowadzenie do grafiki komputerowej*, WNT, Warszawa, 566–571.
5. Malina W., Smiatcz M., 2005. *Metody cyfrowego przetwarzania*

obrazów, Oficyna Wydawnicza EXIT, Warszawa, 29–44, 78–82.

6. Ozimek A., Ozimek P., 2009. *Computer-Aided Method of Visual Absorption Capacity Estimation*, [in:] Buhmann/Pietsch/Heins (eds.), *Digital Design in Landscape Architecture 2008*, Proceedings at Anhalt University of Applied Science, Wichmann, Heidelberg, 105–114.
7. Ozimek A., Ozimek P., 2009. *Algorytmy przetwarzania obrazu w wyróżnianiu tworzywa kulturowego i przyrodniczego na fotografiach krajobrazowych*, [w:] *Nauka Przyroda Technologie*, tom 3, zeszyt 1, #12, 1–11, Poznań.
8. Łabędź P., Ozimek A., 2010. *Rejestracja panoram widokowych w zakresach pozaspektralnych jako narzędzie oceny atrakcyjności krajobrazu*, [w:] *Prace Komisji Krajobrazu Kulturowego PTG nr 14/2010 Krajobraz a turystyka*, Sosnowiec, 331–341.
9. Oczeretko E., 2006. *Wymiar fraktalny w analizie sygnałów i obrazów biomedycznych (Fractal dimension in signals and biomedical images analyses)*, Wyd. Uniw. w Białymstoku, Białystok.
10. Peitgen H.O., Jürgens H., Saupe D., 2002. *Granice chaosu: fraktale* (t. 1–2), PWN, Warszawa.
11. Shang H., Bishop I.D., 2000. *Visual thresholds for detection, recognition and visual impact in landscape settings*, [w:] *Journal of Environmental Psychology* (2000) 20, Elsevier, 125–140.
12. Sardon R.C., Palmer J.F., Felleman J.P., 1987. *Foundations for Visual Project Analysis*, New York.