

Klasyfikacja terenów zieleni w Lublinie na podstawie zdjęcia satelitarnego IKONOS 2

Mirosław Krukowski, Paweł Cebrykow, Joanna Płusa

Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie, Polska

Streszczenie

Roślinność staje się coraz wyżej cenionym składnikiem terenów zurbanizowanych. Podkreśla się coraz większe znaczenie zieleni jako środka ochrony człowieka i jego środowiska życia w obliczu nieustannych przemian krajobrazu miejskiego i postępującej urbanizacji. W artykule opisano sposób wykorzystania zdjęć satelitarnego z satelity Ikonos-2 do pozyskania informacji na temat struktury przestrzennej terenów zieleni w mieście Lublin. Wysokorozdzielcze zdjęcie satelitarne, które oprócz pasm promieniowania elektromagnetycznego widzialnego rejestruje również zakres bliskiej podczerwieni posłużyło do obliczenia znormalizowanego wskaźnika roślinności (NDVI). Obraz NDVI został wykorzystany do klasyfikacji nadzorowanej treści zdjęcia. W efekcie otrzymano obraz rozkładu przestrzennego zieleni z podziałem na roślinność niską i wysoką. Na tej podstawie określano stan i strukturę zieleni w Lublinie oraz przedstawiono możliwości i metodykę wykorzystania danych teledetekcyjnych w badaniach nad roślinnością w obszarze zabudowanym.

Słowa kluczowe: Lublin, tereny zielone, teledetekcja, IKONOS 2

Wstęp

Temat kształtowania i zagospodarowania zieleni jest bardzo często poruszany przez praktyków z dziedziny architektury krajobrazu, urbanistyki i studiów regionalnych. Zieleni w mieście analizowana jest również przez nauki przyrodnicze w kontekście ich ochrony, funkcji itp. Szczególnie często prace na temat zieleni dotyczą aspektu funkcjonalnego jej istnienia. Rzadziej pojawiają się prace z zakresu rozmieszczenia i ewaluacji tychże terenów w kontekście potrzeb mieszkańców ośrodków miejskich, jak również samych miast, w związku z ich postępującym rozwojem przestrzennym i presją na wykorzystanie każdego wolnego niezabudowanego terenu.

Coraz częściej w badaniach roślinności miejskiej odwołujemy się do metod teledetekcyjnych (Jarocińska 2014; Tompański 2012; Wężyk i Wańczyk 2008). Stosunkowo rozległe powierzchnie oraz duży stopień skomplikowania elementów składowych tkanki miejskiej wymagają zastosowania materiału badawczego na bardzo wysokim poziomie szczegółowości. Najczęściej w badaniach bazuje się na materiale ogólnodostępnym, tj. na mapach. Te jednak przedstawiają zgeneralizowany obraz rzeczywistości, przez co wyniki prowadzonych analiz również nie są na tyle dokładne ani też szczegółowe, jakie mogłyby być przy wykorzystaniu danych teledetekcyjnych. Należy podkreślić, że możliwości wykorzystania wysokorozdzielczych obrazów satelitarnych w planowaniu ośrodków miejskich są duże.

1. Tereny zieleni w mieście

We współczesnej literaturze spotkać można wiele równoległych funkcjonujących definicji terenów zieleni i ich klasyfikacji. Często określenie tereny zieleni stosowane jest zamiennie z terenami zielonymi. Czerwieniec i Lewińska (1996) zaznaczają, że jako zieleni określa się tę roślinność, którą można świadomie zarządzać, kształtować i chronić. W takim rozumieniu do grupy zieleni zalicza się: lasy, trwałe użytki zielone (pastwiska, łąki), zadarnienia, drzewa i krzewy (w tym te poza terenami

zurbanizowanymi i lasami). Warty podkreślenia jest fakt, iż przy obecnym stopniu przekształcenia środowiska przyrodniczego termin zieleni w takim rozumieniu obejmuje w zasadzie ogół powierzchni zieleni tworzących to środowisko przyrodnicze.

Czarnecki (1961) określa tereny zieleni miejskiej jako: „przestrzenie pokryte roślinnością o ściśle określonym sposobie użytkowania i ukształtowane zgodnie z planem zagospodarowania przestrzennego miasta”. Zalicza on do tej grupy zarówno tereny ogólnodostępne, jak: parki, skwery, bulwary, boiska sportowe, ogrody dziecięce itp., oraz zielenią niedostępną ogółowi społeczeństwa (ogrody działkowe, dydaktyczne, szkolne, szpitalne, fabryczne itp.). Bliskie takiemu ujęciu jest potocznie stosowane określenie zieleni miejskiej obejmujące wszelką roślinność w obrębie miasta i jego struktury osiedlowej, powstałą w wyniku planowych działań człowieka przy uwzględnieniu naturalnych układów roślinności występujących na tych obszarach (Czerwieniec i Lewińska 1996). Czasami jednak definicja terenów zieleni zawężana jest dla celów analiz. Jako termin węższy proponuje się m.in. uznanie za tereny zielone ogółu terenów niezabudowanych, pokrytych roślinnością, aczkolwiek wyłącznie tych, które pozostają dla mieszkańców przestrzeniami publicznymi (Przesmycka 2005).

W literaturze występuje wiele klasyfikacji terenów zieleni. Zasadniczo wszelkie typologie obejmują te same tereny zieleni, grupując je tylko w klasy, odpowiadające przyjętym kryteriom. Dzielone są one według różnorodnych kryteriów m.in. dostępności i własności (Czerwieniec i Lewińska 1996), użytkowników, układu piętrowego roślinności (Szumański 2000), daty powstania (Przesmycka 2005), czy nawet stopnia dewastacji (Szumański 2000). Czarnecki (1961) wyróżnia 5 klas terenów zieleni: zielenią dostępną, zielenią o specjalnym przeznaczeniu, zielenią towarzyszącą, tereny gospodarki rolnej i leśnej i tereny wycieczkowo-wypoczynkowe, podczas gdy Ptaszycka (1950) dzieli ją tylko na dwie kategorie: zielenią obszarów zabudowanych i niezabudowanych. Biorąc pod uwagę pełnioną przez tereny zieleni funkcję oraz sposób ich ukształtowania i zagospodarowania, wyróżnia się następujące ich typy: parki, lasy, ogrody, zieleńce, zielenią cmentarną, zielenią izolacyjną, zielenią osiedlową, zielenią szlaków komunikacyjnych i inne (Czerwieniec i Lewińska 1996). W niektórych opracowaniach do zieleni miejskiej zalicza się również pola uprawne, łąki, pastwiska oraz sady, jako obszary o dominującej funkcji produkcyjnej, znajdujące się w obrębie granic administracyjnych miast.

Temat wpływu zieleni na środowisko i funkcjonowanie obszarów miejskich poruszano w literaturze wielokrotnie. Znaczenie zieleni dla kształtowania krajobrazu miejskiego zwróciło uwagę ludzi już w epoce renesansu, aczkolwiek zjawisko popularyzacji włączania zieleni do miast nie miało wtedy charakteru ogólnospołecznego i dotyczyło tylko wyższych warstw społecznych (Przesmycka 2005; Zachariasz 2006). Obecnie zielenią staje się coraz bardziej cenionym składnikiem terenów zurbanizowanych. Podkreśla się coraz większe jej znaczenie jako środka ochrony człowieka i jego środowiska życia w obliczu nieustannych przemian krajobrazu miejskiego i postępującej urbanizacji (Oleksiejuk 2005). W związku z tym często wskazuje się na konieczność traktowania miasta jako środowiska życia człowieka i wynikającą z tego potrzebę zaspokojenia jego podstawowych potrzeb, takich jak wypoczynek czy praca. Nie bez znaczenia pozostaje wpływ zieleni na wszystkie sfery życia mieszkańców miast. Dlatego też właśnie zielenią obecnie stanowi o sposobie postrzegania współczesnego miasta i jego składowych (Sutkowska 2006), zaś mnogość realizowanych przez nią funkcji sprawia, że postrzegana jest jako niezbędny element każdego organizmu miejskiego.

Tereny zieleni pełnią w mieście wielorakie funkcje. Agregując je można wyróżnić pięć głównych kategorii: przyrodnicze (ekologiczne), społeczne i zdrowotne, gospodarcze, kulturowe oraz estetyczne. Poszczególne funkcje są szeroko opisane w literaturze. Tematem tym zajmowali się między innymi: Czarnecki (1961), Ptaszycka (1950), Kawoń i Żmuda (1977), Szczepanowska i in. (1984), Czerwieniec i Lewińska (1996), Chmielewski (2001), Przesmycka (2005), Bernaciak (2005), Oleksiejuk (2005), Zachariasz (2006), Sutkowska (2006), Asani (2007), Cömertler (2007) oraz Płuta (2010).

2. Wysokorozdzielcze zdjęcia satelitarne w kartowaniu terenów miejskich

Właściwości obrazów satelitarnych w dużych skalach dają możliwość szerokiego zastosowania w analizach środowiska miejskiego, o skomplikowanej strukturze przestrzennej i funkcjonalnej. Takie obszary stanowią duże wyzwanie dla metodyki badań teledetekcyjnych przez wzgląd na silne

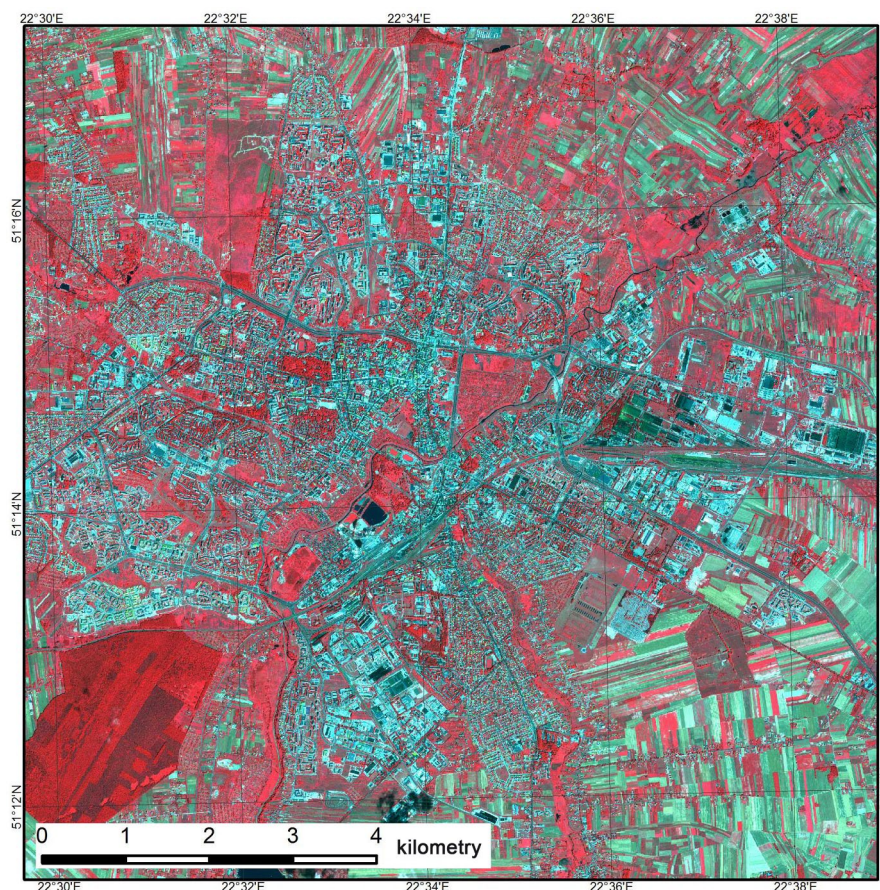
przemieszanie różnych kategorii powierzchni i budujących je materiałów, co z kolei przekłada się na wysoki poziom zróżnicowania spektralnego obrazu i utrudnia jego segmentację (Kuo i inni 2001; Small 2005). Z tego typu danymi doskonale radzą sobie sensory o wysokiej rozdzielczości przestrzennej. Wysoka rozdzielczość (więcej niż 5 m) pozwala na otrzymanie szczegółowości obrazu na poziomie, który daje możliwość bardziej precyzyjnego przydzielenia poszczególnych pikseli do konkretnych klas pokrycia terenu.

Rozdzielczość przestrzenna obrazu w dużym stopniu wpływa na możliwości interpretacyjne jego treści. Nie dziwi więc fakt, iż dane satelitarne dostępne przed okresem satelitów wysokorozdzielczych (np. Landsat, SPOT), o maksymalnej rozdzielczości terenowej nie większej niż 10 m, nie spełniały stawianych im wymagań w zakresie dokładnego kartowania i analiz skomplikowanych przestrzeni. Już w latach 80. wskazywano, że rozdzielczość sensorów wykorzystywanych do pozyskiwania dokładnych danych teledetekcyjnych nie powinna być niższa niż 5 m (Welch 1982).

Możliwości takie zapewniły jednak dopiero nowe generacje komercyjnych satelitów wysokorozdzielczych takich, jak np.: IKONOS, QuickBird, OrbView, czy WorldView. Ta grupa satelitów dostarcza obrazów o rozdzielczości przestrzennej poniżej 0,5 m. Obrazy wykonywane są w zakresie panchromatycznym i wielospektralnym. Badania nad możliwościami wykorzystania danych tego typu wykazały, iż mogą one służyć do opracowywania i aktualizacji map w skalach większych niż 1 : 10 000 (Toutin i Cheng 2000). Szybki rozwój technik satelitarnych stanowi jednak szansę na dalszy wzrost tego potencjału.

3. Obszar badań i dane

W badaniach wykorzystano dane obrazowe pozyskane w dniu 18 sierpnia 2005 r. (w pełni sezonu wegetacyjnego) przez wysokorozdzielczego satelitę IKONOS 2. Zdjęcie satelitarne zarejestrowane w układzie współrzędnych UTM pokrywało obszar pomiędzy $51^{\circ}11'9.39''$ i $51^{\circ}17'20.82''$ N oraz



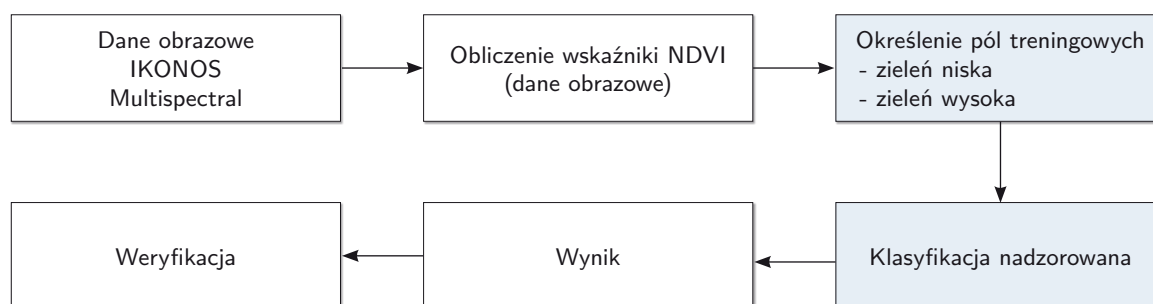
Rys. 1. Obszar badań. Zdjęcie satelitarne IKONOS 2, kompozycja z kanałów spektralnych: bliskiej podczerwieni, zielonego i czerwonego. Roślinność odwzorowuje się w odcieniach czerwieni.

22°29'23.5" i 22°29'35.51"E (rys. 1). Tak zdefiniowany obszar obejmuje większą część powierzchni w granicach administracyjnych miasta Lublin, natomiast zawiera niemal całą powierzchnię zabudowy (oprócz fragmentu osiedli mieszkaniowych położonych na zachodzie, terenów na południe od Zalewu Zemborzyckiego oraz niewielkich fragmentów na północnym-wschodzie i wschodzie Lublina). Obraz pozyskano w ramach badań statutowych Zakładu Kartografii i Geomatyki Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie.

IKONOS-2 dostarcza dwóch rodzajów zdjęć satelitarnych o różnej rozdzielczości terenowej. Są to obrazy panchromatyczne o rozdzielczości 1 m (0,82 m w nadirze) oraz obrazy wielospektralne — 4 m (3,28 m w nadirze). Rozdzielczość radiometryczna zdjęć wynosi 11 bitów, co daje w efekcie 2048 poziomów rejestracji odbicia spektralnego. Sensory tego satelity rejestrują pasmo promieniowania elektromagnetycznego między 526 a 929 nm, obejmując cztery różne zakresy widma — niebieski (445–516 nm), zielony (506–595 nm), czerwony (632–698 nm) oraz podczerwony (757–853 nm) (Toutin i Cheng 2000).

4. Metoda badań

Prace nad wydzieleniem terenów zieleni przestrzeni miasta przeprowadzono w kilku etapach, przedstawionych na rysunku 2. Zasadniczym krokiem było wydzielenie roślinności z pozostałych elementów pokrycia terenu. W tym celu posłużono się znormalizowanym wskaźnikiem różnicowania roślinności NDVI (Normalised Difference Vegetation Index). Podstawą do jego obliczenia były dane wielospektralne satelity IKONOS 2 (kanały czerwony i kanał podczerwony).



Rys. 2. Schemat procedury badawczej wydzielenia terenów pokrytych roślinnością i ich klasyfikacji

Wyodrębnienie terenów zieleni spośród innych klas pokrycia terenu na obrazie wykonano w programie ERDAS Imagine. Podczas przetwarzania danych wykorzystano wskaźnik zieleni NDVI bazujący na informacji radiometrycznej zawartej w paśmie czerwonym i podczerwonym zarejestrowanym na obrazie satelitarnym. Wskaźnik ten jest on obliczany według wzoru

$$NDVI = (NIR - RED)/(NIR + RED),$$

gdzie:

NIR — wartości w kanale bliskiej podczerwieni,

RED — wartości w kanale czerwonym (Kosiński i Kozłowska 2003).

NDVI przyjmuje wartości z przedziału od -1 do 1 . Dla poszczególnych klas pokrycia terenu charakterystyczne są następujące wartości NDVI:

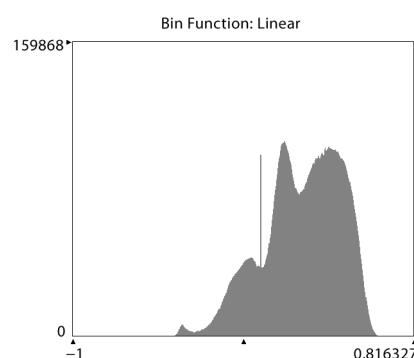
- $0,2-1$ — roślinność, gdzie: 1 oznacza gęstą szatę roślinną,
- $0,1-0,65$ — roślinność zielona, fotosyntetycznie czynna
- $0,0-0,05$ — śnieg,
- $0,0$ — naga gleba lub bardzo rzadka roślinność,
- od $-0,4$ do $-0,1$ — woda,
- od $-0,1$ do -1 — chmury.

Zastosowanie tego wskaźnika eliminuje wiele błędów zauważalnych w przypadku stosowania innych wskaźników. Po pierwsze nie ma możliwości dzielenia przez zero. Po drugie wskaźnik ten

uwzględnia zmiany warunków oświetlenia, wpływ stoków i ekspozycji, a także inne zewnętrzne czynniki, decydujące o wielkości odbicia promieniowania przez roślinność. Uzyskany w ten sposób obraz oraz zakres wartości wskaźnika NDVI i częstość ich występowania ukazują rysunek 3 i 4.



Rys. 3. Zróżnicowanie wskaźnika NDVI dla obszaru badań

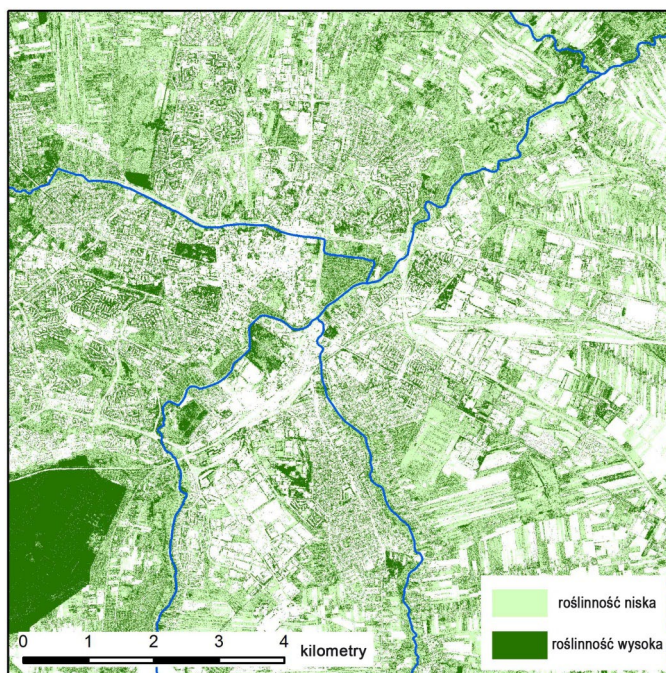


Rys. 4. Histogram wartości wskaźnika NDVI dla obszaru badań

Warto zwrócić uwagę, iż wartości NDVI dla poszczególnych pikseli obrazu mieszczą się w zakresie od -1 do $0,8$. Potwierdza to fakt, iż w obrębie zdjęcia znajdują się zarówno tereny zieleni jak i bez zieleni. Jest to również dostrzegalne w analizie wizualnej. Tereny odznaczające się wysokim stopniem pokrycia roślinnością charakteryzowane są przez jasne odcienie. Z kolei pozostałe obszary takie jak wody, tereny zabudowane odróżniają się od pozostałych odcieniem ciemnoszarym lub czarnym. By dokonać dokładnego podziału przestrzeni oparto się dodatkowo o założenie, iż wartość wskaźnika NDVI dla zieleni jest większa od $0,2$. Powstały w ten sposób obraz skontrolowano następnie w oparciu o studia w terenie, jak również zestawiono z dostępnymi materiałami.

Kolejnym etapem badań było określenie zróżnicowania strukturalnego roślinności. W tym etapie wykorzystano metody klasyfikacji nadzorowanej poprzedzonej określeniem pól treningowych dla dwóch zdefiniowanych klas: zieleni wysokiej i niskiej. Podczas prac nad wyborem pól treningowych w celu weryfikacji sprawdzano w terenie poszczególne miejsca. Również po przeprowadzeniu klasyfikacji wyniki poddano weryfikacji losowo wybranych miejsc.

Dla uszczegółowienia badań zdecydowano o wyodrębnieniu dwóch klas zieleni — zieleni niskiej oraz zieleni wysokiej. Te mogły być odróżnione w procesie klasyfikacji nadzorowanej (progowania) obrazu NDVI. Wydzielenie tych dwóch klas zieleni było możliwe ze względu na korelację NDVI z powierzchnią projekcyjną liści, a ta z biomasą zieloną. Przyjęto, że roślinność wysoka ma większą biomasę więc również większe wartości NDVI w porównaniu z roślinnością niską. Analizując pola treningowe na obrazie NDVI z wiedzą pozyskaną z innych materiałów oraz rekonesansu terenowego ustalono próg dyskryminujący te dwie kategorie roślinności na wartość $0,35$ wartości wskaźnika NDVI. Rezultat przeprowadzonej klasyfikacji (progowania) prezentuje rysunek 5. Otrzymane w wyniku klasyfikacji obrazy zieleni zapisano w postaci pliku rastrowego, a następnie zaimportowano je do programu ArcGIS w celu dokonania kolejnych analiz.



Rys. 5. Efekt klasyfikacji zdjęcia. Wydzielenie zieleni wysokiej i niskiej

5. Rodzaje i rozmieszczanie terenów zielonych w mieście

Tereny zieleni można badać nie tylko pod względem ich rozmieszczenia, lecz także pod względem ich struktury. Zastosowany podział na zieleni wysoką i niską jest istotny z punktu widzenia funkcji pełnionych przez zieleni miejską. Zieleni niska odgrywa istotną rolę między innymi w regulacji warunków termiczno-wilgotnościowych, zaś zieleni wysoka, może być wykorzystana jako izolator akustyczny. Istotny jest również wzajemny stosunek zieleni niskiej i wysokiej przez wzgląd na zróżnicowane cechy fizjonomiczne roślinności je tworzącej, a także ich odmienny wpływ na warunki przyrodnicze. Przykładowo zbyt duże powierzchnie zieleni niskiej, bez udziału wyższej roślinności, mogą prowadzić do powstawania inwersji temperatury i niekorzystnych zmian w środowisku. Tereny takie mają również niskie wartości estetyczne dla ich użytkowników, ze względu na brak różnorodności krajobrazowej (Szczepanowska 1984).

Wyodrębnienie terenów zieleni, spośród pozostałych elementów skomplikowanej przestrzennie tkanki miejskiej, umożliwiło wykonanie zasadniczej części pracy tj. analiz struktury i rozmieszczenia powierzchni zieleni w mieście Lublinie. W tym celu dokonano podziału obszaru na pola podstawowe — heksagony o powierzchni 2 ha. Powierzchnia taka odpowiada w terenie wielkości dwóch stadionów sportowych. Jest to jednocześnie obszar pozwalający na swobodną percepcję otoczenia. Wielkość taka umożliwia ponadto prezentację terenów zielonych o relatywnie małej powierzchni, ale dużym znaczeniu, tj. niewielkich cmentarzy, miejsc pamięci itp. Daje także gwarancję jednolitości sposobu zainwestowania takiego terenu.

Kolejnym krokiem było przypisanie heksagonom odpowiednich wartości powierzchni zieleni. By taką informację pozyskać zidentyfikowano, do którego heksagonu należą poszczególne „zielone” piksele. Do poszczególnych pikseli zieleni został przypisany atrybut numeru heksagonu, do którego piksel przynależy. Pozwoliło to na automatyczne zliczenie powierzchni terenów pokrytych roślinnością (piksela) w obrębie heksagonów. Siatka utworzonych pól podstawowych posłużyła do opracowania map (kartogramów) prezentujących rozmieszczenie i strukturę zieleni miejskiej Lublina.

W obrębie obszaru badawczego (100 km²) znajduje się 77,9 km² powierzchni zielonych, z czego 68,1 km² stanowi zieleni niska, zaś pozostałe 9,8 km² zieleni wysoka. Dla obszaru Lublina (w obrębie administracyjnym, w zasięgu zdjęcia) jest to odpowiednio: 33,6 km² (zieleni niska) oraz 2,9 km² (zieleni wysoka). Daje to dla miasta stosunek zieleni wysokiej do niskiej na poziomie 1 : 12, co świadczy o tym, iż w Lublinie i okolicy zdecydowanie dominującą kategorią jest zieleni niska. W różnych

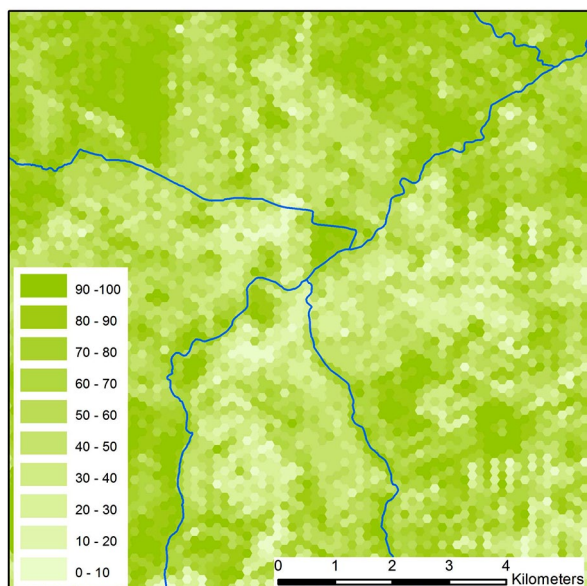
częściach miasta udział poszczególnych klas zieleni jest jednak różny. Udział procentowy zieleni według pól podstawowych przedstawia rysunek 6, zaś rozmieszczenie zieleni wysokiej rysunek 7.

Zieleń niska jest rozmieszczona niemal równomiernie na terenie całego miasta. Są to przeważnie niewielkie powierzchniowo trawniki, pasy zieleni ulicznej, murawa stadionów sportowych oraz mniejsze ogrody działkowe. Do największych, zwartych obszarów pokrytych niską roślinnością należą: obszar byłego obozu koncentracyjnego na Majdanku, były poligony wojskowe (w północnej i południowo-wschodniej części miasta), jak również tereny sąsiadujące z rzeką Bystrzycą oraz tereny suchych dolin. Relatywnie dużo zieleni niskiej posiadają także Ogródki Działkowe Podzamcze. Powierzchnie zieleni niskiej są rozproszone przestrzenie i najczęściej przemieszane z obiektami innego typu — domami, drogami, chodnikami, jak również z zielenią wysoką.

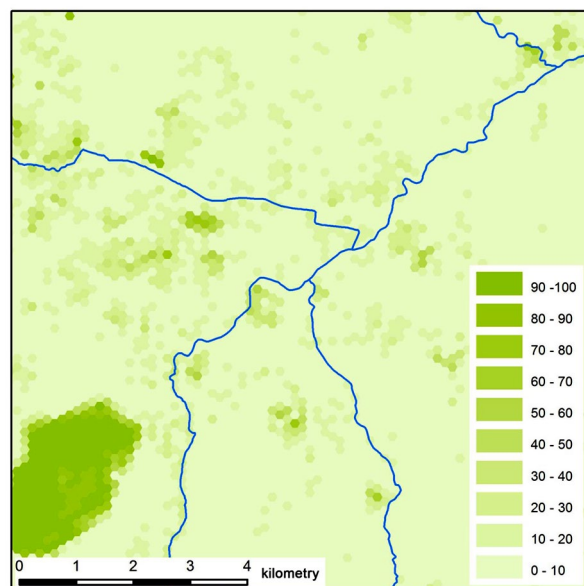
Tereny pokryte wysoką roślinnością również nie tworzą zwartego systemu. Zieleń tego typu występuje na obszarze Lublina w sposób nieuporządkowany, tworząc wyspy zieleni wysokiej. Takie rozmieszczenie wskazuje na fakt, iż obszary te nie posiadają charakteru naturalnego, lecz powstały na skutek odgórnych decyzji i ulegały przekształceniom w procesie rozwoju miasta.

Szczególnie dużo zieleni wysokiej znajduje się na obszarze ograniczonym dolinami rzek Bystrzycy i Czechówki. Największe jej skupiska stanowią parki — Saski, Akademicki, Ludowy, a także Ogród Botaniczny, Skansen, cmentarz przy ul. Lipowej oraz cmentarz na Majdanku, tereny wojskowe przy ul. Smoluchowskiego oraz okolice Szpitala Neuropsychiatrycznego w dzielnicy Abramowice. Na tym tle wyróżniają się również niektóre osiedla, między innymi: Mickiewicza i Konopnickiej w dzielnicy LSM, fragment dzielnicy Tatary ograniczony ulicami Gospodarczą, Mełgiewską i Hutniczą oraz dzielnica Dziesiąta.

Wyjątkowo ubogie w zielenią wysoką są tereny przemysłowe — okolice Elektrociepłowni Wrotków oraz byłej Cukrowni Lublin, jak również Fabryki Samochodów oraz Zakładów Metalurgicznych URSUS. Można zauważyć także ogólną tendencję do zmniejszania się ilości zieleni wysokiej w kierunku od centrum miasta na korzyść zieleni niskiej.



Rys. 6. Udział procentowy zieleni ogółem (niskiej i wysokiej) według pól podstawowych



Rys. 7. Udział procentowy zieleni wysokiej według pól podstawowych

Warto zauważyć, że wszystkie prezentowane w pracy analizy, dotyczące rozmieszczenia terenów zieleni w mieście, nie biorą pod uwagę ich dostępności dla mieszkańców. Jest to niezwykle istotna kwestia, ponieważ badając zielenią pod względem kryterium własności okazałoby się zapewne, że większość analizowanych w pracy powierzchni zielonych, zlokalizowanych w granicach miasta, nie ma charakteru publicznego, tzn. nie są one dostępne ogółowi mieszkańców. Wiele terenów to tereny prywatne, jak np. tereny ogródków działkowych, ogródki przydomowe, ogrody przyklasztorne itp., czy też tereny dostępne tylko w określonym stopniu, jak np. Skansen, Majdanek, czy

choćby Ogród Botaniczny. Jeżeli nie możemy w pełni lub w ogóle nie możemy korzystać z rozległych terenów zieleni w sąsiedztwie miejsca zamieszkania, trudno mówić o wysokiej jakości życia w związku z ich obecnością, ponieważ sam fakt ich istnienia nie niesie dla nas żadnych korzyści poza pozytywnymi wrażeniami wizualnymi. By uzyskać prawidłowy obraz rzeczywistości należałoby rozszerzyć badania o analizę własności terenów zielonych i dokonywać kolejnych analiz z uwzględnieniem wskazanego kryterium.

Wnioski

Zieleń jest czynnikiem strategicznym i powinna być brana pod uwagę podczas wyznaczania kierunków rozwoju ośrodków miejskich. Ważny jest w tym przypadku nie tylko udział zieleni w strukturze miast, ale także wielkość, rozmieszczenie oraz sposób zagospodarowania terenów zielonych. Lublin jest bez wątpienia miastem zielonym. Duża ilość zróżnicowanych powierzchniowo, fizjonomicznie i gatunkowo terenów zielonych sprawia, że jakość życia w mieście w tym aspekcie jest na bardzo wysokim poziomie. Powierzchnia zajmowana przez tereny zielone zwiększa się w kierunku od centrum miasta. Wraz ze wzrostem tej odległości rośnie ilość zieleni niskiej a maleje wysokiej. Ogólna powierzchnia terenów zielonych jest największa na terenach o funkcji mieszkaniowej i towarzyszących (ogródki działkowe, miejsca sportu i rekreacji, cmentarze). W Lublinie zdecydowanie przeważa zieleń niska, która jest rozmieszczona dość równomiernie na terenie całego miasta. Zieleń wysoka występuje w postaci nieregularnych, różnych wielkościowo powierzchni. Znacznie więcej jest jej w osiedlach mieszkaniowych niż w przypadku obszarów przemysłowych, gdzie czasami zieleń wysoka nie występuje wcale.

Obrazy satelitarne o wysokiej rozdzielczości przestrzennej okazują się być wyjątkowo przydatne w przypadku badań nad terenami zielonymi obszarów miejskich. Przede wszystkim pozwalają na uzyskanie bardzo precyzyjnych, szczegółowych danych przestrzennych, które gwarantują wystarczającą szczegółowość opracowań. Ponadto mogą być pozyskiwane dość często (możliwości pozyskania tego typu danych satelitarnych wyznaczają rozdzielczość czasowa systemu satelitarnego i warunki pogodowe), co pozwala na bieżącą aktualizację opracowań. Na ich podstawie można określić dokładne rozmieszczenie zieleni w mieście, wydzielić tą zieleń spośród terenów niezielonych, dokonać jej klasyfikacji pod względem wysokości, opisać strukturę pod względem rodzajowym, jak również obliczyć powierzchnię poszczególnych jej elementów składowych.

Ograniczeniem w przypadku wykorzystania obrazów satelitarnych są wysokie koszty. Dotyczy to zwłaszcza zdjęć o wysokiej i bardzo wysokiej rozdzielczości przestrzennej, dostarczanych przez satelity komercyjne, które w przypadku analiz obszarów miejskich są najbardziej przydatne. Przetworzenie surowego obrazu satelitarnego wymaga wiedzy eksperckiej na dany temat, jak również specjalistycznego sprzętu. Na użyteczność obrazów satelitarnych wpływają ponadto warunki pogodowe występujące w momencie wykonywania zdjęć, mianowicie zachmurzenie. W praktyce może to ograniczyć możliwość pozyskania danych w wybranym terminie.

Podsumowując, można stwierdzić, że zdjęcia satelitarne powinny znaleźć szersze zastosowanie w badaniach terenów zielonych obszarów miejskich od dotychczasowego. Badania rozkładu poziomego zieleni nie są jednakże wystarczające w przypadku badań nad zielenią ośrodków miejskich. Miasta rozwijają się w kierunku pionowym, przez co zmienia się odbiór przestrzeni przez użytkowników terenów miejskich. Inaczej postrzegają oni ilość zieleni w osiedlu domków jednorodzinnych, inaczej też oceniają taką samą roślinność wśród zabudowy wielorodzinnej. Rozwój miast w obrębie dotychczasowego ich zasięgu prowadzi do obniżenia współczynników ilości zieleni w mieście. W celu zachowania równowagi i wrażenia „zieloności” miasta postuluje się by wraz z rozwojem ośrodka następował równoległy wzrost udziału roślinności pionowej. W tym kontekście warto byłoby zastanowić się także nad możliwością jeszcze szerszego badania terenów zielonych z wykorzystaniem materiału teledetekcyjnego i technik trójwymiarowych.

Literatura

- ASANI A. (2007): *Miejsce i znaczenie terenów zieleni miejskiej*. „Zeszyty Naukowe. Inżynieria Środowiska/Uniwersytet Zielonogórski”, nr 135 (15), s. 11–21.
- BERNACIAK A. (2005): *Analiza funkcjonalna zieleni miejskiej*. [w:] E. Oleksiejuk i J. Piotrowiak (red.): *Zieleń miejska — naturalne bogactwo miasta. Zasady gospodarowania i ochrona*, Toruń, Polskie Zrzeszenie Inżynierów i Techników Sanitarnych. Oddział Toruń.
- CHMIELEWSKI J.M. (2001): *Teoria urbanistyki w projektowaniu i planowaniu miast*. Warszawa, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej.
- CÖMERTLER S. (2007): *Rola terenów otwartych w podnoszeniu atrakcyjności i jakości życia miejskiego*. „Czasopismo Techniczne. Architektura”, nr 104 (1-A), s. 24–34.
- CZARNECKI W. (1961): *Tereny zielone*. Planowanie miast i osiedli, t. 3, Poznań, Państwowe Wydawnictwo Naukowe.
- CZERWIENIEC M., LEWIŃSKA J. (1996): *Zieleń w mieście*. Warszawa, IGPiK. Agencja Wydawnicza.
- JAROCIŃSKA A. (2014): *Radiative Transfer Model Parameterization for Simulating the Reflectance of Meadow Vegetation*. „Miscellanea Geographica — Regional Studies on Development”, nr 18 (2), s. 5–9.
- KAWOŃ K., ŻMUDA S. (1977): *Rola zieleni w kształtowaniu rejonów przemysłowych*. „Studia nad Ekonomiką Regionu”, nr 8.
- KOSIŃSKI K., KOZŁOWSKA T. (2003): *Zastosowanie wskaźnika NDVI i filtracji kierunkowej do rozpoznawania użytków zielonych oraz analizy zmian siedlisk i zbiorowisk łąkowych*. „Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji”, nr 13b, s. 387–395.
- KUO C.Y., CHOU T.Y., LEE R.Y. (2001): *Identification of Urban Characteristics Using IKONOS High Resolution Satellite Image*. 22nd Asian Conference on Remote Sensing, 2001.10.05–09, Singapore.
- OLEKSIEJUK E. (2005): *Rola i funkcje zieleni w mieście*. [w:] E. Oleksiejuk i J. Piotrowiak (red.): *Zieleń miejska — naturalne bogactwo miasta. Zasady gospodarowania i ochrona*, Toruń, Polskie Zrzeszenie Inżynierów i Techników Sanitarnych. Oddział Toruń.
- PLUTA K. (2010): *Zielone przestrzenie publiczne w europejskim miejskim środowisku zamieszkania*. „Czasopismo Techniczne. Architektura”, nr 107 (3-A), s. 129–135.
- PRZESMYCKA N. (2005): *Przeobrażenia historycznych terenów zielonych Lublina do 1939 roku. Teka Komisji Architektury, Urbanistyki i Studiów Krajobrazowych. Tom 1*, Lublin, PAN.
- PTASZYCKA A. (1950): *Przestrzenie zielone w miastach*. Poznań, Ludowa Spółdzielnia Wydawnicza.
- SMALL C. (2005): *A Global Analysis of Urban Reflectance*. „International Journal of Remote Sensing”, nr 26 (4), s. 661–681.
- SUTKOWSKA E. (2006): *Współczesny kształt i znaczenie zieleni miejskiej jako zielonej przestrzeni publicznej w strukturze miasta — przestrzeń dla kreacji. Teka Komisji Architektury, Urbanistyki i Studiów Krajobrazowych. Tom 2*, Lublin, PAN.
- SZCZEPANOWSKA H.B. (red.) (1984): *Wpływ zieleni na kształtowanie środowiska miejskiego*. Warszawa, Państw. Wydawnictwo Naukowe.
- SZUMAŃSKI M. (2000): *Zastosowanie teorii klasyfikacji w kształtowaniu terenów zieleni*. [w:] P. Wolski (red.): *Nowe idee i rozwój dziedziny architektury krajobrazu w Polsce. III Forum Architektury Krajobrazu, Warszawa, 4–5 grudzień 2000. Materiały konferencyjne*, Studia i Materiały/Ośrodek Ochrony Zabytkowego Krajobrazu — Narodowa Instytucja Kultury Krajobrazu, t. 29(41), Warszawa, Ośrodek Ochrony Zabytkowego Krajobrazu — Narodowa Instytucja Kultury.
- TANRIVERDI C. (2006): *A Review of Remote Sensing and Vegetation Indices in Precision Farming*. „KSU. Journal of Science and Engineering”, nr 9 (1), s. 69–76.
- TOMPALSKI P. (2012): *Wykorzystanie wskaźników przestrzennych 3D w analizach cech roślinności miejskiej na podstawie danych z lotniczego skanowania laserowego*. „Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji”, nr 23, s. 443–456.
- TOUTIN T., CHENG P. (2000): *Demistyfikacja IKONOSA*. „Magazyn Geoinformacyjny GEODETA” (10), s. 12–15.
- WELCH R. (1982): *Image Quality Requirements for Mapping from Satellite Data*. „International Archiwum of Photogrammetry”, nr 24 (1), s. 50–54.

- WĘŻYK P., WAŃCZYK R. (2008): *Implementacja Dyrektywy INSPIRE na przykładzie internetowego serwisu „Mapa roślinności rzeczywistej Miasta Krakowa”*. „Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji”, nr 18b, s. 673–683.
- ZACHARIASZ A. (2006): *Zieleń jako współczesny czynnik miastotwórczy ze szczególnym uwzględnieniem roli parków publicznych*. Monografia/Politechnika Krakowska im Tadeusza Kościuszki Architektura, Kraków, Wydawnictwo PK.