

POLITECHNIKA WARSZAWSKA
Wydział Geodezji i Kartografii



Praca dyplomowa magisterska

**Badanie przydatności map granulometrycznych
do wyodrębniania terenów zabudowanych na
zdjęciach lotniczych**

inż. Wojciech Popławski

Praca napisana
w **Zakładzie Fotogrametrii,
Teledetekcji i Systemów Informacji
Przestrzennej**
pod kierunkiem
dr. inż. Przemysława Kupidury

Warszawa, 2013

Streszczenie

Celem pracy jest analiza zmian użytkowania terenu w latach 1987 – 2007. Badania zostały przeprowadzone metodą map granulometrycznych i pozwoliły określić sposób i intensywność rozwoju przestrzennego wybranych gmin. Wyniki wykonanej analizy zostały porównane z metodą wektoryzacji manualnej. Porównanie te miało na celu pokazanie możliwości wykorzystania metody map granulometrycznych w prognozowaniu rozwoju przestrzeni planistycznej (poprzez wyodrębnienie terenów zabudowanych), co jest jednym z głównych zadań planowania przestrzennego.

W celu głębszego przeanalizowania problemu w pracy zostaną poruszone tematy dotyczące: teledetekcji, systemów informacji przestrzennej oraz zastosowania zdjęć lotniczych w technologii gis.

Analizy zmian użytkowania terenu dostarczają niezbędnych informacji w procesie planowania przestrzennego. Pozwalają one przewidzieć kierunek rozwoju danego obszaru, określić miejsca występowania presji urbanistycznej (możliwości jej niwelowania) oraz umożliwiają zaprojektowanie przeznaczenia danego terenu uwzględniając obecne użytkowanie terenu jak i jego przyszłe kierunki rozwoju.

Praca składa się z 8 rozdziałów. Pierwsze trzy rozdziały opisują zagadnienia teoretyczne związane z tematem pracy i narzędziami niezbędnymi do tworzenia analiz zmian użytkowania terenu. Kolejne rozdziały są częścią praktyczną pracy, w której opisano metodykę pracy oraz wyniki przeprowadzonych analiz.

SPIS TREŚCI

STRESZCZENIE	3
ROZDZIAŁ 1 WSTĘP	5
ROZDZIAŁ 2 SIP ORAZ TELEDETEKCJA JAKO NARZĘDZIE W ANALIZACH ZMIAN UŻYTKOWANIA TERENU	7
2.1. Przydatność i znaczenie SIP	7
2.2. Zdjęcia lotnicze – zastosowanie	8
2.2. Klasyfikacja pikselowa	9
2.2. Klasyfikacja obiektowa	13
2.3 Klasyfikacja teksturowa	14
2.4 Zastosowanie zobrazowań cyfrowych w gospodarce przestrzennej	15
ROZDZIAŁ 3 GRANULOMETRIA MORFOLOGICZNA	16
3.1. Morfologia matematyczna – podstawowe informacje	16
3.2. Element strukturujący	17
3.3. Operacje w morfologii matematycznej	17
3.3.1 Erozja	17
3.3.2 Dylacja	19
3.3.3 Otwarcie i Domknięcie	21
3.4. Operacje granulometryczne	23
3.6 Oprogramowanie BlueNote	24
3.5 Zastosowanie granulometrii w gospodarce przestrzennej	28
ROZDZIAŁ 4 CHARAKTERYSTYKA GMINY KARCZEW I JABŁONNA	29
4.1. Charakterystyka gminy Karczew	29
4.1.1. Położenie Gminy	29
4.1.2. Historia gminy	29
4.1.3. Ochrona Środowiska	30
4.1.4. Dane statystyczne	30
4.1.5. Ocena zmian użytkowania w gminie Karczew	32
4.2. Charakterystyka gminy Jabłonna	33
4.2.1. Położenie gminy	33
4.2.2. Historia gminy	33
4.2.3. Ochrona Środowiska	34
4.2.4. Dane statystyczne	35
4.2.5. Ocena zmian użytkowania w gminie Jabłonna	37
ROZDZIAŁ 5 CHARAKTERYSTYKA DANYCH I METODYKA PRACY	39
ROZDZIAŁ 6 ANALIZA WYNIKÓW	49
ROZDZIAŁ 7 PODSUMOWANIE	58
ROZDZIAŁ 8 BIBLIOGRAFIA	60
ZAŁĄCZNIK NR 1	62

Rozdział 1

Wstęp

Otoczająca nas rzeczywistość materialna podlega nieustannym zmianom. Kierunek rozwoju przestrzeni wynika z istniejących funkcji oraz przyszłych optymalnych sposobów zagospodarowania terenu, których do końca nie jesteśmy w stanie przewidzieć.

Osoby zajmujące się planowaniem przestrzennym mają za zadanie kreowanie i ustalanie najbardziej prawdopodobnych wariantów rozwoju otoczenia. Zmiany te zależą od wielu aspektów i posiadają różnorodną wielkość oraz tempo. Przestrzeń ulega ciągłym zmianom, których natężenie jest zależne od wielu czynników. Ważne jest zrozumienie potrzeb i wymagań społeczeństwa, co będzie miało korzystny wpływ na rozwój danego regionu zgodnie z zasadą zrównoważonego rozwoju. (*W. Popławski, J. Brzeziński 2012*).

Narzędziem ułatwiającym poznanie kierunków zmian zachodzących w przestrzeni są analizy zarówno jakościowe jak i ilościowe. Dzięki nowym narzędziom coraz łatwiejsze i szybsze staje się wyciąganie wniosków na temat rozwoju otaczającego nas środowiska, a także możliwe jest szybkie aktualizowanie istniejących opracowań.

Przeprowadzane analizy powinny odnosić się do obszaru o jednolitej charakterystyce. Porównanie wyników należy wykonać w zestawieniu z obszarami o jak najbardziej podobnej sytuacji (np. rodzaj terenu, liczba mieszkańców).

W niniejszym opracowaniu skupiono się na ocenie przydatności map granulometrycznych do wyodrębniania terenów zabudowanych i porównanie tej metody z wynikami otrzymanymi poprzez wektoryzację manualną. Dzięki wykonanym analizom możliwe będzie poznanie zmian, które zaszły na wybranych obszarach oraz określenie przydatności analizowanej metody poprzez porównanie jej wyników z opracowaniami istniejącymi już dla tego obszaru.

Do analizy zostały wybrane gminy Karczew oraz Jabłonna. Karczew jest gminą położoną w województwie mazowieckim w niewielkim oddaleniu od Warszawy (30 km). Jest to gmina miejsko – wiejska o liczbie mieszkańców około 16 tysięcy. Obszar ten posiada duży udział terenów rolnych i leśnych. W północno – centralnej części gminy znajduje się osada miejska będąca centrum administracyjnym obszaru (dokładny opis gminy został przedstawiony w dalszym rozdziale). Jabłonna jest gminą wiejską położoną

w województwie mazowieckim na północ od Warszawy (w jej bezpośrednim sąsiedztwie). Gmina charakteryzuje się podobnym stopniem zaludnienia co gmina Karczew. Jabłonna składa się głównie z terenów leśnych, rolnych i dynamicznie rozwijających się terenów mieszkaniowych wynikających z pełnienia funkcji „sypialni” Warszawy.

Rozdział 2

SIP oraz Teledetekcja jako narzędzie w analizach zmian użytkowania terenu

2.1. Przydatność i znaczenie SIP

W nomenklaturze angielskiej systemy informacji przestrzennej noszą nazwę Geographic Information System, czyli w wolnym tłumaczeniu na język polski systemy informacji przestrzennej. Specjaliści związani z tematyką definiują te pojęcie na wiele sposobów dlatego GIS jest tematem bardzo szerokim i nie jednoznacznie zdefiniowanym. Według ESRI (Environmental Systems Research Institute (firma zajmująca się tworzeniem oprogramowania do celów GIS-owych) *„a geographic information system (GIS) integrates hardware, software, and data for capturing, managing, analyzing, and displaying all forms of geographically referenced information”* (ESRI, www.esri.com z dnia 05.05.2013). Tłumacząc tą definicję należy stwierdzić, że system informacji geograficznej (GIS) integruje sprzęt, oprogramowanie oraz dane, które mają na celu pozyskiwanie, zarządzanie, analizowanie oraz wyświetlanie wszystkich form informacji geograficznej posiadających referencję. Wynika z tego, że w skład SIP wchodzi wiele elementów. System można nazwać systemem GIS jedynie wtedy kiedy zawiera każdą z części wymienionych w definicji. Niezbędna jest zatem integracja zasobów finansowych, sprzętowych, danych oraz wykwalifikowanych specjalistów aby taki system mógł istnieć i pełnić stawiane przed nim zadania. Należy zauważyć, że żadna z części systemu GIS nie jest ważniejsza od innej ponieważ system może istnieć i funkcjonować bez wszystkich elementów.

Kolejnym pojęciem, które jest trudne do zdefiniowania jest informacja geograficzna. Wynika to z faktu nie poprawnego traktowania zamiennie pojęć „dane” oraz „informacje”. Dane odnoszą się bezpośrednio do analizowanego przez nas obiektu lub zjawiska zaś informacje wynikają z analizowania danych przy zastosowaniu naszej wiedzy. *„Informacje powstają poprzez porównywanie i analizowanie danych, wzbogacone o ludzką wiedzę i doświadczenie. Natomiast określenie „geograficzna” mówi o lokalizacji w przestrzeni danego obiektu”* („System Baz Danych Przestrzennych dla Województwa Mazowieckiego”, S. Białousz 2004).

Dane przestrzenne składają się z dwóch części: geometrycznej oraz przypisanych atrybutów. Pierwsza część przedstawia rozkład elementów w przestrzeni wraz z ich współrzędnymi (np. mapa zawierająca rozmieszczenie mostów), natomiast atrybuty zawierają dane na temat poszczególnych elementów analizowanej mapy (przyporządkowanie rodzaju do poszczególnych mostów np. most przeszłowy). Dane te przechowywane są w tabelach połączonych z częścią geometryczną. Istnieje bardzo dużo sposobów pozyskiwania danych do systemów GIS zaczynając od interpretacji zdjęci lotniczych i satelitarnych, które umożliwiają szybkie pozyskiwanie danych kończąc na wywiadzie terenowym, który jest najdokładniejszym sposobem pomiaru wielkości, a zarazem najdłuższym i najbardziej czasochłonnym.

Analizy przestrzenne wykonywane poprzez przekształcanie wprowadzanych do systemu danych są cennym źródłem informacji w gospodarce przestrzennej. Pozwalają one również na nam na prezentację graficzną wyników analiz co ułatwia interpretację i umożliwia przekazanie wyników pracy dla decydentów nie będących specjalistami w tej dziedzinie. Dzięki technologii GIS możliwe jest tworzenie modeli trójwymiarowych, które dopełniają proces interpretacji i uproszczają go w dalszym stopniu. Dzięki tym wszystkim cechom technologia SIP jest coraz częściej wykorzystywanym narzędziem przez urbanistów.

2.2. Zdjęcia lotnicze – zastosowanie

Zdjęcia lotnicze są cennym źródłem danych wykorzystywanych w gospodarce przestrzennej. W państwowych bazach danych przechowywane są zdjęcia dla obszaru kraju, co powoduje, że obrazowania lotnicze są aktualnym i ważnym źródłem informacji, które umożliwiają tworzenie map i wykonywanie analiz. Dzięki istnieniu zarówno zasobów archiwalnych jak i bieżących możliwe jest porównywanie ze sobą zdjęć z różnych dat (np. na przestrzeni 40 lat), co pozwala nam zaobserwować zachodzące zmiany. Skrócenie czasu dostępu do informacji poprzez użycie zdjęć lotniczych jako źródła do tworzenia baz danych umożliwia zmniejszenie kosztów gospodarowania przestrzenią.

Lotnicze obrazowania ziemi występują w różnych skalach (różne wielkości piksela terenowego), dzięki czemu możliwy jest jej dobór w zależności od potrzeb. Wraz z rozwojem technologii i rozszerzeniem powszechności stosowania zdjęć do tworzenia

map topograficznych została opracowana zależność łącząca skalą obrazu oraz skalę mapy topograficznej jaka utworzyć na podstawie danego zdjęcia.

Zależności te przedstawiają dane zawarte w tabeli poniżej:

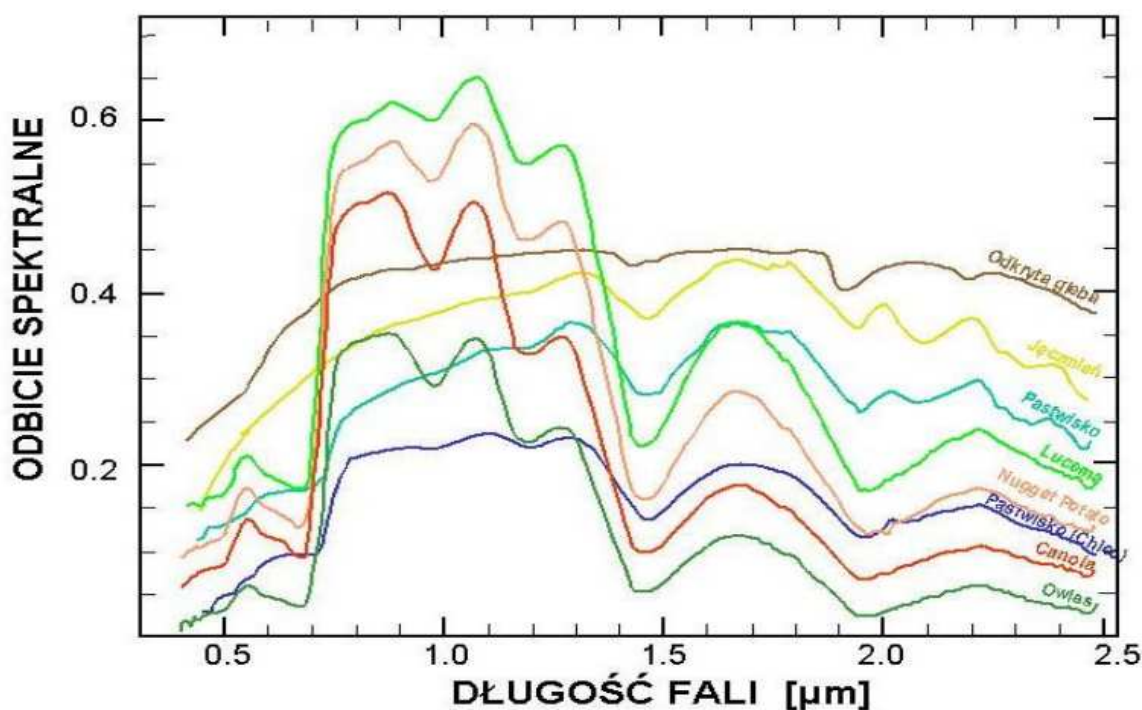
Skala mapy topograficznej	Skala zdjęć lotniczych	Piksel terenowy obrazu cyfrowego [m]
1:2000	1:10 000	0,25
1:5000	1:18 000	0,45
1:10 000	1:26 000	0,65
1:25 000	1:40 000	1,00
1:50 000	1:70 000	1,75

Tab. 1. Zależności pomiędzy skalą zdjęcia lotniczego, a skalą mapy topograficznej (Źródło: „Lotnicze i satelitarne obrazowanie Ziemi”, Tom II, Kurczyński, 2006, s.513)

Wszystkie przedstawione wyżej zalety zdjęć lotniczych powodują, iż są one bardzo ważnym i chętnie używanym źródłem danych w procesie gospodarowania przestrzenią.

2.2. Klasyfikacja pikselowa

Klasyfikacja pikselowa jest popularną metodą klasyfikacji treści wielospektralnych obrazów cyfrowych. Opiera się ona na analizie wartości pikseli. Wieloaspektowość tej informacji wynika z faktu zróżnicowanego odbicia poszczególnych zakresów promieniowania elektromagnetycznego przez obiekty terenowe. *„Mówimy wówczas, że posiadają one różne charakterystyki spektralne, a procedury klasyfikacji określamy jako wielospektralne. Jeśli dla wybranych obiektów określimy wartość odpowiedzi spektralnej w kilku różnych i stosunkowo wąskich zakresach promieniowania, to możemy sporządzić ich graficzną reprezentację w tzw. Przestrzeni odpowiedzi spektralnych”* („Metody cyfrowe w teledetekcji”, J. Adamczyk i inni, 2007, str. 131). Omówioną zasadę przedstawia rysunek 1.

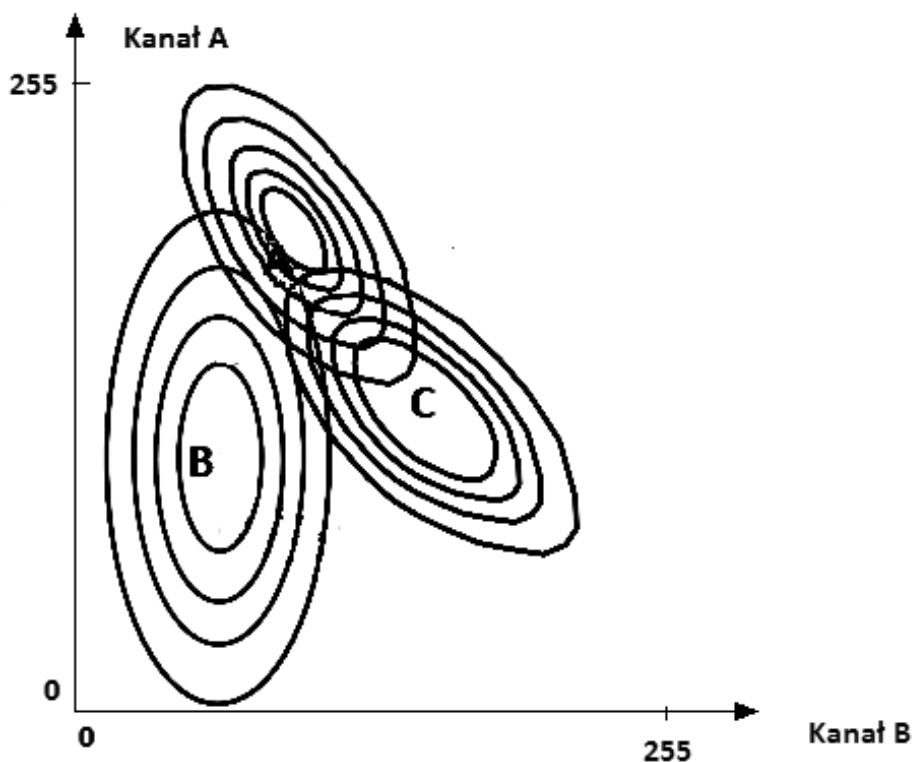


Rysunek 1. Charakterystyki spektralne wybranych form pokrycia terenu (źródło: http://telesip.gik.pw.edu.pl/attachments/235_Wyklad_5_6%20_charakterystyki%20spektralne_mi.pdf)

Odpowiedzi spektralne obiektów występujących w przyrodzie wykazują zróżnicowanie, które powoduje występowanie różnych wartości pikseli w zależności od miejsca rejestracji przedstawionego obiektu. W wyniku otrzymujemy zagęszczenia w przestrzeni spektralnej punktów reprezentujących w tej przestrzeni piksele przedstawiające określone klasy pokrycia terenu. Oznacza to, że obiekty występujące w przyrodzie nie są jednorodne, w wyniku tego są reprezentowane przez piksele znajdujące się w pewnym zakresie wartości. Piksele te tworzą charakterystyczne skupienia dla poszczególnych form pokrycia terenu. Skupienia te zazwyczaj przypominają w kształcie elipsę i mogą nachodzić na skupienia oznaczające inną formę pokrycia terenu, która wykazuje częściowe podobieństwo charakterystyki odbicia promieniowania elektromagnetycznego.

Metody klasyfikacji pikselowej są niedoskonałe ponieważ opierają się jedynie na analizie wartości pikseli w wybranych kanałach obrazu. W analizach nie uwzględnia się cech pośrednich i bezpośrednich klasyfikowanych obiektów (innych niż barwa reprezentowana przez wartości radiometryczne pikseli), które są bardzo ważne w interpretacji obrazów teledetekcyjnych. Powoduje to, że metoda ta w wielu przypadkach może być nieskuteczna.

Wyżej omówione skupienia pikseli i ich nachodzenie na siebie przedstawia rysunek 2



Rysunek 2. Skupienia punktów reprezentujących różne obiekty terenowe A, B, C (źródło: opracowanie własne)

Osoba wykonująca analizę powinna posiadać wiedzę i doświadczenie odnośnie przetwarzanego obszaru. Musi ona intuicyjnie ustalić wzorce klas, które będą reprezentować dany rodzaj pokrycia terenu. Wzorce te zostaną porównane z całą treścią obrazu podczas wykonywania klasyfikacji nadzorowanej.

Schemat postępowania klasyfikacji nadzorowanej:

- 1) określenie liczby klas;
- 2) wektoryzacja elementów obrazu odpowiadających odpowiednim klasom;
- 3) określenie sygnatur;
- 4) wykonanie klasyfikacji nadzorowanej poprzez obliczenia komputerowe przy użyciu zaproponowanych klas.

Wyznaczone pola treningowe muszą powinny charakteryzować klasę obiektów, które reprezentują. W celu pełnego zdefiniowania klasy wskazane jest wykonanie kilku pól treningowych o jak największej powierzchni.

Następnie należy obliczyć charakterystyki statystyczne obrazów (tj. odchylenie standardowe, wartość minimalna i maksymalna itp.). Wyniki te określane mianem sygnatur są miarodajną oceną wyboru klas przez algorytm podczas klasyfikacji. Ważnym elementem jest dobór odpowiedniego przetwarzania.

Wyróżnia się następujące rodzaje klasyfikacji:

- 1) Reguła najmniejszej odległości, w której wyliczana jest wartość średnia jasności pikseli dla poszczególnych klas obiektów przez co wyznaczane są środki klas. Wspomniane środki klas wyznaczają miejsca, w których jest najwięcej pikseli reprezentujących daną klasę. W klasyfikacji tej ocenia się odległość każdego piksela od punktów reprezentujących poszczególne klasy. Piksel zostaje przydzielony do klasy, od której dzieli go najmniejsza odległość. (Adamczyk, Będkowski, 2007, str 143)
- 2) Reguła największego prawdopodobieństwa. Metoda ta opiera się na porównaniu wartości największego prawdopodobieństwa, która jest przedstawiana poprzez histogramy. W celu obiektywnego porównania histogramy są aproksymowane do rozkładu normalnego. Głównym założeniem tej metody jest równe prawdopodobieństwo wystąpienia wszystkich klas obiektów w analizowanym obrazie. (Wyczałek, 2007, str. 148)
- 3) Reguła równoległościaków. W metodzie tej granice klasy są wyznaczone poprzez wybór pikseli charakteryzujących się maksymalnymi i minimalnymi wartościami jasności wszystkich pikseli znajdujących się we wzorach. Przeprowadza się ta operację dla wszystkich kanałów spektralnych. W wyniku tego tworzone są równoległościaki, w których znajdują się piksele z określonej klasy. Wadą tej metody jest to, że istnieje możliwość wystąpienia pikseli nie należących do żadnej z klas oraz pikseli należących do więcej niż jednej klasy. W celu zniwelowania tej sytuacji przeprowadza się klasyfikację według najmniejszej odległości.

Drugą metodą jest klasyfikacja nienadzorowana, która wykorzystuje wartości jasności pikseli w kanałach spektralnych. Piksele tworzą grupy charakteryzujące się podobną wartością jasności w określonych kanałach. Grupy te zwane są klastrami. Najważniejszym aspektem metody jest wyznaczenie położenia punktów, które będą

odpowiadać poszczególnym klasom obiektów. Obiekty reprezentowane są przez skupienia pikseli, rozpoznawane przez algorytm programu. Klasy pikseli w przestrzeni klas spektralnych tworzone są poprzez określenie odległości pikseli od punktu charakterystycznego danej klasy. Piksele charakteryzujące poszczególne obiekty tworzą skupienia w przestrzeni odpowiedzi spektralnych, które są rozpoznawane przez algorytm. W wyniku tego powstaje obraz, w którym każdy piksel jest przydzielony do odpowiedniej, zdefiniowanej wcześniej klasy. Piksele trafiają do klas, w których ich odległość spektralna od analizowanego punktu jest najmniejsza. Do popularnych algorytmów klasyfikacji nienadzorowanej możemy zaliczyć metody: ISODATA oraz K-średnich.

Końcowym etapem wykonywania klasyfikacji jest ocena jej dokładności. Ocenia się ją poprzez porównanie otrzymanych wyników z innymi polami treningowymi niż te określone podczas klasyfikacji lub przeprowadza się ocenę wizualną poprzez porównanie wyników z wynikami innych klasyfikacji wykonywanych w niedalekiej przeszłości. Podstawową metodą oceny klasyfikacji jest utworzenie macierzy błędów, która definiuje dokładność dopasowania pikseli do odpowiednich klas. Dokładność tą ocenia się poprzez obliczenie: całkowitej dokładności klasyfikacji (iloczyn liczby pikseli sklasyfikowanych poprawnie do liczby pikseli będących rzeczywiście danym rodzajem pokrycia terenu), dokładności producenta (iloczyn pikseli sklasyfikowanych poprawnie do pikseli będących klasą odniesienia), błędów z tytułu nadmiaru i pominięcia. Na jakość otrzymanych wyników podczas przeprowadzanej klasyfikacji ma wpływ kilka czynników. Najważniejsze z nich to wybór odpowiedniej metody i reguły klasyfikacji oraz odpowiednie wyznaczenie pól treningowych.

2.2. Klasyfikacja obiektowa

Analiza obiektowa powstała między XX i XXI wiekiem. W tej technice odchodzi się od stosowania jedynie interpretacji danych zawartych w pikselach na rzecz analizy większej ilości zmiennych tj.: kształt, jasność, tekstura i wiele innych. Powoduje to, że proces ten jest bardziej zbliżony do interpretacji wizualnej wykonywanej przez ludzki mózg i oko.

„Analiza obiektowa może być rozumiana w dwóch kontekstach:

- a) Jako zagadnienie techniczne, wiążące się z przeprowadzeniem procedury obiektowej klasyfikacji obrazów teledetekcyjnych*

b) *Jako nowy sposób rozumienia (paradygmat) przestrzeni przyrodniczej w GIS poprzez wprowadzenie analiz przestrzennych bazujących na podejściu obiektowym* („Metody cyfrowe w teledetekcji”, J. Adamczyk, K. Będkowski 2007, str. 159).

Klasyfikacja obiektowa bazuje na możliwości rozpoznawania obiektów poprzez analizę treści danych zapisanych w obrazach teledetekcyjnych. Dzięki oprogramowaniu do analizy obiektowej możemy integrować dane posiadające tylko jedną wspólną cechę jaką jest układ współrzędnych. Umożliwia nam to także wykonywanie klasyfikacji nadzorowanych i nienadzorowanych oraz klasyfikacji opartych na logice rozmytej i samouczących sieciach neuronowych. Podczas wykonywania klasyfikacji obiektowej wykorzystywana jest logika rozmyta, która pozwala zamienić wartości ostre przynależności do danej klasy (0 nie należy, 1 należy) na wartości znajdujące się w przedziale tych dwóch liczb. Przedstawiony sposób opisu obiektów pozwala nam na standaryzowanie danych. Sposób ten jest przejrzysty, pozwala się dostosować do różnego rodzaju obiektów i umożliwia opis obiektów o skomplikowanej formie. Wszystkie te aspekty powodują, że klasyfikacja obiektowa jest bardzo nowoczesną i zaawansowaną metodą interpretacji obrazów pozwalającą na klasyfikację skomplikowanych obiektów i form. Należy pamiętać, że metoda ta wymaga specjalnego oprogramowania, które zazwyczaj nie jest dostępne w standardowym wyposażeniu popularnych programów teledetekcyjnych.

2.3 Klasyfikacja teksturowa

Obserwując dany obraz możemy zauważyć rozkład pikseli wybranych elementów. Zauważając regularność tego rozkładu możemy sklasyfikować obrazy jako jednorodne lub niejednorodne. Analizując te elementy możemy wyznaczyć różne formy użytkowania terenu zaczynając od zasięgu upraw rolnych, a kończąc na terenach zurbanizowanych. W teledetekcji wyróżniamy dwa rodzaje cech rozpoznawczych obrazu – bezpośrednio: kształt, wielkość, barwa, tekstura, tekstura oraz cechy pośrednie: cień własny, cień rzucony, położenie i powiązanie z otoczeniem. *„Cechy rozpoznawcze stanowią podstawę budowy kluczy interpretacyjnych, za których pomocą odczytuje się treść zdjęć lotniczych”* („Metody cyfrowe w teledetekcji”, J. Adamczyk, K. Będkowski 2007, str. 152). Wartości pikseli wynikają z różnic odbicia promieniowania o różnych długościach fali. Struktura i tekstura obrazu wynika z kompilacji czynników tj. cień własny i rzucony, przestrzenna budowa obiektów przy czym strukturę obrazu charakteryzuje się jako

gładką, drobnoziarnistą lub gruboziarnistą. Tekstura opisuje uporządkowanie elementów obrazu w przestrzeni tworzących określony wzór. W dzisiejszych czasach istnieją algorytmy komputerowe, które wykorzystując zasady sztucznej inteligencji i dokonują rozpoznania wzorców na danym obrazie. Możliwość wykorzystania zaawansowanych technik komputerowych powoduje, że interpretacja teksturowa jest nowoczesną metodą analizy zmian użytkowania terenu. Największym ograniczeniem jest wiedza i doświadczenie potrzebne przy interpretacji wyników podanych przez programy komputerowe. (Adamczyk, Będkowski, 2007)

2.4 Zastosowanie zobrazowań cyfrowych w gospodarce przestrzennej

Gospodarka przestrzenna jest bardzo szeroką dziedziną nauki czerpiącą wiedzę z różnych aspektów życia. Jednym z ważniejszych elementów gospodarowania przestrzenią jest możliwość oceny stanu istniejącego. Narzędziem umożliwiającym taką ocenę są zdjęcia lotnicze, które przedstawiają obraz wycinka ziemi „z lotu ptaka” przy zastosowaniu określonego pomniejszenia (skali).

Dla doświadczonego urbanisty mogą być one cennym źródłem danych na różne tematy tj.: stan gleb, roślinności, stopień zagęszczenia i rozmieszczenia zabudowy, zasięg obszarów cennych przyrodniczo i wiele innych. Dzięki tym danym możemy uzyskać informację na temat kierunku rozwoju przestrzeni, wielkości antropopresji wywołanej rozszerzaniem się powierzchni zabudowanych czy też możemy przeprowadzić wstępną ocenę stanu gleb i ich przydatności pod zabudowę i produkcję roślinną. Kolejnym zastosowaniem obrazów cyfrowych jest tworzenie analiz zmian użytkowania terenu, które mają na celu określenie kierunku rozwoju analizowanego obszaru (szerzej te zagadnienie zostanie poruszone w dalszych rozdziałach).

Podsumowując zdjęcia lotnicze i satelitarne są ważnym źródłem danych w gospodarce przestrzennej, które mają zastosowanie do wielu opracowań i analiz. Planowanie przestrzenne w Polsce jest młodą nauką i powoduje to, że istnieje jeszcze dużo nowych możliwości zastosowania zdjęć lotniczych.

Rozdział 3

Granulometria morfologiczna

3.1. Morfologia matematyczna – podstawowe informacje

„Pojęcie morfologia pochodzi z greki i jest połączeniem dwóch słów. Pierwsze z nich morph, oznacza kształt, formę, postać; drugie lógos – słowo, naukę”(„Metody morfologiczne w przetwarzaniu obrazów cyfrowych”, M. Iwanowski 2009, s. 11). Analizując te słowa należy stwierdzić, że morfologia jest nauką o kształtach. Znajduje ona zastosowanie w wielu dziedzinach nauki tj. biologia, medycyna, geografia. Pierwszy raz we współczesnym świecie użyto pojęcia morfologii matematycznej w odniesieniu do analizy struktur geologicznych. Następnie z biegiem lat zaczęto używać narzędzi oferowanych przez morfologię w celu przetwarzania obrazów cyfrowych. Przy zastosowaniu operacji morfologicznych w przetwarzaniu obrazów budowane są kształty obiektów, co umożliwia szybką i łatwą interpretację zobrażeń powierzchni.

Wszystkie obiekty w otaczającej nas rzeczywistości postrzegane są poprzez relacje z otoczeniem. W nawiązaniu do cech tej przestrzeni nadajemy określone parametry obserwowanemu przez nasze oko obiektowi. Przykładem tego mogą być złudzenia optyczne tj.: Sześcian Neckera, Siatka Hermana, Wstęga Macha. Należy jednak zaznaczyć, że sąsiedztwo jest tylko jednym z elementów branych pod uwagę podczas interpretacji obiektów. Istnieje szereg czynników (barwa, kształt, wielkość, tekstura), które mają wpływ na postrzeganie obrazu przez nasz mózg. Morfologia matematyczna, a dokładniej jej operacje mają na celu przetwarzanie obrazów cyfrowych przy uwzględnieniu kontekstowych cech zdjęcia. Dzięki tym operacjom proces ten staje się bardziej zbliżony do interpretacji ludzkiego oka, a co za tym idzie daje efekty pozwalające uznawać wyniki przetwarzania jako źródło danych o dużej dokładności.

3.2. Element strukturujący

Pojęcie elementu strukturującego jest podstawowym zagadnieniem morfologii matematycznej. *„Jest to podzbiór elementów sztucznie stworzonego wycinka obrazu z wyróżnionym punktem, tzw. Punktem centralnym, będącym środkiem układu współrzędnych tego podzbioru. Kształt i wielkość elementu strukturującego określa zasięg działania funkcji morfologicznej. Jego zadaniem jest modyfikacja kształtu obiektu w taki sposób by ujawnić jego strukturę”*(„Morfologia matematyczna w teledetekcji”, P. Kupidura i inni, 2010, s. 16). Najlepszym kształtem elementu strukturującego w większości operacji morfologicznych jest koło, lecz z powodu ograniczeń technicznych istnieje możliwość stosowania jedynie kształtów zbliżonych do koła. Należy wprowadzić tu pojęcie elementu jednostkowego będącego elementem strukturującym w kształcie kwadratu o boku długości trzech pikseli i środka w miejscu przecięcia przekątnych. W przypadku interpretacji obrazów w skali szarości element ten może być wielopoziomowy (składa się on z pikseli o różnych wartościach). Taki typ elementu nazywamy funkcją strukturującą.

3.3. Operacje w morfologii matematycznej

W morfologii matematycznej występują cztery podstawowe operacje: otwarcie i domknięcie oraz erozja i dylacja. Nie bez powodu przedstawione zostały one w parach wynika to z faktu, że są to procesy dualne względem siebie.

3.3.1 Erozja

W większości słowników słowo *erozja* odnosi się do procesu niszczenia elementów za pomocą określonej siły (wiatr, woda, elektryczność). Odnosi się więc do procesów wywoływanych przez różne czynniki. Patrząc w sensie ideologicznym jest to proces defragmentacji danego elementu za pomocą określonego narzędzia lub siły. W nawiązaniu do morfologii matematycznej możemy zatem rozumieć te zjawisko jako „niszczenie” naszego obrazu poprzez odcinanie jego fragmentów o określonym kształcie i rozmiarze za pomocą wybranego elementu strukturującego.

Matematycznie erozję można zapisać w następujący sposób:

$$\varepsilon_B(X) = \bigcap_{y \in B} X_y$$

gdzie X_y jest zbiorem X , który został przesunięty o wartość y za pomocą translacji

$$X_y = \{x + y : x \in X\},$$

B jest symetrycznym odbiciem zbioru B względem początku układu współrzędnych:

$$B = \{b : -b \in B\},$$

Podając przykład operacji, erozję $\varepsilon_B(X)$ należy rozumieć jako iloczyn logiczny składający się z translacji zbioru X o wektor, którego współrzędne wynikają z odwrotności elementu strukturującego B . (*P. Kupidura i inni, Morfologia matematyczna w teledetekcji, 2010, str. 19*)

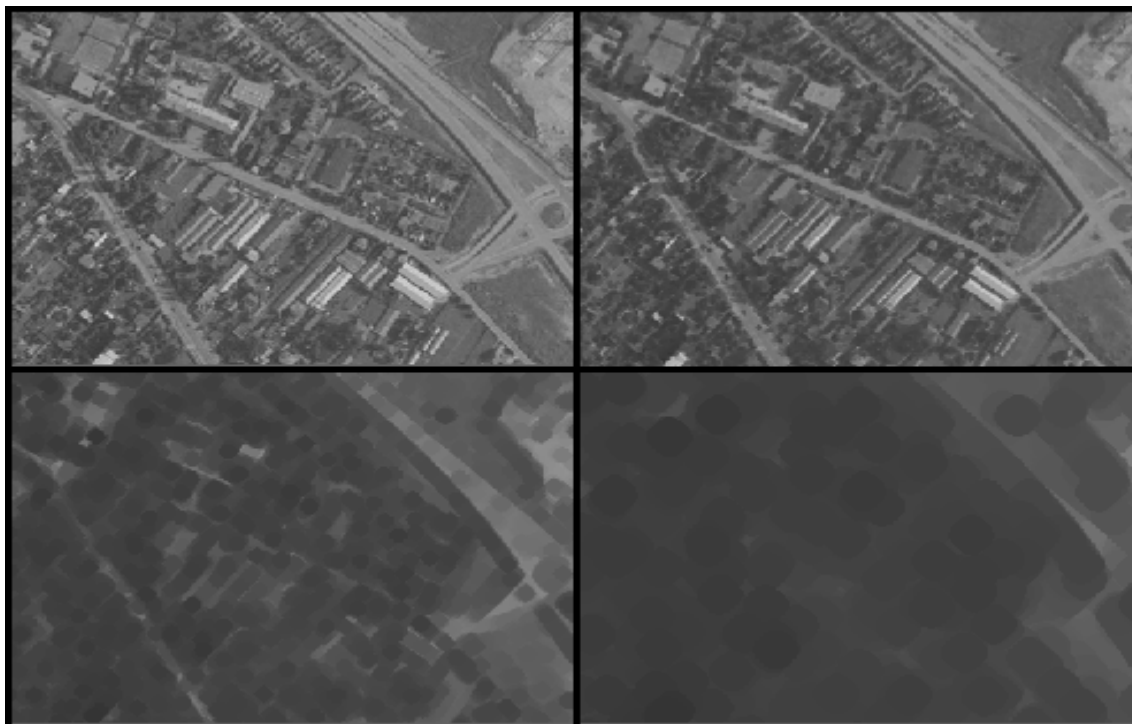
Erozję można także rozumieć jako używanie określonego elementu strukturującego i usuwanie części obrazu pasującego do tego elementu. W tym znaczeniu erozja jest procesem grupowania określonych elementów będących podobnych do użytego wzorca.

Dopiero po 20 latach od stworzenia zagadnienia morfologii matematycznej powstały sposoby zastosowania erozji do obrazów w skali szarości (powyżej przedstawione rozważania odnoszą się do obrazów binarnych). Poniżej zostanie przedstawiona jedna z metod przekształceń, która jest rozwinięciem wcześniej przedstawionego wzoru.

$$\varepsilon_B(f) = \inf\{g(f - y), y \in B\}.$$

W wyniku erozji funkcji f otrzymujemy najmniejszą wartość przesunięcia funkcji f o elementy y (elementy przeciwne do elementu strukturującego B). (*P. Kupidura i inni, Morfologia matematyczna w teledetekcji, 2010, str. 20*).

Wynik zastosowania erozji (z użyciem coraz większych elementów strukturujących) na zdjęciu lotniczym przedstawia rysunek 3



Rysunek 3. Zastosowanie erozji; a- obraz oryginalny, obrazy przy użyciu elementu strukturującego w kształcie okręgu o promieniu wielkości 1 piksela (b), 3 pikseli (c), 8 pikseli (d) (źródło: opracowanie własne)

Analizując powyższe zdjęcia, można zauważyć sposób działania erozji. W wyniku tej operacji następuje powiększenie ciemnych miejsc i usuwanie obiektów jasnych.

3.3.2 Dylacja

W języku polskim nie istnieje słowo dylacja. W słownikach możemy odnaleźć jedynie słowo dylatacja, które oznacza rozszerzalność cieplną ciał. W języku potocznym słowem dylatacja opisuje się szczeliny pozwalające na zwiększenie objętości materiału bez jego niszczenia. Dylacja jest procesem odwrotnym do erozji i polega na nakładaniu na przetwarzany obraz pasa o wielkości i kształcie przyjętego elementu strukturującego.

Matematyczne dylację możemy zapisać w następujący sposób:

$$\delta_B(X) = \bigcup_{y \in B} X_y$$

Dylację zbioru $\delta_B(X)$ jest sumą teoriomnogościową zbiorów powstałych z przesunięć zbioru inicjalnego X o elementy należące do elementu strukturującego. (P. Kupidura i inni, *Morfologia matematyczna w teledetekcji*, 2010, str. 22)

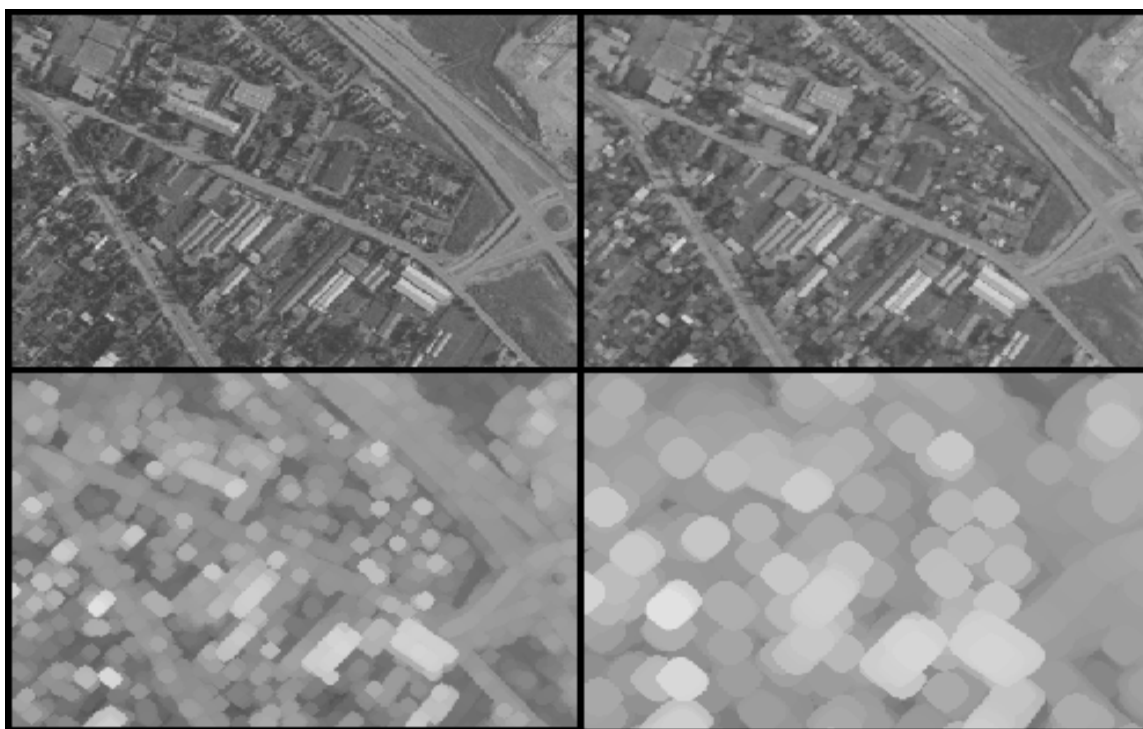
Tak samo jak w przypadku erozji możliwe jest przeprowadzenie dylacji na obrazach w skali szarości.

Matematycznie możemy zapisać że:

$$\delta_B(X) = \sup\{g(f + y), y \in B\}.$$

W wyniku dylacji otrzymujemy funkcję, która przedstawia największą wartość spośród wyników przesunięć funkcji f o części składowe elementu strukturującego. (P. Kupidura i inni, *Morfologia matematyczna w teledetekcji*, 2010, str. 24)

Wynik zastosowania dylacji (z użyciem coraz większych elementów strukturujących) na zdjęciu lotniczym przedstawia rysunek 4



Rysunek 4. Zastosowanie dylacji; a- obraz oryginalny, obrazy przy użyciu elementu strukturującego w kształcie okręgu o promieniu wielkości 1 piksela (b), 3 pikseli (c), 8 pikseli (d) (źródło: opracowanie własne)

Analizując przedstawione zdjęcia zauważa się wspomniane wcześniej odwrotne działanie dylacji względem erozji. Z przetwarzanego obrazu usuwane są obiekty ciemne ,a jasne ulegają rozszerzeniu.

Dylacja tak jak erozja może być interpretowana jako działanie polegające na przykładaniu do obrazu elementu strukturującego w celu identyfikacji zgodności ze wzorcem. Różnica erozji i dylacji polega na tym, że ta druga operacja tworzy nową partię zbioru, która została scharakteryzowana zasięgiem elementu strukturującego.

3.3.3 Otwarcie i domknięcie

Otwarcie i domknięcie są operacjami, które powstały w wyniku złożenia erozji i dylacji.

Matematycznie otwarcie możemy zdefiniować jako:

$$\gamma_B(X) = \delta_B(\varepsilon_B(X)),$$

czyli wykonanie po sobie erozji oraz dylacji. (*P. Kupidura, i inni, Morfologia matematyczna w teledetekcji, 2009, str. 25*).

Matematycznie domknięcie możemy zdefiniować jako:

$$\varphi_B(X) = \varepsilon_B(\delta_B(X)),$$

czyli wykonanie po sobie kolejno, dylacji i erozji. (*P. Kupidura, i inni, Morfologia matematyczna w teledetekcji, 2010, str. 26*).

Operacje te mają na celu eliminację błędów powstałych przy zastosowaniu jedynie erozji lub dylacji. Zarówno zastosowanie dylacji po erozji jak i operacja w odwrotnej kolejności ma za zadanie przywrócić obiektom ich odpowiednich rozmiarów.

Wynik zastosowania otwarcia i domknięcia (z użyciem coraz większych elementów strukturujących) na zdjęciu lotniczym przedstawia rysunek 5 oraz 6



Rysunek 5. Zastosowanie otwarcia; a- obraz oryginalny, obrazy przy użyciu elementu strukturującego w kształcie okręgu o promieniu wielkości 1 piksela (b), 3 pikseli (c), 8 pikseli (d) (źródło: opracowanie własne)



Rysunek 6. Zastosowanie domknięcia; a- obraz oryginalny, obrazy przy użyciu elementu strukturującego w kształcie okręgu o promieniu wielkości 1 piksela (b), 3 pikseli (c), 8 pikseli (d) (źródło: opracowanie własne)

Analizując rysunek nr. 5 zauważa się podobieństwo otwarcia do erozji. Usunięte zostają obiekty jasne. Różnicą jest to, że obiekty ciemne pozostają tej samej wielkości. Rysunek nr. 6 wykazuje podobieństwo domknięcia do dylacji. Usunięte zostają ciemne elementy obrazu. Różnica w stosunku do dylacji polega na tym, że przy tej operacji obiekty jasne nie ulegają powiększeniu.

3.4. Operacje granulometryczne

Granulometria jest procesem, w którym badamy ilościową zawartość obiektów o określonym rozmiarze w grupie elementów o różnorodnej wielkości. W celu lepszego zobrazowania problemu można porównać ją do procesu przepływu zanieczyszczonej wody przez filtry, w których przy kolejnych urządzeniach o coraz większym rozmiarze sita zostają przepuszczone coraz większe zanieczyszczenia występujące w przepływającej substancji. „Funkcję takiego filtra w granulometrii pełni otwarcie morfologiczne. Zaś kolejne sita o coraz większym „oczku” stanowią kolejne operacje otwarcia z coraz większym elementem strukturującym”. („Morfologia matematyczna w teledetekcji”, P. Kupidura i inni, 2010, s. 34). Przy zastosowaniu operacji otwarcia za pomocą szeregu elementów strukturujących, a następnie zliczeniu elementów poszczególnych zbiorów wyznaczonych przez otwarcie możemy obliczyć *rozkład wielkości*. Rozkład wielkości umożliwia nam obliczenie gęstości granulometrycznej. Przyporządkowanie tej funkcji do obrazu nazywamy funkcją granulometryczną. Operacja ta umożliwia nam uzyskanie wiedzy na temat wielkości i kształtu obiektów występujących na przetwarzanym obrazie. Operację tę możemy stosować także do obrazów w skali szarości. Różnica w stosunku do obrazów binarnych polega na tym, że ilość elementów zbioru liczymy trójwymiarowo.

Matematycznie gęstość granulometryczną możemy przedstawić jako:

$$dSD_n = SD_{n+1} - SD_n$$

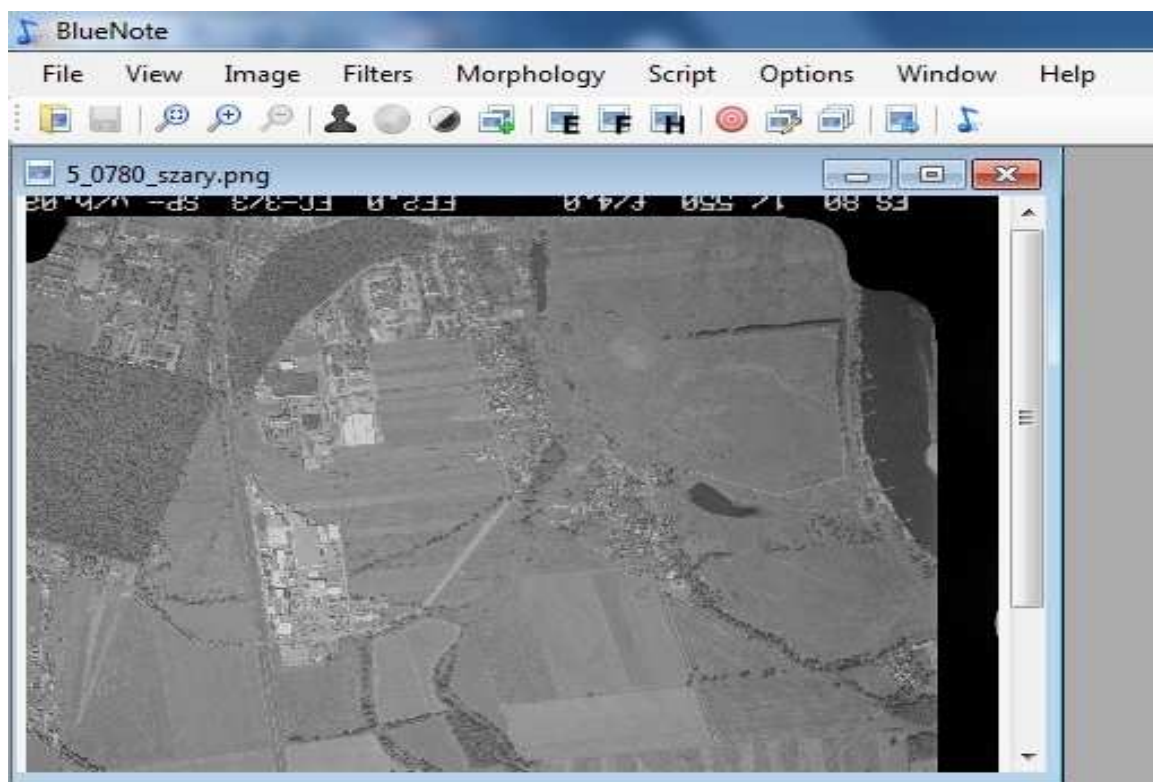
Gdzie $SD_n = \frac{S(X) - S(X_n)}{S(X)}$ – rozkład wielkości obliczony na podstawie licznosci poszczególnych zbiorów. (P. Kupidura i inni, *Morfologia matematyczna w teledetekcji*, 2010, str. 35).

Więcej na temat morfologii matematycznej i jej przykładowych zastosowań w przetwarzaniu obrazów lotniczych i satelitarnych można znaleźć w (Nieniewski, 1998, 2005; Kupidura i in., 2010, Kupidura 2006, 2010; Kowalczyk i in., 2008).

3.6 Oprogramowanie BlueNote

W przeprowadzanych badaniach dążono do wyodrębnienia terenów zabudowanych. Do wykonania map wykorzystano program BlueNote. Jest to oprogramowanie darmowe umożliwiające zastosowanie operacji morfologii matematycznej w teledetekcji. Program ten obsługuje podstawowe formaty obrazów tj.: BMP, JPG, PNG, GIF, TIFF i konwersje tych obrazów. Program ten tworzy raporty odnośnie przeprowadzanych operacji, oraz generuje wynikowe mapy co bardzo ułatwia dalsze działania i interpretacje wyników.

Okno startowe programu BlueNote przedstawia rysunek 7



Rysunek 7 Okno programu BlueNote (źródło: opracowanie własne)

W tym programie wszystkie operacje morfologiczne wykonywane są na 8-bitowych obrazach w skali szarości w związku z tym należało przekonwertować wybrane zdjęcia w trybu RGB na obrazy 8 bitowe w skali szarości.

Poniżej przedstawiono rysunki przedstawiające wyniki tej operacji:



Rysunek 8 Gmina Jabłonna (rok 1987)
(źródło: opracowanie własne)



Rysunek 9 Gmina Jabłonna (rok 2007)
(źródło: opracowanie własne)



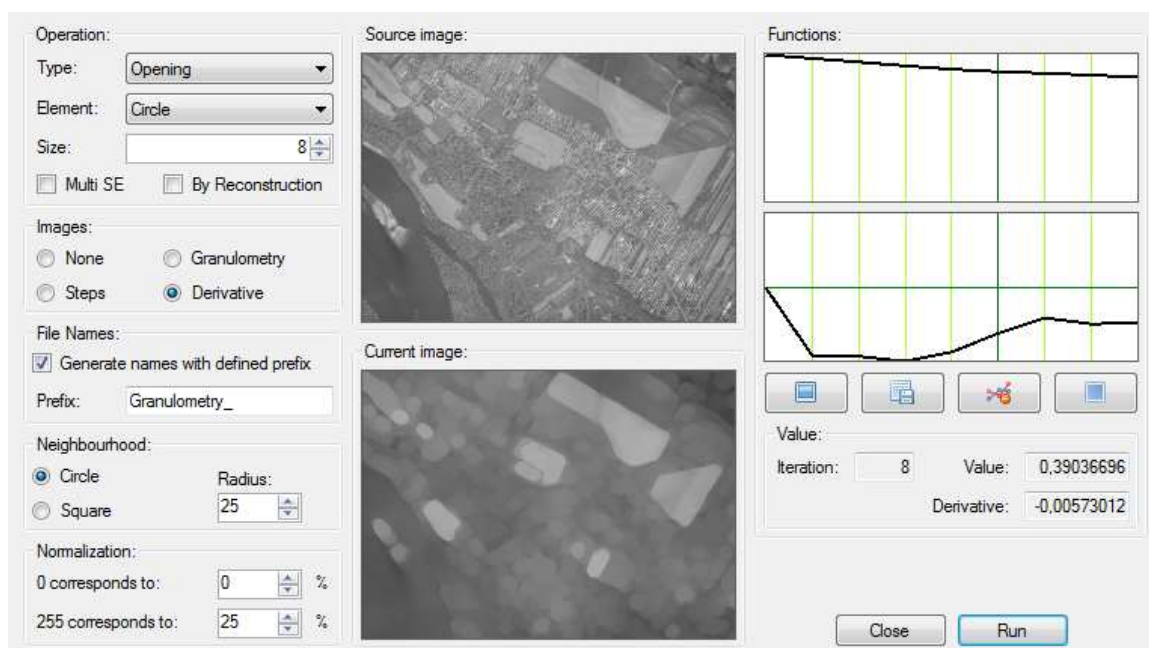
Rysunek 10 Gmina Karczew (rok 1987)
(źródło: opracowanie własne)



Rysunek 11 Gmina Karczew (rok 2007)
(źródło: opracowanie własne)

W pracy z programem BlueNote wykorzystywano zakładkę „Morphology”, w której znajdowały się działania granulometryczne. W wyniku wykonywania poszczególnych operacji program generował funkcję granulometrii, która mierzyła wpływ operacji na obraz, jej pochodną oraz ukazywał dwa obrazy: źródłowy oraz zdjęcie po określonym przetworzeniu. Dzięki tym parametrom i generowanym mapom możliwe było wybranie takich ustawień programu, które dawały najlepsze wyniki analiz.

Okno operacji granulometrycznych w programie BlueNote przedstawia rysunek 12



Rysunek 12 Okno programu BlueNote – operacja granulometryczna (źródło: opracowanie własne)

3.5 Zastosowanie granulometrii w gospodarce przestrzennej

Mapy granulometryczne mają potencjalnie bardzo duże znaczenie w gospodarowaniu przestrzenią. Dzięki nim możemy otrzymywać dane w o wiele szybciej niż ma to miejsce przy wektoryzacji manualnej. Przy zastosowaniu map granulometrycznych mogą być wykonywane analizy zmian użytkowania terenu w celu określenia potencjalnego kierunku i intensywności rozwoju jednostek osadniczych.

Mapy te mogą być stosowane do różnych celów. Mogą być wykorzystywane przy wariantowaniu lokalizacji inwestycji jako źródło informacji o terenie i jego potencjalnego znaczenia dla mieszkalnictwa. Mogą umożliwić ocenę antropopresji występującej w przyszłości (przy tworzeniu stref zabudowanych w pobliżu miejsc cennych przyrodniczo). Zapewne wraz z popularyzacją tej metody w gospodarce przestrzennej powstaną nowe innowacyjne zastosowania map granulometrycznych.

Rozdział 4

Charakterystyka Gminy Karczew i Jabłonna

Część treści poniższego rozdziału odnosząca się do gminy Karczew pochodzi z pracy inżynierskiej - „Porównanie zmian użytkowania terenu w gminach o odmiennym charakterze na przykładzie gminy Jabłonna oraz gminy Karczew” , W. Popławski, J. Brzeziński 2012, opracowanie własne (Wojciech Popławski).

4.1. Charakterystyka gminy Karczew

4.1.1. Położenie Gminy

Gmina Karczew znajduje się w Województwie Mazowieckim, w powiecie Otwockim, jest gminą wiejsko-miejską położoną 30 kilometrów na południowy wschód od Warszawy. Sąsiaduje z gminami; Celestynów, Góra Kalwaria, Konstancin-Jeziorna, Otwock, Sobienie-Jeziory. Jej siedzibą jest miasto Karczew, który jest głównym ośrodkiem, skupiającym władze samorządowe, kulturę, oświatę oraz gospodarkę. Duży wpływ na obszar ma sąsiedztwo Warszawy, co powoduje duże migracje wewnętrzne ludności spowodowane w głównej mierze celami zarobkowymi. Gmina stanowi 13.5% powierzchni powiatu co daje w przybliżeniu 82 km². Jej herbem jest historyczny herb miasta Karczewa XVIII wieku przedstawiający białego barana z unoszącą się nad nim złotą koroną.

4.1.2. Historia gminy

Pierwsze wzmianki o mieście Karczew pochodzą z XVI wieku. W kronikach można odnaleźć informację na temat okoliczności powstania miejscowości. Karczew swoje powstanie oraz nazwę zawdzięcza rodzinie Duckich, którzy z powodu zagrożenia zalaniem przez Wisłę, podjęli działanie polegające na poszukiwaniu nowego miejsca pod osiedle mieszkalne. Wybór trafił na wyżej położone tereny, znajdujące się w granicach lasu. Przyszłe miasto Karczew wzięło swoją nazwę od karczowania lasu, które miało miejsce w czasie przygotowania nowego terenu do zamieszkania. Miasto otrzymało prawa miejskie w 1548 roku, na zasadzie prawa Chełmińskiego. W czasie powstania listopadowego obszar gminy był miejscem wielu bitew polsko – rosyjskich co

doprowadzi do kompletnego zniszczenia okolic. W 1869 w wyniku popierania powstańców Karczew stracił prawa miejskie, które odzyskał dopiero w 1959 roku.

4.1.3. Ochrona Środowiska

Gmina Karczew ze względu na swoje położenie w granicach terenów cennych przyrodniczo w swojej polityce regionalnej musi uwzględniać zasady ochrony środowiska. W obrębie jej granic znajduje się Mazowiecki Park Krajobrazowy, który jest obszarem ważnym ze względu na występowanie w nim wielu zagrożonych gatunków fauny i flory np. Bociana Czarnego, który w obecnych czasach występuje bardzo rzadko. Na terenie parku występują unikalne obszary torfowisk z roślinnością charakterystyczną dla takich miejsc. W obrębie miasta Karczew został utworzony Rezerwat przyrody „Na torfach”, w którym znajduje się śródleśne bagienne jezioro „Torfy”. Wszystkie te tereny świadczą o wysokiej jakości środowiska lokalnego. W celu zachowania tak unikatowych walorów przyrody, zostały one objęte ochroną prawną (rezerwat, park krajobrazowy).

Należy podkreślić, że tereny te na wyznaczonych szlakach turystycznych są dostępne zwiedzającym, dzięki czemu Gmina Karczew jest obszarem atrakcyjnym turystycznie, a zarazem przez swoje działania przyczynia się do ochrony środowiska, będącego dziedzictwem całej ludzkości.

4.1.4. Dane statystyczne

Według danych z 2010 roku obszar ten zamieszkuje 16 065 osób, z czego 51% stanowią kobiety, a 49% mężczyźni. Gęstość zaludnienia w gminie wynosi 196 osób na km². Omawiany obszar posiada ujemne saldo migracji zarówno zagranicznej, wewnętrznej jak i ogólnej, co jest negatywnym trendem z demograficznego punktu widzenia. Mieszkańcy gminy, charakteryzują się niskim poziomem wykształcenia, co rzutuje na innowacyjność lokalnej gospodarki i hamuje rozwój obszaru poprzez brak inwestycji i niską jakość kapitału społecznego. Głównym źródłem utrzymania ludności tych obszarów jest praca najemna, niepokojący jest fakt, że drugim z kolei źródłem dochodów są emerytury. Świadczy to o starzejącym się modelu społeczeństwa. Powoduje to stagnację lub nawet regresję w gospodarce lokalnej z powodu wysokiego współczynnika ludzi starszych względem sumy wszystkich osób zamieszkujących omawiany teren.

Poniżej przedstawiono tabele charakteryzujące ludność Gminy Karczew;

STAN LUDNOŚCI (2010 rok)		
Stan na 30 VI		
ogółem	osoba	16050
mężczyźni	osoba	7762
kobiety	osoba	8288
Stan na 31 XII		
ogółem	osoba	16065
mężczyźni	osoba	7757
kobiety	osoba	8308
Ludność wg głównego źródła utrzymania		
ogółem	osoba	9963
praca poza rolnictwem, najemna	osoba	4887
praca poza rolnictwem, na rachunek własny lub z najmu	osoba	683
praca w rolnictwie	osoba	639
niezarobkowe źródło, emerytura	osoba	2155
niezarobkowe źródło, renta	osoba	1017
pozostałe niezarobkowe	osoba	570
WYKSZTAŁCENIE LUDNOŚCI		
Ludność wg poziomu wykształcenia		
wyższe	osoba	1081
policealne	osoba	475
średnie razem	osoba	4216
średnie ogólnokształcące	osoba	1281
średnie zawodowe	osoba	2935
zasadnicze zawodowe	osoba	3459
podstawowe ukończone	osoba	3965
podstawowe nieukończone i bez wykształcenia	osoba	453

*Tab. 2. Dane statystyczne gminy Karczew, rok 2011
(źródło: GUS)*

Migracje na pobyt stały gminne wg płci		
zameldowania ogółem		
ogółem	osoba	161
mężczyźni	osoba	66
kobiety	osoba	95
wymeldowania ogółem		
ogółem	osoba	187
mężczyźni	osoba	90
kobiety	osoba	97
saldo migracji		
ogółem	osoba	-26
Wskaźniki modułu gminnego		Osoby
ludność na 1 km ² (gęstość zaludnienia)		196
kobiety na 100 mężczyzn		107
małżeństwa na 1000 ludności		7,2
urodzenia żywe na 1000 ludności		11,3
zgony na 1000 ludności		8,1
przyrost naturalny na 1000 ludności		3,2

*Tab. 3. Dane statystyczne gminy Karczew, rok 2011
(źródło: GUS)*

4.1.5. Ocena zmian użytkowania w gminie Karczew

Największą część powierzchni gminy stanowią użytki rolne i zabudowa związana z produkcją rolną oraz lasy. Świadczy to o rolniczym charakterze gminy. Wszystkie te elementy sprawiają, że gmina Karczew ma charakter gminy rolniczej, w której występuje dużo wolnej przestrzeni odpowiedniej pod zabudowę. „Różnego rodzaju zabudowa (z wyłączeniem zabudowy produkcji rolniczej) stanowi około 4% powierzchni analizowanego obszaru, co jest niską wartością. Na podstawie tych danych można stwierdzić, że procesy urbanizacyjne przebiegały tu bardzo powoli oraz były w początkowym stadium rozwoju. Tereny zabudowane skupiały się na dwóch obszarach: wzdłuż dużych dróg oraz w centrum miasta Karczew, który jest swego rodzaju lokalnym ośrodkiem miastotwórczym” („Porównanie zmian użytkowania terenu w gminach o odmiennym charakterze na przykładzie gminy Jabłonna oraz gminy Karczew”, W. Popławski, J. Brzeziński 2012, s. 53). W porównaniu do roku 1987, dalej największa powierzchnia przypada na tereny rolne i lasy. Mimo tego, że w granicach gminy znajduje się miasto rolnictwo jest jej głównym kierunkiem rozwoju. Zjawiska urbanizacyjne występujące na analizowanym obszarze charakteryzują się słabą dynamiką i skupiają się

głównie wzdłuż istniejących dróg. Wśród zabudowy najprężniej rozwinęła się zabudowa związana z produkcją rolniczą (głównie szklarnie).

Należy stwierdzić, że:

1. Gmina Karczew jest gminą typowo rolniczą, która posiada małą gęstość zabudowy;
2. Na większości obszaru gminy występują lasy i tereny rolnicze;
3. Zabudowa mieszkaniowa i usługowa na przełomie lat rozwijała się w niewielkim stopniu, głównym typem nowopowstającej zabudowy były szklarnie;
4. Okres ostatnich dwudziestu lat przyniósł jedynie nieznaczne zmiany w formach użytkowania terenu.

4.2. Charakterystyka gminy Jabłonna

4.2.1. Położenie gminy

Gmina Jabłonna leży administracyjnie w województwie mazowieckim w powiecie legionowskim. Położona jest ona bezpośrednio w sąsiedztwie z północną częścią Warszawy. Jej kolejne granice są wyznaczone poprzez sąsiedztwo z miastem Legionowo, miastem Nowy Dwór Mazowiecki oraz na południu rzeką Wisłą. Geologicznie gmina znajduje się na Nizinie Mazowieckiej, a dokładniej na terenie Kotliny Warszawskiej dorzecza Wisły. Siedziba gminy znajduje się we wsi Jabłonna. Przez jej obszar przebiega kilka ważnych dróg w skali kraju m. in. droga nr 61 Warszawa – Augustów .

4.2.2. Historia gminy

W XIV wieku odnotowano pierwsze wzmianki na temat kształtowania się osady miejskiej na terenach dzisiejszej gminy Jabłonna. Wzmianki pojawiają się w dokumentach „Spominki Płockie II” (1339 r.) oraz akcie erekcyjnym parafii Wieliszew (1374 r.). Wieś Jabłonna, swoje powstanie i rozwój zawdzięcza sąsiedztwu Warszawy, które pełniło już w średniowieczu ważne funkcje administracyjne (początkowo stolica Księstwa Mazowieckiego, następnie stolica Polski). Wieś Jabłonna została lokowana na prawie niemieckim przez biskupa płockiego. Teren ten

charakteryzował się w przeszłości profilem rolniczym. Ludność utrzymywała się głównie z uprawy ziemi i hodowli zwierząt.

„W roku 1774 Jabłonna została odkupiona od Kapituły płockiej przez Biskupa Michała Jerzego Poniatowskiego. Przekształcił on ją w rezydencję pałacowo-ogrodową, dzięki dochodom z biskupstwa krakowskiego wznosząc pałac oraz oficyny, pawilony, altanę chińską i grotę. Co więcej, jako dobry gospodarz wyregulował układ wsi, wznosił zabudowania dla włościan, ulepszył trakt łączący Jabłonnę z Warszawą. Zmienił również formę gospodarki na tych terenach – w miejsce bartnictwa rozwinęło się pszczelarstwo ulowe, założył mielcerze (do wytwarzania węgla drzewnego), prowadził splaw drewna z okolicznych lasów” (Internetowy serwis gminy Jabłonna, www.jablonna.pl z dnia 22.05.2013).

W następnych latach Jabłonna była pod zwierzchnictwem księcia Józefa Poniatowskiego, Anny z Tyszkiewiczów oraz Marii Teresy Tyszkiewicz. Anna była żoną Aleksandra Potockiego, który wniósł duży wkład w rozwój wsi przez co stała się ona na stałe dobytkiem rodziny Potockich

W pierwszej połowie dwudziestego wieku, Jabłonna była traktowana jako miejscowość wypoczynkowa będąca ośrodkiem rekreacji dla osób mieszkających w Warszawie. Przyczyniło się to do rozwoju infrastruktury osadniczej oraz powstania nowego oddzielnego miasta – Legionowo.

Druga wojna światowa spowodowała wiele zniszczeń w gminie, które były stopniowo odbudowywane w latach pięćdziesiątych. Przykładem, może być Pałac w Jabłonnej, który został odbudowany przez instytut PAN w celu zaadoptowania go do pełnienia funkcji obiektu konferencyjnego.

4.2.3. Ochrona Środowiska

Gmina Jabłonna podobnie jak gmina Karczew w swojej polityce regionalnej musi uwzględnić zasady ochrony środowiska ze względu na występowanie terenów cennych przyrodniczo i chronionych prawnie. W granicach obszaru gminy znajduje się Rezerwat przyrody „Jabłonna”, który jest miejscem występowania unikatowych siedlisk gatunków roślin i zwierząt. Kolejnym ważnym obszarem jest teren rezerwatu „Kępy Kazuńskie”, który jest ostoją lęgowych rzadkich gatunków ptaków żyjących na obszarze rzeki Wisły. *„Wisła na terenie rezerwatu tworzy liczne wyspy i starorzecza. Występuje tu roślinność w różnych stadiach sukcesji, od wodnej poprzez szuwarową i bagienną do lasów olszowych. Na piaszczystych łachach występują zbiorowiska *Limosella aquatica* i *Cerperus fuscus* oraz lepiężnika kutnerowatego. Wyspy starsze porośnięte są głównie wierzby*

krzaczastymi. Najczęstsze są tu wierzba wiciowa i wierzba trójpręcikowa, świadczące o przekształcaniu środowiska w łęg topolowo – wierzbowy. Fauna rezerwatu jest bogata w ptaki wodno – błotne. Występuje tu ok. 30 gatunków lęgowych i 40 zalatujących. Z ptaków lęgowych najliczniej reprezentowana jest mewa pospolita, rybitwa zwyczajna oraz rybitwa białoszczelna.” (Internetowy serwis gminy Jabłonna, www.jablonna.pl z dnia 22.05.2013)

4.2.4. Dane statystyczne

Gmina Jabłonna jest gminą wiejską o powierzchni 6 480 hektarów. Obszar ten zamieszkuje prawie 16 tysięcy osób (w tym 51% stanowią kobiety). Gęstość zaludnienia jest stosunkowo duża i wynosi 249 osób na kilometr kwadratowy. W wyniku sąsiedztwa Warszawy i pełnienia funkcji „sypialnianej” Jabłonna posiada dodatnie saldo migracji i niską stopę bezrobocia (3,9%). Gmina dzięki swojemu położeniu zmienia się z obszaru rolniczego na ośrodek będący zapleczem dla osób pracujących w stolicy Polski. W związku z występowaniem tu dużych obszarów leśnych i niezagospodarowanych (ponad 50%), Jabłonna posiada bardzo duży potencjał związany z zagospodarowaniem pod funkcję mieszkaniową. Obszary prawnie chronione zajmują ponad 4,5 tysiąca hektarów. Na terenie gminy występują 34 pomniki przyrody występujące na ponad 540 hektarach obszarów chronionych.

Poniżej przedstawiono tabele charakteryzujące ludność Gminy Jabłonna;

STAN LUDNOŚCI (2010 rok)		
Stan na 30 VI		
ogółem	osoba	15754
mężczyźni	osoba	7708
kobiety	osoba	8046
Stan na 31 XII		
ogółem	osoba	16029
mężczyźni	osoba	7829
kobiety	osoba	8200
Ludność wg głównego źródła utrzymania		
ogółem	osoba	6244
praca poza rolnictwem, najemna	osoba	3207
praca poza rolnictwem, na rachunek własny lub z najmu	osoba	683
praca w rolnictwie	osoba	400
niezarobkowe źródło, emerytura	osoba	1120
niezarobkowe źródło, renta	osoba	534
pozostałe niezarobkowe	osoba	279
WYKSZTAŁCENIE LUDNOŚCI		
Ludność wg poziomu wykształcenia		
wyższe	osoba	1310
policealne	osoba	337
średnie razem	osoba	2878
średnie ogólnokształcące	osoba	814
średnie zawodowe	osoba	2064
zasadnicze zawodowe	osoba	1582
podstawowe ukończone	osoba	2130
podstawowe nieukończone i bez wykształcenia	osoba	235

*Tab. 4. Dane statystyczne gminy Jabłonna, rok 2011
(źródło: GUS)*

Migracje na pobyt stały gminne wg płci		
zameldowania ogółem		
ogółem	osoba	733
mężczyźni	osoba	328
kobiety	osoba	405
wymeldowania ogółem		
ogółem	osoba	245
mężczyźni	osoba	104
kobiety	osoba	141
saldo migracji		
ogółem	osoba	488
Wskaźniki modułu gminnego		Osoby
ludność na 1 km ² (gęstość zaludnienia)		249
kobiety na 100 mężczyzn		104
małżeństwa na 1000 ludności		5,4
urodzenia żywe na 1000 ludności		14,7
zgony na 1000 ludności		5,7
przyrost naturalny na 1000 ludności		9,0

*Tab. 5. Dane statystyczne gminy Jabłonna, rok 2011
(źródło: GUS)*

4.2.5. Ocena zmian użytkowania w gminie Jabłonna

Największa część gminy Jabłonna stanowią lasy, które są zlokalizowane w centralnej i wschodniej części terenu. Zabudowa znajduje się głównie wzdłuż głównych dróg i związana jest w największym stopniu z produkcją rolniczą (szklarnie, stodoły, itp.). Resztę zabudowy stanowią magazyny oraz obiekty związane z przetwórstwem rolnym. *Analizując stan użytkowania terenu w gminie Jabłonna w roku 2007 zauważono, znaczący spadek udziału terenów rolnych w porównaniu z rokiem 1987, znaczący wzrost powierzchni zabudowy mieszkaniowej świadczy o przekształceniu gminy Jabłonna w gminę sypialnianą dla Warszawy. Zwrócić uwagę należy na ponad czterokrotny wzrost zabudowy mieszkaniowej wielorodzinnej. Do terenów na których jest ona zlokalizowana należą tereny w bliskim sąsiedztwie Stolicy. Tereny rolne zostają przekształcane na tereny zabudowane. Coraz większą powierzchnię zajmują inne tereny zabudowane. Wśród nich wyróżnić należy nowopowstałe obiekty sportowe czy wielko powierzchniowe centrum usługowe zlokalizowane we wsi Jabłonna.* („Porównanie zmian użytkowania terenu w gminach o odmiennym charakterze na przykładzie gminy Jabłonna oraz gminy Karczew”, W. Popławski, J. Brzeziński 2012, s. 55).

Należy stwierdzić, że:

1. Struktura gminy uległa dużym zmianom na przestrzeni 20 lat;
2. Gmina Jabłonna uległa bardziej dynamicznym przekształceniom niż gmina Karczew;
3. Gmina dzięki swemu położeniu zaczęła pełnić funkcję „sypialni” Warszawy;
4. Na przestrzeni 20 lat najdynamiczniej rozwijała się zabudowa mieszkaniowa;
5. Zmniejszeniu uległa powierzchnia terenów rolnych na rzecz terenów mieszkaniowych, co wiąże się z nowymi funkcjami obszaru;
6. Budowa obwodnicy pomogła w znacznym stopniu rozwinąć się gminie.

Rozdział 5

Charakterystyka danych i metodyka pracy

Przed przystąpieniem do pracy należało wybrać obszar, na których miały być przeprowadzane badania. Z terenu obu gmin; Jabłonna i Karczew wybrano możliwie duże powierzchnie charakteryzujące się jak największą różnorodnością pokrycia terenu. Analizy przeprowadzono na podstawie tych dwóch gmin ponieważ istnieją wykonane dla nich mapy zmian użytkowania terenu metodą wektoryzacji manualnej; (*W. Popławski, J. Brzeziński 2012*). Poprzez porównanie wyników obu metod można było określić dokładność naszej metody oraz możliwość wykorzystania jej w prognozowaniu rozwoju przestrzeni.

Wykonywane analizy wymagały przetworzenia i opracowania posiadanych danych. Przed przystąpieniem do tworzenia map granulometrycznych należało zatem przeprowadzić szereg czynności, które miały na celu ujednolicenie i przygotowanie zdjęć lotniczych do pracy w programie BlueNote.

Praca składała się z następujących etapów:

- 1) wycięcie wybranych wcześniej obszarów ze zdjęć lotniczych;
- 2) geometryzacja zdjęć;
- 3) stworzenie map granulometrycznych;
- 4) utworzenie obrazów wielospektralnych z map granulometrycznych;
- 5) wektoryzacja manualna terenu opracowania;
- 6) reklasyfikacja obrazów do obrazów binarnych (tereny zabudowane i inne);
- 7) obliczenie wskaźników umożliwiających ocenę dokładności metody.

Badania przeprowadzono na dwóch zdjęciach dla każdej z gmin. Były to obrazy o następujących parametrach:

- a) Zdjęcia z roku 1987 o pikselu terenowym 0.5 metra (skala 1:2000)
- b) Zdjęcia z roku 2007 o pikselu terenowym 0.65 metra (skala 1:26000)

Wybór dwóch roczników umożliwił sprawdzenie zmian użytkowania terenu w przeciągu dwudziestu lat. Do analizy zostały wybrane tereny mieszczące się na jednym zdjęciu lotniczym (w celu ułatwienia pracy). Wybrane obszary zostały wycięte pomocy oprogramowania ArcGis firmy ESRI. Ważne było, aby były one o takiej samej

powierzchni, co miało celu sprawdzenie czy oprogramowanie działa tak samo bez względu na zasięg analizy czy też występujące formy pokrycia terenu.

Po wyborze zasięgu analizy wycięto oraz zgeometryzowano (względem ortofotomapy w układzie 1992) cztery zdjęcia lotnicze, po dwa na każdą gminę (z lat 1987 oraz 2007).

Wycięte obszary z obu gmin przedstawiają rysunki 15 oraz 16



Rysunek 15 Analizowany fragment gminy Jabłonna
(źródło: opracowanie własne)



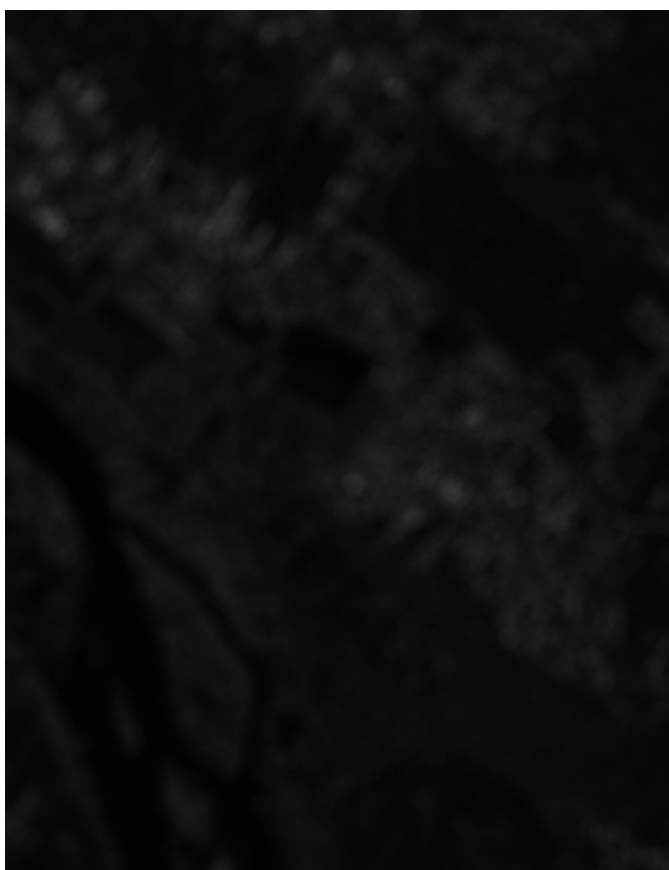
Rysunek 16 Analizowany fragment gminy Karczew
(źródło: opracowanie własne)

Kolejnym krokiem było wybranie parametrów programu, w celu otrzymania jak najlepszych wyników analiz tj.: rodzaj operacji, ilość elementów strukturujących, rodzaj generowanej mapy (w przypadku przeprowadzanej analizy były to mapy różnic między kolejnymi obrazami), otoczenie piksela brane pod uwagę przy operacji (kształt i promień otoczenia). Wszystkie te wskaźniki były ustalane w oparciu o istniejące publikacje, w których wykonywano analogiczne analizy. W tym przypadku wybrano 8-krotny element strukturujący i badano otoczenie piksela w kształcie koła w trzech wariantach – 20, 25, 30 pikseli. W wyniku przeprowadzonych analiz i weryfikacji badań opisanych w literaturze ustalono te wartości parametrów jako optymalne. Na obrazach przeprowadzono dwa rodzaje operacji morfologicznych – otwarcie i domknięcie (każdy obraz posiadał wygenerowane oddzielnie otwarcia oraz domknięcia).

Następnie zmniejszono rozdzielczości wybranych zdjęć (zmniejszenie liniowego rozmiaru piksela czterokrotnie i ośmiokrotnie) w celu wyodrębnienia całości terenów zabudowanych analizowanego obszaru oraz uniknięcie sytuacji wyodrębniania pojedynczych budynków. Potem na podstawie obrazów zostały stworzone mapy

granulometryczne o określonych wcześniej parametrach dla każdego rocznika zdjęcia w gminie Karczew i Jabłonna. W przypadku analizy metodą map granulometrycznych należało wykonać operację na obrazach o zmniejszonej rozdzielczości ponieważ zależało nam na otrzymaniu obszarów zabudowy, a nie wyodrębnieniu poszczególnych budynków. Dodatkowo BlueNote jest oprogramowaniem wykonyującym analizy w oparciu o pamięć RAM sprzętu, co powoduje, że może on wykorzystać jedynie ograniczoną ilość pamięci komputera (niemożliwe jest przeprowadzanie analiz na zdjęciach o bardzo dużej rozdzielczości). Uzasadnienie te można także odnieść do wyboru wariantów otoczenia piksela, którego wartość jest także ograniczana przez możliwości sprzętowe i programowe. W wyniku operacji w BlueNote otrzymywano obrazy znormalizowane, w których została wcześniej ustalona progowa wartość procentowa zmiany jasności pikseli. Wspomnianej wcześniej wartości progowej program przyporządkowywał wartość maksymalną z przedziału wartości możliwych dla pikseli. W przypadku przeprowadzanej analizy normalizacja wynosiła 25%. Oznacza to, że sąsiedztwo piksela, w której zmiana wynosiła 25% otrzymywało wartości maksymalne .

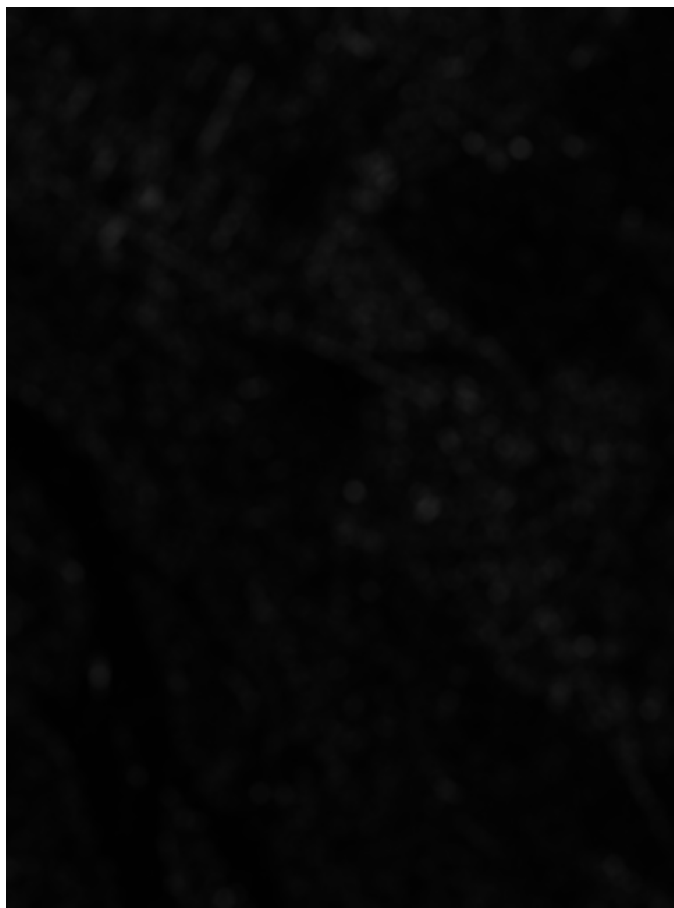
Wynikowe mapy granulometryczne przedstawiają rysunki 17, 18 oraz 19 (Jasne piksele oznaczają tereny o największych znormalizowanych wartościach granulometrii, a piksele ciemne - tereny o najmniejszych wartościach).



Rysunek 17 Gmina Jabłonna, Element strukturujący nr 1, otoczenie 30 pikseli (rok 2007)
(źródło: opracowanie własne)



Rysunek 18 Gmina Jabłonna, Element strukturujący nr 3, otoczenie 30 pikseli (rok 2007)
(źródło: opracowanie własne)

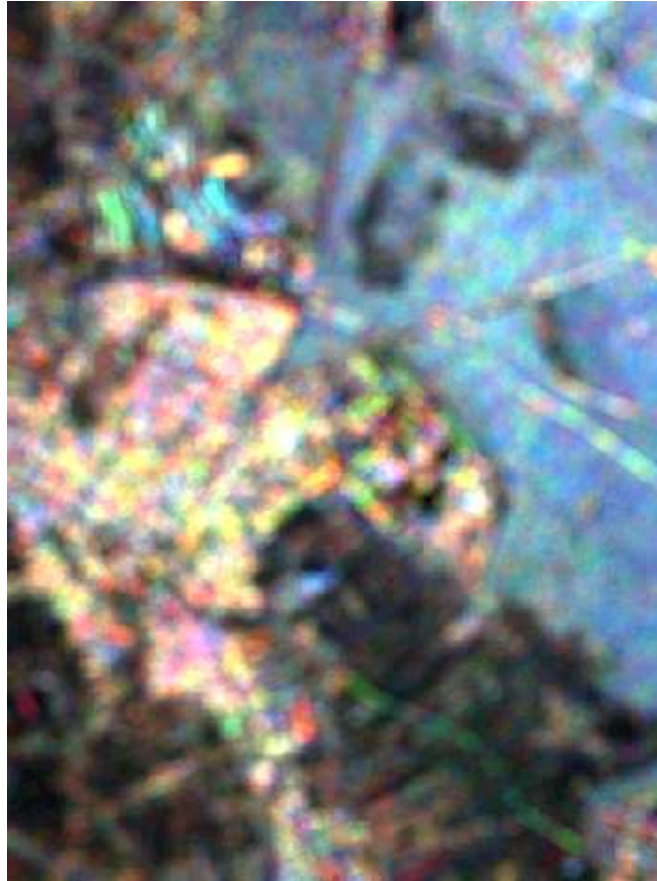


Rysunek 19 Gmina Jabłonna, Element strukturujący nr 8, otoczenie 30 pikseli (rok 2007)
(źródło: opracowanie własne)

Kolejnym krokiem było połączenie wszystkich wygenerowanych obrazów (zarówno domknięć jak i otwarć) o jednakowych parametrach (określona rozdzielczość oraz wielkość analizowanego sąsiedztwa) w jeden obraz wielospektralny wybranego obszaru gminy. W wyniku tych operacji otrzymano po 3 mapy dla każdej rozdzielczości zdjęcia. Łącznie wygenerowano 24 mapy.

Przykładowy wygenerowany obraz wielospektralny przedstawia rysunek 20.

Obszary niebieskie są to tereny jednorodne, w głównej mierze lasy. Kolorem żółtym wyodrębnione są tereny najbardziej zróżnicowane czyli tereny zabudowane.



Rysunek 20 Gmina Karczew, obraz wielospektralny złożony z otwarc i domknięć elementu strukturującego o wielkości 30, (rok 2007)
(źródło: opracowanie własne)

Następnie wykonano klasyfikację nienadzorowaną wszystkich map (klasyfikacja z 50 klasami), a następnie wybrano intuicyjnie klasy odpowiadające zabudowie oraz reklasyfikano wyniki w celu otrzymania map binarnych, w których wartość 1 odpowiadała zabudowie, a wartość 0 pozostałym terenom.

Kolejną czynnością była wektoryzacja manualna obszaru analizy. Przed jej wykonaniem zdefiniowano dwie klasy użytkowania terenu: zabudowa oraz obszary nie będące zabudową. W pracy wykorzystano oprogramowanie ESRI ArcGIS. Za podkłady przy wykonywaniu map pokrycia terenu posłużyły wcześniej wybrane, wycięte i zgeometryzowane zdjęcia lotnicze obszaru gmin Karczew i Jabłonna. Następnie zostały utworzone mapy, które przekonwertowano na zapis binarny (tereny zabudowane, składają się z pikseli czarnych - wartość 1, a pozostałe obszary posiadają wartość 0 - piksele białe).

Dalsze strony przedstawiają mapy rastrowe powstałe w wyniku wektoryzacji obszaru obu gmin:



Rysunek 21 Gmina Jabłonna, tereny zabudowane (rok 1987)
(źródło: opracowanie własne)



Rysunek 22 Gmina Jabłonna, tereny zabudowane (rok 2007)
(źródło: opracowanie własne)



Rysunek 23 Gmina Karczew, tereny zabudowane (rok 1987)
(źródło: opracowanie własne)



Rysunek 24 Gmina Karczew, tereny zabudowane (rok 2007)
(źródło: opracowanie własne)

Następnie porównano wyniki wektoryzacji manualnej z mapami granulometrycznymi. Porównano odpowiadające sobie mapy z wektoryzacji manualnej i ich odpowiedniki wykonane metodą map granulometrycznych. Za obraz referencyjny wybrano obrazy wektoryzane, a obraz powstały w programie BlueNote był obrazem klasyfikowanym. Operacje te przeprowadzono w programie ImageJ. Dzięki temu otrzymano wskaźniki, które umożliwiły określenie dokładności analizowanej metody. W celu porównania obrazów zostały obliczone następujące wskaźniki: błąd nadmiaru, błąd pominięcia, dokładność producenta oraz całkowita dokładność klasyfikacji. Wszystkie te parametry zostały obliczone dla obydwu ustalonych klas : tereny zabudowane oraz tereny inne. Błędy nadmiaru i pominięcia ukazują kolejno: jaki procent pikseli został błędnie przydzielony do danej klasy oraz jaki procent pikseli będących daną klasą nie zostało do niej przyporządkowany. Całkowita dokładność klasyfikacji jest ilorazem wszystkich pikseli sklasyfikowanych dobrze do sumy wszystkich pikseli. Dokładność producenta jest to stosunek pikseli sklasyfikowanych poprawnie w określonej klasie do liczby wszystkich pikseli tej klasy. Oba te parametry pokazują nam dokładność naszej klasyfikacji kolejno: w ujęciu całościowym lub w poszczególnych klasach.

Ostatnim etapem było policzenie dodatkowych wskaźników w celu obiektywizacji wyboru map (wskaźnik Kappa). Wskaźnik Kappa został obliczony ze wzoru (Viera, Garrett, 2005, str 361);

$$Kappa, K = \frac{(po - pe)}{(1 - pe)}$$

Gdzie: po – wartość zaobserwowana

pe – wartość oczekiwana

Parametr ten może przyjmować wartości od -1 do 1. Wartość 1 mówi o tym, że obraz został sklasyfikowany w 100% trafnie (w wyborze klas nie było żadnej przypadkowości). Wartość malejąca od 1 do 0 mówi o zmniejszaniu się dokładności przeprowadzonej klasyfikacji. Wartości -1 mówi o tym, że obraz został sklasyfikowany całkowicie źle, a liczba z przedziału od -1 do 0 świadczy o nieprawidłowym sklasyfikowaniu części pikseli.

Rozdział 6

Analiza wyników

W celu wyboru najlepszych obrazów należało stworzyć tabele koincydencji dla każdej mapy granulometrycznej. Wygenerowane tabele różnią się ze względu na: gminę, rocznik zdjęcia, rozdzielczość obrazu oraz parametr programu BlueNote – „radius”, który określa promień koła, wyznaczającego zasięg pikseli branych pod uwagę jako sąsiedztwo przy interpretacji określonego piksela. W załączniku zostały załączone wszystkie tabele. W tym rozdziale zostaną przedstawione cztery najlepsze mapy wraz z ich tabelami koincydencji. Zawierają one informacje na temat pikseli sklasyfikowanych poprawnie oraz nie poprawnie w danych klasach. W naszym przypadku, zawierają one tylko dwie wartości (1 – tereny zabudowane, 0 – tereny nie będące terenami zabudowanymi). Przekątna tabeli ukazuje piksele, które zostały sklasyfikowane zgodnie z ich klasą, czyli te które opisują tą samą formę pokrycia terenu na obrazie referencyjnym i klasyfikowanym.

Poniżej zamieszczono tabele koincydencji dla czterech najlepszych map:

Gmina Jabłonna - 1987		skala:1:2500	
R20	zabudowa	inne	Σ
zabudowa	258481	45860	304341
inne	94393	985376	1079769
Σ	352874	1031236	1384110
		śr. dokł.	89,8 [%]
		Kappa	0,720

*Tab. 6. Tabela koincydencji gmina Jabłonna, Radius – 20, r. 1987, skala 1:2500 udział pikselowy terenów zabudowanych i innych
(źródło: opracowanie własne)*

Gmina Jabłonna - 2007		skala: 1:3250	
R25	zabudowa	inne	Σ
zabudowa	216405	53819	270224
inne	74148	677612	751760
Σ	290553	731431	1021984
śr. dokładność			87,5 [%]
Kappa			0,686

Tab. 7. Tabela koincydencji gmina Jabłonna, Radius – 25, r. 2007, skala 1:3250, udział pikselowy terenów zabudowanych i innych (źródło: opracowanie własne)

Gmina Karczew - 1987		skala: 1:2500	
R20	zabudowa	inne	Σ
zabudowa	161731	169431	331162
inne	88773	1080641	1169414
Σ	250504	1250072	1500576
śr. dokładność			82,8 [%]
Kappa			0,452

Tab. 8. Tabela koincydencji gmina Karczew, Radius – 20, r. 1987, skala 1:2500 udział pikselowy terenów zabudowanych i innych (źródło: opracowanie własne)

Gmina Karczew - 2007		skala 1:3250	
R25	zabudowa	inne	Σ
zabudowa	232420	36303	268723
inne	65078	708119	773197
Σ	297498	744422	1041920
śr. dokładność			90,3 [%]
Kappa			0,754

Tab.9. Tabela koincydencji gmina Karczew, Radius – 25, r. 2007, skala 1:3250 udział pikselowy terenów zabudowanych i innych (źródło: opracowanie własne)

Dodatkowo opracowane zostały tabele zbiorcze zawierające następujące wskaźniki: całkowita dokładność klasyfikacji, błąd nadmiaru, błąd pominięcia, dokładność producenta.

Wskaźniki te miały potwierdzić wybór najlepszych map, w których występował najmniejszy błąd przy wyodrębnieniu obszarów zabudowanych. Na wybór ten miał największy wpływ wskaźnik Kappa. (brano jeszcze pod uwagę błędy nadmiaru i pominięcia, które powinny być jak najmniejsze).

Poniżej przedstawiono tabele zawierające wskaźniki dla wszystkich wygenerowanych map oraz wybrane cztery najlepsze obrazy:

Gmina Jabłonna:

Jabłonna 1987	całkowita dokładność klasyfikacji [%]	dokładność producenta tereny zabudowane [%]	dokładność producenta tereny inne [%]	błąd nadmiaru tereny zabudowane [%]	błąd nadmiaru piksele tereny inne [%]	błąd pominięcia piksele tereny zabudowane [%]	błąd pominięcia piksele tereny inne [%]	kappa
Obraz/piksele								
raster								
R20	88,4	76,3	91,8	72,4	93,2	23,7	8,2	0,668
R25	87,4	84,2	88,2	66,9	95,2	15,8	11,8	0,663
R30	87,5	85,3	88,1	66,9	95,5	14,7	11,9	0,668

Tab. 10. Obliczone parametry map wynikowych Jabłonna 1987, skala 1:5000, Radius – 20,25,30 (źródło: opracowanie własne)

Jabłonna 2007	całkowita dokładność klasyfikacji [%]	dokładność producenta tereny zabudowane [%]	dokładność producenta tereny inne [%]	błąd nadmiaru tereny zabudowane [%]	błąd nadmiaru piksele tereny inne [%]	błąd pominięcia piksele tereny zabudowane [%]	błąd pominięcia piksele tereny inne [%]	kappa
Obraz/piksele								
raster								
R20	82,2	74,7	84,9	64,0	90,3	25,3	15,1	0,566
R25	82,1	74,6	84,8	63,8	90,3	25,4	15,2	0,563
R30	82,7	75,6	85,2	64,8	90,7	24,4	14,8	0,577

Tab. 11. Obliczone parametry map wynikowych Jabłonna 2007, skala 1:6500, Radius – 20,25,30 (źródło: opracowanie własne)

Jabłonna 1987	całkowita dokładność klasyfikacji [%]	dokładność producenta tereny zabudowane [%]	dokładność producenta tereny inne [%]	błąd nadmiaru tereny zabudowane [%]	błąd nadmiaru piksele tereny inne [%]	błąd pominięcia piksele tereny zabudowane [%]	błąd pominięcia piksele tereny inne [%]	kappa
Obraz/piksele								
raster								
R20	89,9	84,9	91,3	73,3	95,6	15,1	8,7	0,720
R25	88,4	87,8	88,6	68,4	96,3	12,2	11,4	0,693
R30	88,4	87,8	88,6	68,4	96,3	12,2	11,4	0,694

Tab. 12. Obliczone parametry map wynikowych Jabłonna 1987, skala 1:2500, Radius – 20,25,30 (źródło: opracowanie własne)

Jabłonna 2007	całkowita dokładność klasyfikacji [%]	dokładność producenta tereny zabudowane [%]	dokładność producenta tereny inne [%]	błąd nadmiaru tereny zabudowane [%]	błąd nadmiaru piksele tereny inne [%]	błąd pominięcia piksele tereny zabudowane [%]	błąd pominięcia piksele tereny inne [%]	kappa
Obraz/piksele								
raster								
R20	87,3	81,6	89,4	73,4	93,1	18,4	10,6	0,685
R25	87,5	80,1	90,1	74,5	92,6	19,9	9,9	0,686
R30	87,2	81,1	89,3	73,2	92,9	18,9	10,7	0,680

Tab. 13. Obliczone parametry map wynikowych Jabłonna 2007, skala 1:3250, Radius – 20,25,30 (źródło: opracowanie własne)

Gmina Karczew:

Karczew 1987	całkowita dokładność klasyfikacji [%]	dokładność producenta tereny zabudowane [%]	dokładność producenta tereny inne [%]	błąd nadmiaru tereny zabudowane [%]	błąd nadmiaru piksele tereny inne [%]	błąd pominięcia piksele tereny zabudowane [%]	błąd pominięcia piksele tereny inne [%]	kappa
Obraz/piksele								
raster								
R20	82,4	39,8	94,4	67,0	84,7	60,2	5,6	0,400
R25	82,0	38,0	94,5	66,1	84,3	62,0	5,5	0,384
R30	81,9	31,1	96,2	70,1	83,1	68,9	3,8	0,342

Tab. 14. Obliczone parametry map wynikowych Karczew 1987, skala 1:5000, Radius – 20,25,30 (źródło: opracowanie własne)

Karczew 2007								
Obraz/piksele	całkowita dokładność klasyfikacji [%]	dokładność producenta tereny zabudowane [%]	dokładność producenta tereny inne [%]	błąd nadmiaru tereny zabudowane [%]	błąd nadmiaru piksele tereny inne [%]	błąd pominięcia piksele tereny zabudowane [%]	błąd pominięcia piksele tereny inne [%]	kappa
raster								
R20	87,6	65,9	95,2	82,6	88,9	34,1	4,8	0,654
R25	88,1	66,8	95,5	83,7	89,2	33,2	4,5	0,667
R30	88,1	65,7	95,9	84,6	88,9	34,3	4,1	0,664

Tab. 15. Obliczone parametry map wynikowych Karczew 2007, skala 1:6500, Radius – 20,25,30 (źródło: opracowanie własne)

Karczew 1987								
Obraz/piksele	całkowita dokładność klasyfikacji [%]	dokładność producenta tereny zabudowane [%]	dokładność producenta tereny inne [%]	błąd nadmiaru tereny zabudowane [%]	błąd nadmiaru piksele tereny inne [%]	błąd pominięcia piksele tereny zabudowane [%]	błąd pominięcia piksele	kappa
raster								
R20	82,8	48,8	92,4	64,6	86,4	51,2	7,6	0,452
R25	82,2	53,1	90,5	61,2	87,2	46,9	9,5	0,457
R30	82,3	58,4	89,1	60,2	88,3	41,6	10,9	0,480

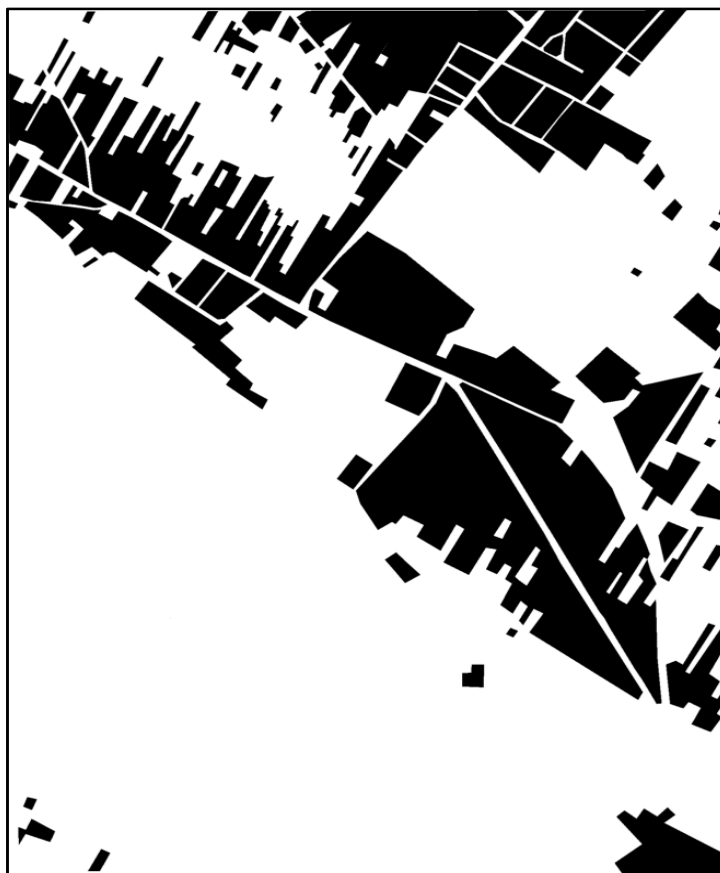
Tab. 16. Obliczone parametry map wynikowych Karczew 1987, skala 1:2500, Radius – 20,25,30 (źródło: opracowanie własne)

Karczew 2007								
Obraz/piksele	całkowita dokładność klasyfikacji [%]	dokładność producenta tereny zabudowane [%]	dokładność producenta tereny inne [%]	błąd nadmiaru tereny zabudowane [%]	błąd nadmiaru piksele tereny inne [%]	błąd pominięcia piksele tereny zabudowane [%]	błąd pominięcia piksele tereny inne [%]	kappa
raster								
R20	89,8	85,4	91,3	77,3	94,7	14,6	8,7	0,742
R25	90,3	86,5	91,6	78,1	95,1	13,5	8,4	0,754
R30	89,2	88,9	89,3	74,3	95,8	11,1	10,7	0,735

Tab. 17. Obliczone parametry map wynikowych Karczew 2007, skala 1:3250, Radius – 20,25,30 (źródło: opracowanie własne)



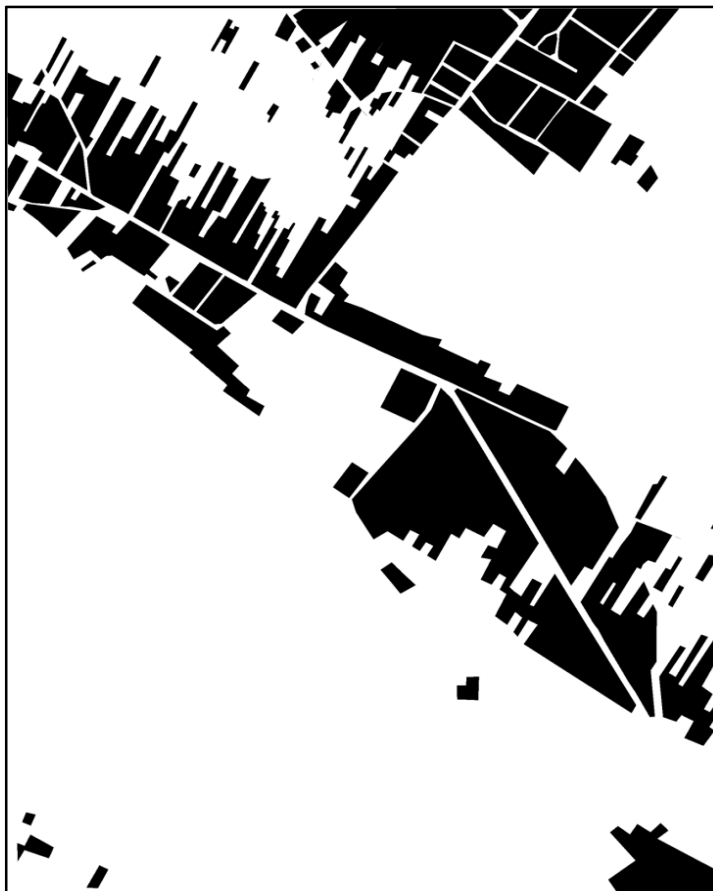
Rysunek 25 Mapa wynikowa wykonana metodą Granulometryczną, Jabłonna 1987, skala 1:2500, radius 20. (źródło: opracowanie własne)



Rysunek 26 Gmina Jabłonna, tereny zabudowane (rok 1987) (źródło: opracowanie własne)



Rysunek 27 Mapa wynikowa wykonana metodą Granulometryczną, Jabłonna 2007, skala 1:3250, radius 25. (źródło: opracowanie własne)



Rysunek 28 Gmina Jabłonna, tereny zabudowane (rok 2007) (źródło: opracowanie własne)



Rysunek 29 Mapa wynikowa wykonana metodą Granulometryczną, Karczew 1987, skala 1:2500, radius 30. (źródło: opracowanie własne)



Rysunek 30 Gmina Karczew, tereny zabudowane (rok 1987) (źródło: opracowanie własne)



Rysunek 31 Mapa wynikowa wykonana metodą Granulometryczną, Karczew 2007, skala 1:3250, radius 25. (źródło: opracowanie własne)



Rysunek 32 Gmina Karczew, tereny zabudowane (rok 2007) (źródło: opracowanie własne)

Rozdział 7

Podsumowanie

Mapy granulometryczne wytworzone w oparciu o operacje morfologii matematycznej są bardzo dobrym źródłem danych w procesie oceny rozwoju terenów zabudowanych. Granulometria pozwala na wyodrębnienie struktur charakteryzujących się dużym zróżnicowaniem jasności. Możliwe dzięki temu jest zidentyfikowanie obszarów zabudowanych w sposób nie wymagający dużego nakładu pracy człowieka. Operacje te dzięki zastosowaniu odpowiedniego oprogramowania odbywają się w sposób pół automatyczny. W celu wykorzystania potencjału analizowanej metody potrzebna jest wiedza na temat przetwarzanego obszaru, jego struktury, gęstości zabudowy oraz występujących form pokrycia terenu. Ważnym aspektem są dane wyjściowe: tj. rodzaj zobrazowań i ich rozdzielczość, co ma wpływ na parametry jakie należy przyjąć, aby nasza praca miała jak najbardziej miarodajne wyniki.

Badania wykazały pewne problemy przy zastosowaniu granulometrii w procesie wyodrębniania terenów zabudowanych. Dokładność klasyfikacji zależy w dużej mierze od charakterystyki analizowanego obszaru. Zaobserwowano, że mimo jednakowych danych teledetekcyjnych dla obu gmin i zastosowania takich samych parametrów wyjściowych dokładność obu klasyfikacji jest różna. W literaturze nie występują informacje na temat optymalnego sposobu doboru parametrów, należy zatem posiadać odpowiednią wiedzę i doświadczenie i przeprowadzać klasyfikację metodą prób i błędów. Jest to duży problem, ponieważ ogranicza to możliwości powszechnego używania granulometrii przez osoby nie posiadające dostatecznej wiedzy oraz wymaga poświęcenia dodatkowych nakładów pracy na określenie optymalnych parametrów dla analizowanego przypadku.

W wyniku przeprowadzonych własnych analiz stwierdzono, że istotny wpływ na dokładność klasyfikacji ma rozdzielczość zdjęcia. Wykonywanie map granulometrycznych na obrazach o małej rozdzielczości może powodować duże błędy klasyfikacji. W wyniku tego generowane mapy nie będą zapewniały dokładności opracowań, które można by wykorzystać w planowaniu przestrzennym.

Podsumowując, należy stwierdzić, że operacje granulometryczne mogą być odpowiednim narzędziem do wyodrębniania terenów zabudowanych. Przydatność tej metody zależy to głównie od wymaganej dokładności mapy oraz jej przyszłego zastosowania. Możliwe jest tworzenie obrazów charakteryzujących się dużą precyzją,

lecz o ciągle mniejszej dokładności niż opracowania wykonywane poprzez zastosowanie wektoryzacji manualnej. Gospodarka przestrzenna jest nauką, w której ważna jest umiejętność przewidywania rozwoju przestrzeni (jej skali oraz kierunku). Granulometria oferuje narzędzia, które mogą w dużej mierze ułatwić te zadania, wspomóc proces decyzyjny i w określonych przypadkach dać wyniki wystarczające jako specjalistyczne opracowania urbanistyczne.

Rozdział 8

Bibliografia

Wykaz literatury

1. Adamczyk, J., Będkowski, K. (2007). „*Metody cyfrowe w teledetekcji*”, Warszawa: Wydawnictwo SGGW
2. Białousz, S., Osińska-Skotak, K., Fijałkowska, A., Pluto- Kossakowska, J., Lady-Drużycka, K., Różycki, S. (2004). „System Baz Danych Przestrzennych dla Województwa Mazowieckiego”, Warszawa Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej
3. Brzeziński, J., Popławski, W. (2012). „*Porównanie zmian użytkowania terenu w gminach o odmiennym charakterze na przykładzie gminy Jabłonna oraz gminy Karczew*” Warszawa
4. Chmielewski, J. (2001). „*Teoria urbanistyki w projektowaniu i planowaniu miast*”, Warszawa: Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej.
5. Ciołkosz, A., Miszański, J., Olędzki, J. (1999). „*Interpretacja zdjęć lotniczych*”, Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN.
6. Gaździcki, J. (1990) „*Systemy informacji przestrzennej*”, Warszawa-Wrocław: Państwowe Przedsiębiorstwo Wydawnictw Kartograficznych im. Eugeniusza Romera.
7. Iwanowski, M. (2009). „*Metody morfologiczne w przetwarzaniu obrazów cyfrowych*” Warszawa: Akademicka Oficyna Wydawnicza EXIT
8. Kuczyński, Z. (2006). „*Lotnicze i satelitarne obrazowanie Ziemi*”, tom 2, Warszawa: Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej.
9. Kowalczyk M., Koza P., Kupidura P., Marciniak J. (2008) *Application of mathematical morphology operations for simplification and improvement of correlation of images in close-range photogrammetry*. The International Archives of the Photogrammetry, Eemote Sensing and Spatial Information Sciences, Vol. 37, 153-159.
10. Kupidura P. (2006) *Zastosowanie wybranych operacji morfologii matematycznej do wydzielenia klas pokrycia terenu na zdjęciach satelitarnych*. Rozprawa doktorska. Warszawa.

11. Kupidura P. (2010) . The Problems of Landscape Ecology Vol. 28, 271-277.
12. Kupidura, P., Koza, P., Marciniak, J. (2010). „*Morfologia Matematyczna w Teledetekcji*” Warszawa: Wydawnictwo naukowe PWN SA
13. Nieniewski, M., (2005). „*Segmentacja Obrazów Cyfrowych – Metody segmentacji wododziałowej*”, Warszawa: Akademicka Oficyna Wydawnicza EXIT
14. Nieniewski, M., (1998). „*Morfologia matematyczna w przetwarzaniu obrazów*”, Warszawa: Akademicka Oficyna Wydawnicza PLJ
15. Urbański, J. (1997). „*Zrozumieć GIS – analiza informacji przestrzennej*”, Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN.
16. Viera, J., A., Garrett, M. (2005). “*Understanding Interobserver Agreement: The Kappa Statistic*”, Family Medicine, Vol. 37, No. 5, pp. 360-363.
17. Wyczałek, I., (2007). „*Wykorzystanie wysokorozdzielczych obrazów satelitarnych w systemie informacji przestrzennej*”. Monografia pod redakcją Ireneusza Wyczałka. Poznań: Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej

Wykaz stron internetowych

1. ESRI: *What is GIS?*, kwiecień 2013,
<http://www.esri.com/what-is-gis/index.html>
2. Główny Urząd Statystyczny : *Bank danych lokalnych*, maj 2013,
http://www.stat.gov.pl/bdl/app/strona.html?p_name=indeks
3. Internetowy serwis gminy Karczew, maj 2013,
<http://www.karczew.pl/>
4. Internetowy serwis gminy Jabłonna, maj 2013,
<http://www.jablonna.pl>
5. Materiały z wykładów Dr hab. inż. Katarzyny Osińskiej – Skotak
<http://telesip.gik.pw.edu.pl>

Załącznik Nr 1

Tabele koincydencji dla wszystkich wygenerowanych obrazów.

Gmina Karczew:

Gmina Karczew - 1987		skala: 1:5000		
R20	zabudowa	inne	Σ	
zabudowa	527469	797555	1325024	
inne	259667	4417613	4677280	
Σ	787136	5215168	6002304	
			śr. dokładność	82,4 [%]
			Kappa	0,400

Tab. 18. Tabela koincydencji gmina Karczew, Radius – 20, r. 1987, skala 1:5000 udział pikselowy terenów zabudowanych i innych (źródło: opracowanie własne)

Gmina Karczew - 1987		skala: 1:5000		
R25	zabudowa	inne	Σ	
zabudowa	503891	821133	1325024	
inne	257993	4419287	4677280	
Σ	761884	5240420	6002304	
			śr. dokładność	82 [%]
			Kappa	0,384

Tab. 19. Tabela koincydencji gmina Karczew, Radius – 25, r. 1987, skala 1:5000 udział pikselowy terenów zabudowanych i innych (źródło: opracowanie własne)

Gmina Karczew - 1987		skala: 1:5000		
R30	zabudowa	inne	Σ	
zabudowa	412020	913004	1325024	
inne	175697	4501583	4677280	
Σ	587717	5414587	6002304	
			śr. dokładność	81,9 [%]
			Kappa	0,342

Tab. 20. Tabela koincydencji gmina Karczew, Radius – 30, r. 1987., skala 1:5000 udział pikselowy terenów zabudowanych i innych (źródło: opracowanie własne)

Gmina Karczew - 1987		skala: 1:2500	
R25	zabudowa	inne	Σ
zabudowa	175744	155418	331162
inne	111273	1058141	1169414
Σ	287017	1213559	1500576
		śr. dokładność	82,2 [%]
		Kappa	0,457

Tab. 21. Tabela koincydencji gmina Karczew, Radius – 25, r. 1987, , skala 1:2500 udział pikselowy terenów zabudowanych i innych (źródło: opracowanie własne)

Gmina Karczew 1987		skala: 1:2500	
R30	zabudowa	inne	Σ
zabudowa	193531	137631	331162
inne	127702	1041712	1169414
Σ	321233	1179343	1500576
		śr. dokładność	82,3 [%]
		Kappa	0,480

Tab. 22. Tabela koincydencji gmina Karczew, Radius – 30, r. 1987, , skala 1:2500 udział pikselowy terenów zabudowanych i innych (źródło: opracowanie własne)

Gmina Karczew 2007		skala:1:6500	
R20	zabudowa	inne	Σ
zabudowa	709158	367333	1076491
inne	149570	2943379	3092949
Σ	858728	3310712	4169440
		śr. dokładność	87,6 [%]
		Kappa	0,654

Tab. 23. Tabela koincydencji gmina Karczew, Radius – 20, r. 2007, , skala 1:6500 udział pikselowy terenów zabudowanych i innych (źródło: opracowanie własne)

Gmina Karczew 2007		skala: 1:6500	
R25	zabudowa	inne	Σ
zabudowa	719443	357048	1076491
inne	140094	2952855	3092949
Σ	859537	3309903	4169440
śr. dokładność			88,07 [%]
Kappa			0,667

*Tab. 24. Tabela koincydencji gmina Karczew, Radius – 25, r. 2007, skala 1:6500 udział pikselowy terenów zabudowanych i innych
(źródło: opracowanie własne)*

Gmina Karczew 2007		skala: 1:6500	
R30	zabudowa	inne	Σ
zabudowa	707242	369249	1076491
inne	128333	2964616	3092949
Σ	835575	3333865	4169440
śr. dokładność			88,06 [%]
Kappa			0,664

*Tab. 25. Tabela koincydencji gmina Karczew, Radius – 30, r. 2007, skala 1:6500 udział pikselowy terenów zabudowanych i innych
(źródło: opracowanie własne)*

Gmina Karczew 2007		skala: 1:3250	
R20	zabudowa	inne	Σ
zabudowa	229366	39357	268723
inne	67207	705990	773197
Σ	296573	745347	1041920
śr. dokładność			89,8 [%]
Kappa			0,742

*Tab. 26. Tabela koincydencji gmina Karczew, Radius – 20, r. 2007, skala 1:3250 udział pikselowy terenów zabudowanych i innych
(źródło: opracowanie własne)*

Gmina Karczew 2007		skala:1:3250	
R30	zabudowa	0	Σ
zabudowa	238770	29953	268723
0	82563	690634	773197
Σ	321333	720587	1041920
		śr. dokładność	89,2 [%]
		Kappa	0,735

*Tab. 27. Tabela koincydencji gmina Karczew, Radius – 30, r. 2007, skala 1:3250 udział pikselowy terenów zabudowanych i innych
(źródło: opracowanie własne)*

Gmina Jabłonna:

Gmina Jabłonna 1987		skala: 1:5000	
R20	zabudowa	inne	Σ
zabudowa	928012	289037	1217049
inne	353735	3963628	4317363
Σ	1281747	4252665	5534412
		śr. dokładność	88,4 [%]
		Kappa	0,668

*Tab. 28. Tabela koincydencji gmina Jabłonna, Radius – 20, r. 1987, skala 1:5000 udział pikselowy terenów zabudowanych i innych
(źródło: opracowanie własne)*

Gmina Jabłonna 1987		skala:1:5000	
R25	zabudowa	inne	Σ
zabudowa	1025124	191925	1217049
inne	507987	3809376	4317363
Σ	1533111	4001301	5534412
		śr. dokładność	87,4 [%]
		Kappa	0,663

*Tab. 29. Tabela koincydencji gmina Jabłonna, Radius – 25, r. 1987, skala 1:5000 udział pikselowy terenów zabudowanych i innych
(źródło: opracowanie własne)*

Gmina Jabłonna 1987		skala: 1:5000	
R30	zabudowa	inne	Σ
zabudowa	1038434	178615	1217049
inne	514185	3803178	4317363
Σ	1552619	3981793	5534412
śr. dokładność			87,5 [%]
Kappa			0,668

Tab. 30. Tabela koincydencji gmina Jabłonna, Radius – 30, r. 1987, skala 1:5000 udział pikselowy terenów zabudowanych i innych (źródło: opracowanie własne)

Gmina Jabłonna 1987		skala:1:2500	
R25	zabudowa	inne	Σ
zabudowa	267119	37222	304341
inne	123591	956178	1079769
Σ	390710	993400	1384110
śr. dokładność			88,4 [%]
Kappa			0,693

Tab. 31. Tabela koincydencji gmina Jabłonna, Radius – 25, r. 1987, skala 1:2500 udział pikselowy terenów zabudowanych i innych (źródło: opracowanie własne)

Gmina Jabłonna 1987		skala:1:2500	
R30	zabudowa	inne	Σ
zabudowa	267170	37171	304341
inne	123150	956619	1079769
Σ	390320	993790	1384110
śr. dokładność			88,4 [%]
Kappa			0,694

Tab. 32. Tabela koincydencji gmina Jabłonna, Radius – 30, r. 1987, skala 1:2500 udział pikselowy terenów zabudowanych i innych (źródło: opracowanie własne)

Gmina Jabłonna 2007		skala: 1:6500	
R20	zabudowa	inne	Σ
zabudowa	809499	273526	1083025
inne	455269	2555476	3010745
Σ	1264768	2829002	4093770
śr. dokładność			82,2 [%]
Kappa			0,566

*Tab. 33. Tabela koincydencji gmina Jabłonna, Radius – 30, r. 2007, skala 1:6500 udział pikselowy terenów zabudowanych i innych
(źródło: opracowanie własne)*

Gmina Jabłonna 2007		skala: 1:6500	
R25	zabudowa	inne	Σ
zabudowa	807676	275349	1083025
inne	458359	2552386	3010745
Σ	1266035	2827735	4093770
śr. dokładność			82 [%]
Kappa			0,563

*Tab. 34. Tabela koincydencji gmina Jabłonna, Radius – 25, r. 2007, skala 1:6500 udział pikselowy terenów zabudowanych i innych
(źródło: opracowanie własne)*

Gmina Jabłonna 2007		skala: 1:6500	
R30	zabudowa	inne	Σ
zabudowa	819098	263927	1083025
inne	445488	2565257	3010745
Σ	1264586	2829184	4093770
śr. dokładność			82,7 [%]
Kappa			0,577

*Tab. 35. Tabela koincydencji gmina Jabłonna, Radius – 30, r. 2007, skala 1:6500 udział pikselowy terenów zabudowanych i innych
(źródło: opracowanie własne)*

Gmina Jabłonna 2007		skala: 1:3250	
R20	zabudowa	inne	Σ
zabudowa	220445	49779	270224
inne	79975	671785	751760
Σ	300420	721564	1021984
		śr. dokładność	87,3 [%]
		Kappa	0,685

Tab. 36. Tabela koincydencji gmina Jabłonna, Radius – 20, r. 2007., skala 1:3250 udział pikselowy terenów zabudowanych i innych (źródło: opracowanie własne)

Gmina Jabłonna 2007		skala: 1:3250	
R30	zabudowa	inne	Σ
zabudowa	219162	51062	270224
inne	80165	671595	751760
Σ	299327	722657	1021984
		śr. dokładność	87,2 [%]
		Kappa	0,680

Tab. 37. Tabela koincydencji gmina Jabłonna, Radius – 30, r. 2007, skala 1:3250 udział pikselowy terenów zabudowanych i innych (źródło: opracowanie własne)