

Metodyczne aspekty oceny spójności krajobrazu z wykorzystaniem danych projektu Global Forest Change

Methodical aspects of landscape coherence assessment using Global Forest Change project data

Alina Gerlée

Wydział Geografii i Studiów Regionalnych, Uniwersytet Warszawski
ul. Krakowskie Przedmieście 30, 00-927 Warszawa
e-mail: a.gerlee@uw.edu.pl

Abstract: In this paper an attempt is made to adapt data from the Global Forest Change project into an analysis of landscape coherence. A comparative analysis of selected landscape metrics for different ranges of values coming from the project was used. They were then compared with the results obtained from the use of CORINE Land Cover data, maps of woodland area and the Central Statistical Office of Poland (GUS) information. The analyses were performed within Mikołajki municipality, which is characterized by a diverse structure of woodland patches.

The Global Forest Change data are very detailed. Each pixel (approximately 19 m × 30 m) is ascribed the percentage of trees, which are defined as all vegetation taller than 5 m. The use of these data for an analysis of coherence requires a precise definition of boundary parameters – the percentage of trees and the minimum size of the patch – that should possibly allow an unambiguous determination of individual patches.

The proposed method determined a relationship between values of selected landscape metrics for Global Forest Change data stated for different limit values of a percentage of trees, and the minimum size of the patch and values of these metrics for the remaining data used. A limit value of tree cover for one pixel (60%) was stated on a test area, with a value of the degree of coherence measure (Jaeger 2000) corresponding to a value obtained with data coming from CORINE Land Cover and a map of the woodland areas. The results confirm high granularity of the Global Forest Change project data, and hence the possibility of using them to analyze the coherence of landscape on a local scale, in terms of the mobility of the forest fauna.

Słowa kluczowe: Global Forest Change, spójność krajobrazu, metryki krajobrazowe

Key words: Global Forest Change, landscape coherence, landscape metrics

Wprowadzenie

W niniejszej pracy spójność krajobrazu określa, w jakim stopniu krajobraz ułatwia przemieszczanie się organizmów (głównie zwierząt), a także

rozprzestrzenianie się różnych zjawisk w przestrzeni (np. pożary) (Forman i in. 2009). Na spójność krajobrazu wpływa wiele czynników, m.in. stopień fragmentacji środowiska, odległość między płatami i ich wielkość, charakter siedlisk (obecność określonych zasobów), charakter „tła”, w którym rozmieszczone są płaty, obecność barier. Tak rozumiana spójność nie jest wielkością stałą. Zależy od gatunku (lub procesu), pod kątem którego ją oceniamy.

Jedną z metod analizy spójności jest ocena wykorzystująca różnego typu metryki krajobrazowe. Uzyskane wyniki są zależne od szczegółowości danych wejściowych. Do ocen przy pomocy metryk krajobrazowych w skalach regionalnych często wykorzystywane są dane CORINE Land Cover (CLC), które stanowią jednolitą bazą danych o pokryciu terenu dla obszaru UE. Ich dokładność odpowiada w przybliżeniu mapie 1:100 000, dlatego też, w przypadku bardziej szczegółowych analiz, wydają się one niewystarczające.

W lutym 2014 r. do powszechnego wykorzystania udostępniono dane projektu Global Forest Change (Hansen i in. 2013), jednolite dla całego świata oraz charakteryzujące się dużą dokładnością. Dane te mają charakter rastrowy, na obszarze badań rozmiar piksela to około 19 m × 30 m. Zawierają one dane o procentowym pokryciu terenu drzewami (w roku 2000) oraz o obszarach, które utraciły lub zyskały pokrywą roślinności drzewiastej w latach 2000-2012. Charakter danych projektu Global Forest Change predestynuje je do wykorzystania w analizach spójności i fragmentacji, w których pokrycie terenu traktowane jest w sposób zero-jedynkowy (jako tło oraz płaty).

W poniższej pracy przeprowadzono analizę wartości wybranych wskaźników fragmentacji oraz wskaźnika stopnia spójności, uzyskanych przy wykorzystaniu różnych wariantów danych „2000 Percent Tree Cover” (PTC) z projektu Global Forest Change oraz porównanie ich z wynikami uzyskanymi z wykorzystaniem danych z projektu CLC i danych z mapy oddziałów leśnych. Celem analizy jest określenie porównywalności uzyskanych wyników, a także określenie zakresu danych PTC, odpowiadających powierzchniom leśnym dla danych CLC oraz danych z mapy oddziałów leśnych LP.

Ponieważ dane z projektu Global Forest Change zostały udostępnione stosunkowo niedawno, nikt – o ile autorce wiadomo – nie przeprowadził do tej pory takiej analizy porównawczej. Znacznie częściej w różnego typu opracowaniach wykorzystywano dane CLC. Przykładowo, Kozak (2003) wykorzystał bazę CLC jako dane referencyjne do oceny dokładności wyznaczenia powierzchni europejskich lasów w bazie danych Global Land Cover Characterization (GLCC), a liczni inni autorzy wyliczali różne metryki krajobrazowe (m.in. Eiden i in. 2000; Nielsen, Blackburn 2005; Jones i in. 2007; Kozieł 2008; Balej 2011; Farkas, Hoyk 2012).

Porównanie wartości wskaźników wyliczonych na podstawie danych CLC oraz GFC jest o tyle istotne, że obie te bazy są ogólnodostępne i możliwe do wykorzystania bez dodatkowych zabiegów interpretacyjnych, co jest ważne szczególnie dla praktyków. Co więcej, wiedza o porównywalności wybranych wskaźników obliczonych na podstawie tych dwóch baz danych pozwoli na ich lepszą interpretację.

Material i metody

Jako obszar testowy wybrano gminę Mikołajki, położoną w województwie warmińsko-mazurskim (ryc. 1). Charakteryzuje się ona zróżnicowaniem płątów leśnych – w jej obrębie znajdują się większe, zwarte kompleksy leśne, niewielkie zalesione obszary, a także zadrzewienia o charakterze liniowym i kępowym.

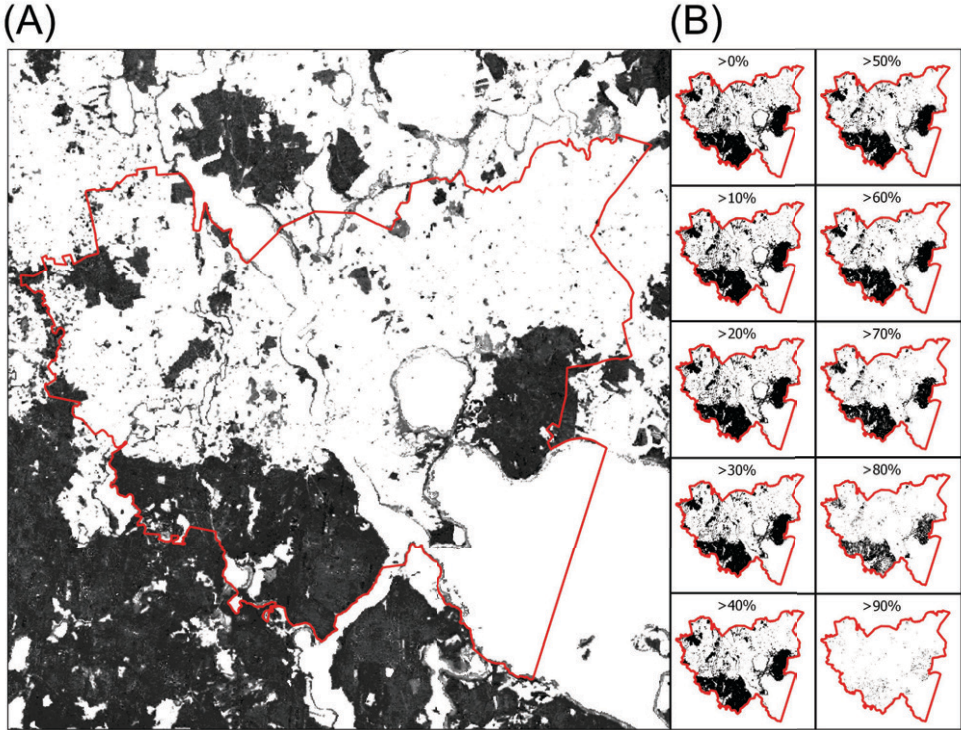
Do wykonania analizy wykorzystano dane „2000 Percent Tree Cover” (PTC) z projektu Global Forest Change (Hansen i in. 2013, ryc. 2A). Jak wspomniano mają one charakter rastrowy a każdemu pikselowi przypisana jest wartość liczbowa, odpowiadająca procentowemu udziałowi powierzchni pokrytej przez drzewa. Za drzewa, dla potrzeb tego projektu, uznana została roślinność o wysokości ponad 5 m. Dane PTC pochodzą z roku 2000, uzyskane zostały na podstawie analiz zdjęć z programu Landsat. Nie uwzględniają obszarów, które zyskały lub utraciły drzewiastą pokrywą roślinną po roku 2000. Dane takie znajdują się w bazie Global Forest Change, mają jednak charakter zero-jedynkowy i nie zawierają w obrębie piksela informacji o procentowym pokryciu terenu drzewami. Z tego względu nie zostały uwzględnione w niniejszej analizie.

Ponadto wykorzystano także dane o powierzchniach leśnych (kod 31) z bazy danych CORINE Land Cover 2000 (Corine... 2014, ryc. 3A), mapę



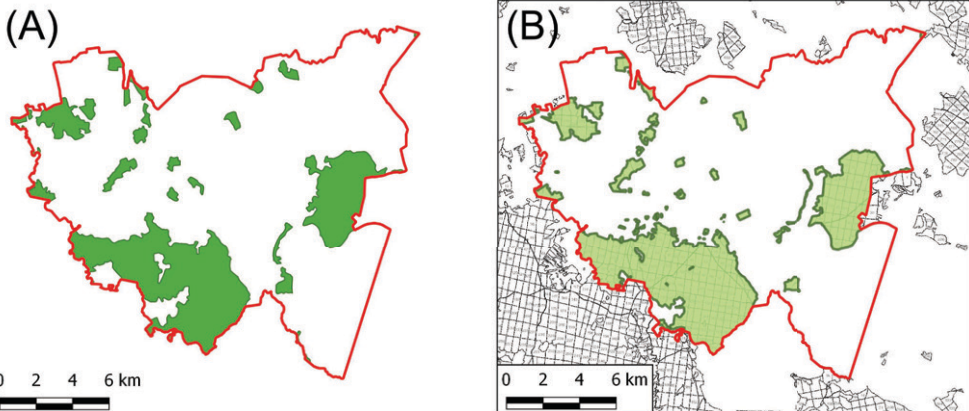
Ryc. 1. Położenie gminy Mikołajki (źródło: OpenStreetMap, CC-BY-SA).

Fig. 1. Location of Mikołajki commune (source: OpenStreetMap, CC-BY-SA).



Ryc. 2. Procentowe pokrycie terenu drzewami, na podstawie danych z bazy „2000 Percent Tree Cover” projektu Global Forest Change (A). Po prawej – Wartości graniczne pokrycia terenu drzewami, dla których zaklasyfikowano piksele jako zadrzewione lub niezadrzewione (B).

Fig. 2. Percent cover of trees according to „2000 Percent Tree Cover” data from the Global Forest Change project (A). On the right – threshold values of tree cover for pixels to be classified as forested or non-forested (B) (author: A. Gerlée).



Ryc. 3. (A) Wydzielenia leśne (kod 31) z bazy CORINE Land Cover 2000; (B) Płaty wydodrężnione na podstawie mapy oddziałów leśnych (Numeryczna Mapa Leśna) (autor: A. Gerlée).

Fig. 3. (A) Forest patches (code 31) according to CORINE Land Cover 2000 database; (B) Forest patches according to Digital Forest Map of forest districts (author: A. Gerlée).

oddziałów leśnych PGL LP (Bank... 2014, ryc. 3B), ortofotomapę według stanu z 2009 r. oraz dane GUS dotyczące powierzchni lasów w obrębie gminy Mikołajki w roku 2000 (Bank... 1995-2014).

Dla obszaru gminy wyznaczono wartości następujących metryk krajobrazowych:

- (a) liczba płatów,
- (b) wielkość największego płatów,
- (c) suma powierzchni wszystkich płatów,
- (d) mediana powierzchni płatów,
- (e) średnia powierzchnia płatów,
- (f) wskaźnik stopnia spójności krajobrazu (degree of coherence:

$$C = \sum(A_i/A_r)^2,$$

gdzie A_i – powierzchnia płatów; A_r – powierzchnia regionu) (Jaeger 2000).

Analizy wskaźników przeprowadzono dla 40 kombinacji wariantów danych PTC oraz dla wydziałów leśnych CLC (ryc. 3A) i dla wydziałów leśnych uzyskanych na podstawie mapy oddziałów leśnych PGL LP (ryc. 3B).

Dla danych PTC uwzględniono następujące warianty wielkości płatów:

- (1) wszystkie płatów (minimalna wielkość – 1 piksel, tj. 0,056 ha),
- (2) płatów o powierzchni większej lub równej 0,1 ha,
- (3) płatów o powierzchni większej lub równej 0,5 ha,
- (4) płatów o powierzchni większej lub równej 1 ha;

oraz następujące warianty pokrycie terenu drzewami (ryc. 2B):

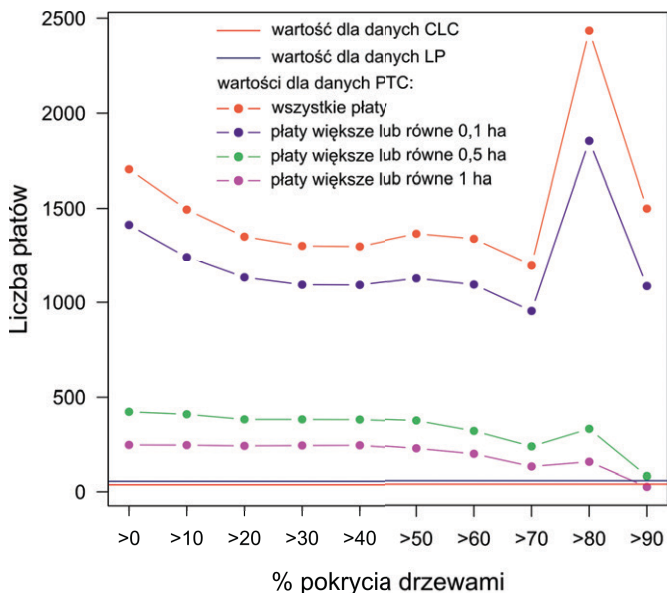
- (1) >0%, (2) >10%, (3) >20%, (4) >30%, (5) >40%, (6) >50%, (7) >60%,
- (8) >70%, (9) >80%, (10) >90%.

Wyniki

Na wykresach przedstawiono wartości metryk krajobrazowych dla różnych wariantów danych „2000 Percent Tree Cover” (PTC). Pojedyncze wartości wskaźników dla danych CORINE Land Cover (CLC), wydziałów leśnych na podstawie mapy oddziałów leśnych PGL LP oraz danych GUS (w przypadku sumy powierzchni) przedstawiono w formie poziomych linii, nie odnoszących się do osi X.

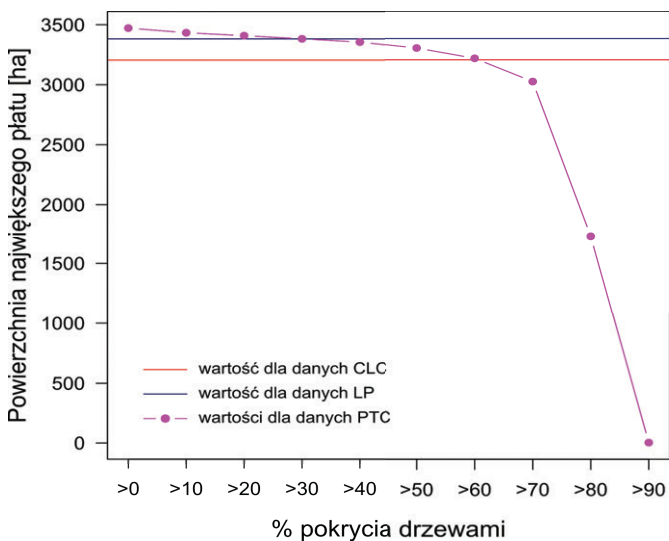
Liczba płatów, jeśli weźmiemy pod uwagę piksele o coraz większym pokryciu terenu drzewami, początkowo spada a następnie rośnie dla wartości 80% i znowu spada. Gwałtowne zwiększenie liczby płatów wynika z „rozpadu” większych płatów na mniejsze. Największe różnice w liczbie płatów występują w przypadku, gdy weźmiemy pod uwagę również najmniejsze płatów. W takim wypadku liczba ta dla danych PTC (od 1197 do 2434 płatów) jest znacząco wyższa niż dla danych CLC (37 płatów) i danych z mapy oddziałów leśnych PGL LP (55 płatów) (ryc. 4).

Powierzchnia największego płatów lasu dla danych PTC maleje wraz ze zwiększaniem zadrzewienia jakie przyjmujemy dla jednego piksela. Zaczyna gwałtownie spadać, jeśli bierzemy pod uwagę tylko piksele o pokryciu terenu drzewami ponad 70%. Powierzchnia największego płatów dla danych CLC odpowiada w przybliżeniu granicznej wartości 60% pokrycia terenu



Ryc. 4. Liczba płatów leśnych dla różnych wariantów danych PTC a także dla danych CLC i danych o oddziałach leśnych PGL LP (autor: A. Gerlée).

Fig. 4. Number of forest patches for different threshold values of PTC data compared to the number of forest patches according to CLC data and Digital Forest Map (author: A. Gerlée).



Ryc. 5. Powierzchnia największego płatów dla różnych wariantów danych PTC oraz dla danych CLC i danych o oddziałach leśnych PGL LP (autor: A. Gerlée).

Fig. 5. The largest patch area for different threshold values of PTC data compared to the largest patch area according to CLC data and Digital Forest Map (author: A. Gerlée).

drzewami dla danych PTC, natomiast w przypadku danych z mapy oddziałów leśnych – wartości 30% (ryc. 5).

Minimalna przyjęta wielkość płątu (0,1 ha, 0,5 ha lub 1 ha) ma znacznie mniejszy wpływ na sumę powierzchni płątów niż przyjęta graniczna wartość pokrycia terenu drzewami. Nasilenie tendencji spadkowej zaobserwować można od wartości granicznej dla piksela wynoszącej 50% zadrzewienia. Suma powierzchni gwałtownie spada, jeśli bierzemy pod uwagę tylko piksele o pokryciu terenu drzewami ponad 70%. Suma powierzchni dla tej wartości granicznej jest także najbliższa sumie powierzchni płątów dla danych CLC (5677,3 ha) oraz danych z mapy oddziałów leśnych (5607,6 ha), a także danych GUS o powierzchni lasów ogółem dla 2000 r. (5686 ha) (ryc. 6).

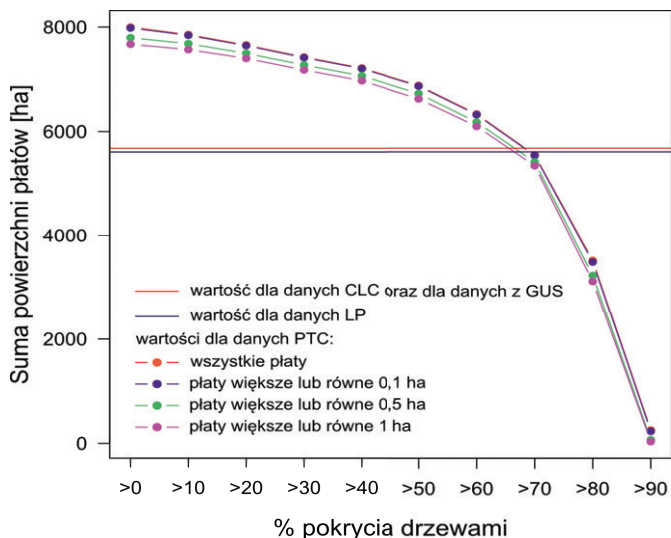
Mediana powierzchni płątów maleje dla kolejnych, coraz wyższych, granicznych wartości procentowych pokrycia terenu drzewami, poczynając od 50%, gdy weźmiemy pod uwagę płąty o powierzchni ≥ 1 ha, oraz 60% dla płątów o powierzchni powyżej 0,5 ha. Gdy do analizy zakwalifikujemy także mniejsze płąty, tendencja spadkowa nie jest wyraźna. Mediana wielkości płątów dla danych CLC jest wyraźnie wyższa (26,28 ha) niż dla danych z mapy oddziałów leśnych (3,91 ha) oraz różnych wariantów danych GFC (ryc. 7).

Średnia powierzchnia płątów jest znacznie większa w przypadku danych CLC (153,44 ha) oraz danych z mapy oddziałów leśnych (101,96 ha) niż danych PTC. W przypadku tych ostatnich występuje znaczna różnica między wartościami dla wszystkich płątów oraz płątów $\geq 0,1$ ha a dwoma pozostałymi przypadkami (płąty $\geq 0,5$ ha i ≥ 1 ha). Ponadto dla płątów $\geq 0,5$ ha i ≥ 1 ha zaznacza się wyraźny wzrost średniej powierzchni płątu, gdy bierzemy pod uwagę tylko piksele o pokryciu drzewami powyżej 70% (ryc. 8).

Wskaźnik stopnia spójności krajobrazu dla danych PTC przyjął niemal identyczne wartości, niezależnie od przyjętej minimalnej wielkości płątu, dlatego też na wykresie (ryc. 9) przedstawiono tylko jedną serię danych. Wartość wskaźnika maleje wraz z graniczną wartością pokrycia terenu drzewami przyjętą dla piksela. Silniejszy spadek wartości wskaźnika odnotowano od wartości $>40\%$ pokrycia terenu drzewami, a kolejny – od wartości $>70\%$. Wartość wskaźnika stopnia spójności jest jednakowa dla danych CLC oraz dla płątów leśnych z mapy oddziałów leśnych i wynosi 0,0185. Odpowiada to w przybliżeniu danym PTC, dla których jako wartość progową dla pikseli przyjęto pokrycie terenu drzewami $>60\%$ (ryc. 9).

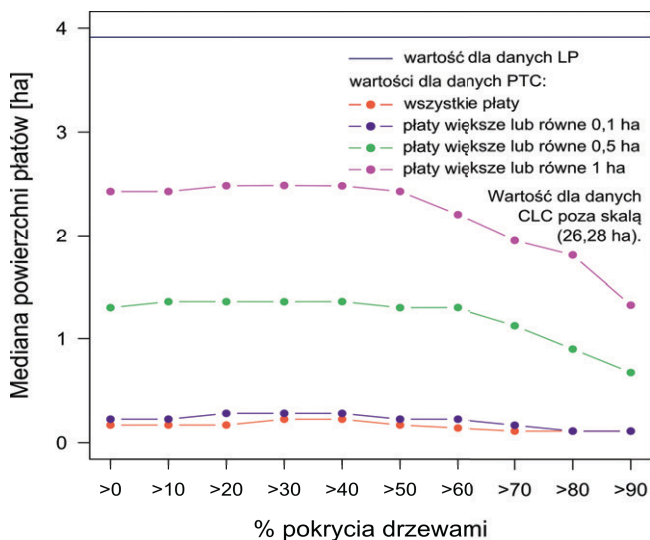
Dla fragmentu terenu dokonano także wizualnej oceny poszczególnych wariantów danych PTC oraz porównano je z wydzieleniami leśnymi z bazy CLC oraz płątami leśnymi z mapy oddziałów leśnych LP (ryc. 10 i 11). Stwierdzono, iż największą dokładnością charakteryzują się dane PTC. Jednak, gdy do płątów lasu zaklasyfikujemy także piksele o niewielkim udziale powierzchni zadrzewionej, to powierzchnia obszarów zalesionych wydaje się być zawyżona, gdyż zaklasyfikowane są do niej także piksele, które choćby w niewielkim stopniu nachodzą na obszar zadrzewiony lub w ich obrębie pojawiają się pojedyncze drzewa.

Analiza wizualna pokazuje także, iż liniowe zadrzewienia (wzdłuż drogi, w centralnej części obszaru) klasyfikowane są jako stosunkowo duże płąty, co



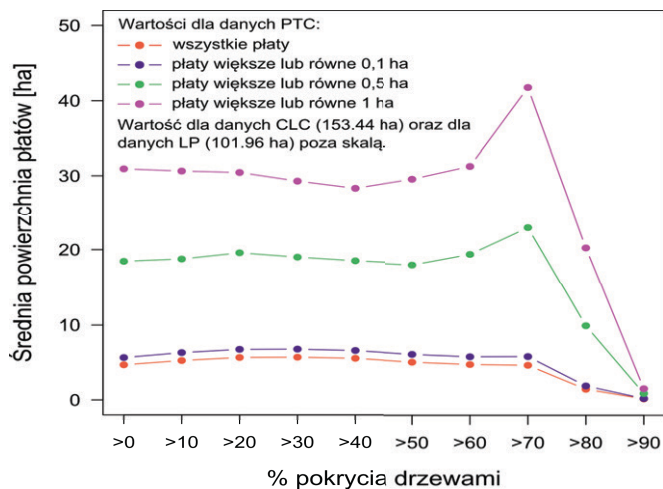
Ryc. 6. Suma powierzchni płatów dla różnych wariantów danych PTC oraz dla danych CLC i danych o oddziałach leśnych PGL LP (autor: A. Gerlée).

Fig. 6. Total forest area for different threshold values of PTC data compared to the total forest area according to CLC data and Digital Forest Map (author: A. Gerlée).



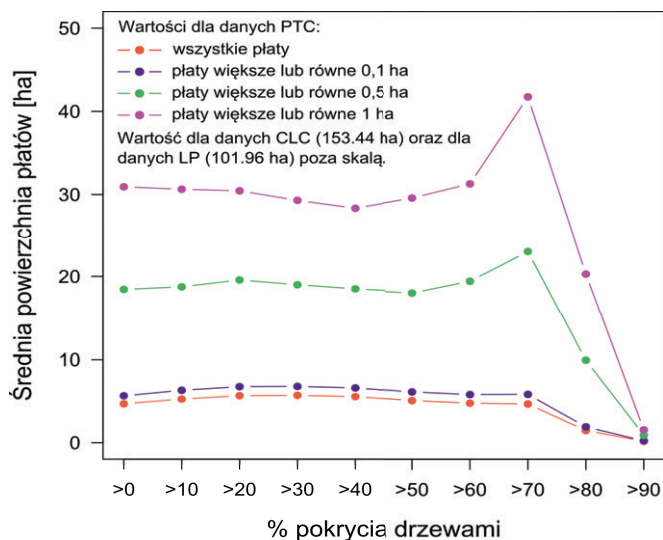
Ryc. 7. Mediana powierzchni płatów dla różnych wariantów danych PTC oraz dla danych CLC i danych o oddziałach leśnych PGL LP (autor: A. Gerlée).

Fig. 7. Median value of the forest patch area for different threshold values of PTC data compared to the median values according to CLC data and Digital Forest Map (author: A. Gerlée).



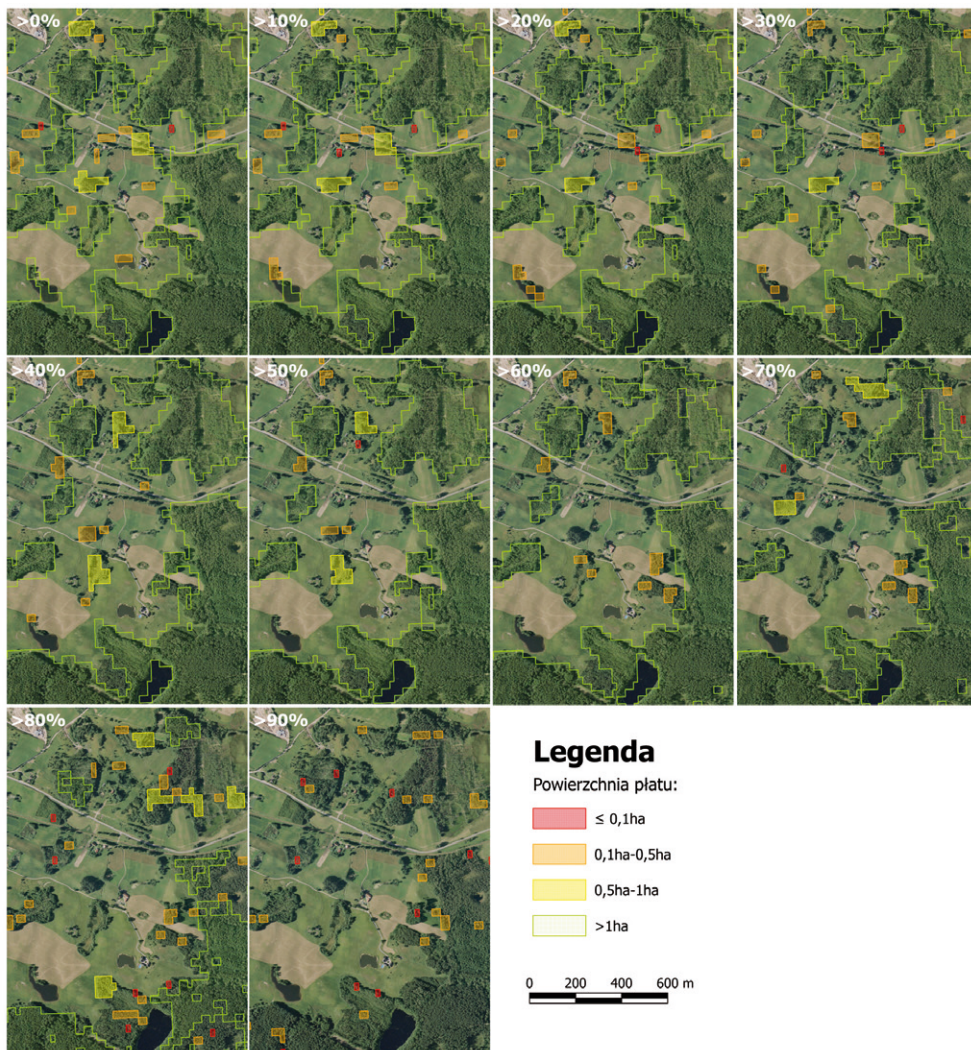
Ryc. 8. Średnia powierzchnia płatów lasu dla różnych wariantów danych PTC oraz dla danych CLC i danych o oddziałach leśnych PGL LP (autor: A. Gerlée).

Fig. 8. Mean patch size for different threshold values of PTC data compared to means according to CLC data and Digital Forest Map (author: A. Gerlée).



Ryc. 9. Wskaźnik stopnia spójności dla różnych wariantów danych PTC oraz dla danych CLC i danych o oddziałach leśnych PGL LP (autor: A. Gerlée).

Fig. 9. Degree of landscape coherence for different threshold values of PTC data compared to values according to CLC data and Digital Forest Map (author: A. Gerlée).



Ryc. 10. Porównanie przebiegu granic różnych wariantów danych PTC z ortofotomapą (autor: A. Gerlée).

Fig. 10. Borders of forest patches for different threshold values of PTC data compared to forest distribution on the orthophotomap (author: A. Gerlée).



Ryc. 11. Granice płatów leśnych z bazy danych CLC (A) oraz płatów wyznaczonych na podstawie mapy oddziałów leśnych PGL LP (B) na tle ortofotomapy (autor: A. Gerlée).

Fig. 11. Borders of forest patches according to CLC data (A) and Digital Forest Map (B) against the background of the orthophotomap (author: A. Gerlée).

nie odzwierciedla stanu faktycznego. Dopiero na obrazie przedstawiającym piksele o pokryciu terenu drzewami >50%, zadrzewienia liniowe nie są już zaklasyfikowane do płatów.

Przy wartości powyżej 70% pokrycia terenu drzewami dla pikseli, obserwujemy wyraźny podział większego płatów w prawym górnym rogu na kilka mniejszych (ryc. 10).

Wnioski

Analizy przedstawione w niniejszej pracy wskazują, że przy przyjęciu określonych wartości granicznych zadrzewienia poszczególnych pikseli dla danych PTC wartości niektórych metryk krajobrazowych (powierzchnia największego płatów, suma powierzchni płatów oraz wskaźnik stopnia spójności) są zbliżone do wartości metryk obliczonych na podstawie danych CLC oraz dla danych z mapy oddziałów leśnych. Pozostałe, proste wskaźniki fragmentacji (liczba płatów, mediana i średnia wielkość płatów) obliczone na podstawie danych PTC, niezależnie od przyjętych wartości granicznych zadrzewienia, przyjmują wartości znacznie różniące się od wyników analiz pozostałych źródeł danych.

W przypadku wskaźnika stopnia spójności dla danych PTC, minimalna wielkość płatów ($\geq 0,1$ ha; $\geq 0,5$ ha; ≥ 1 ha) zakwalifikowanych do analizy nie miała wpływu na jego wartość. Wynik ten potwierdza niewielką wrażliwość wskaźnika na obecność lub brak bardzo małych powierzchni, na co wskazuje Roo-Zielińska i in. (2007). Zasadnicze znaczenie ma tutaj przyjęta dla pikseli minimalna wartość procentowa pokrycia terenu drzewami.

Istotną wartością graniczną dla danych PTC na powierzchni testowej jest 60% zadrzewienia pikseli włączanych do płatów. Przy tej wartości wskaźnik

stopnia spójności uzyskuje wyniki zbliżone do uzyskanych na podstawie danych CLC oraz mapy oddziałów leśnych. Także powierzchnia największego płatów przy tej wartości dla danych PTC jest zbliżona do wartości dla danych CLC. Dla wartości 70% zadrzewienia obserwujemy już rozpad płatów na mniejsze fragmenty.

Wykonane analizy pozwalają wnioskować o zakresie (dla piksela) procentowego pokrycia terenu drzewami, od którego wyróżnione płaty możemy określić mianem lasu. Dalszym kierunkiem analiz powinno być określenie tej wartości dla powierzchni testowych o innej strukturze płatów. Umożliwi to określenie zakresu, dla którego analizy wskaźnika stopnia spójności danych PTC będą porównywalne z wynikami dla danych CLC oraz danymi z mapy oddziałów leśnych. Niniejsza analiza umożliwiła określenie przedziału dla którego należy zagęścić próbkowanie (ok. 50-70%).

W wyniku przeprowadzonych analiz stwierdzono, iż dane PTC charakteryzują się znacznie większą szczegółowością od danych CLC oraz od danych uzyskanych z mapy oddziałów leśnych¹. Oprócz oceny wizualnej, świadczą o tym także wartości wspomnianych wcześniej wskaźników fragmentacji: liczby płatów, mediany i średniej powierzchni płatów.

Dane PTC pozwalają zidentyfikować nie tylko powierzchnie leśne, ale także zadrzewienia śródpolne, które z punktu widzenia ekologicznego trudno nazwać lasem (choć formalnie, wg Ustawy o lasach, tym terminem określa się grunty o zwartej powierzchni 0,1 ha pokrytej roślinnością leśną). Te niewielkie obszary mają istotne znaczenie, zwłaszcza na rozległych terenach otwartych. Najpowszechniej stosowana do analiz przestrzennych baza danych CORINE pomija te elementy krajobrazu – włączane są one wraz z otaczającymi je polami lub łąkami do nieleśnych kategorii pokrycia terenu.

Dane PTC mogą być zatem szczególnie przydatne dla analiz spójności z punktu widzenia fauny, dla której obecność niewielkich zadrzewień ma istotne znaczenie przy przemieszczaniu się poprzez tereny otwarte.

Literatura

- Balej M., 2011. Landscape metrics as indicators of the structural landscape changes – two case studies from the Czech Republic after 1948. *Journal of Land Use Science* 7 (4).
- Bank Danych Lokalnych 1995–2014. Główny Urząd Statystyczny. http://stat.gov.pl/bdl/app/strona.html?p_name=indeks [9.07.2014].
- Bank Danych o Lasach 2014. Biuro Urządzenia Lasu i Geodezji Leśnej, Lasy Państwowe, Ministerstwo Środowiska. <http://www.bdl.lasy.gov.pl/> [20.07.2014].
- Corine Land Cover 2000 seamless vector data Version 17 (12/2013), 2014. European Environment Agency (EEA). <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/corine-land-cover-2000-clc2000-seamless-vector-database-5> [20.02.2014].

¹ Te różnice są łatwe do wytłumaczenia gdyż wynikają z charakteru danych: PTC uwzględnia w skali szczegółowej roślinność o wysokości ponad 5 m niezależnie od jej charakteru, CLC obejmuje płaty lasu wyróżnione w skali szczegółowości około 100 000 (co eliminuje wiele płatów małych i daje daleko idącą generalizację granic), dane z map leśnych obejmują powierzchnie leśne (zalesione lub niezalesione) w zarządzie Lasów Państwowych, pomijając lasy prywatne i zadrzewienia.

- Eiden G., Kayadjanian M., Vidal C., 2000. Quantifying Landscape Structures: spatial and temporal dimensions. [w:] From land cover to landscape diversity in the European Union. DG AGRI, EUROSTAT, Joint Research Centre (Ispra), European Environmental Agency. <http://ec.europa.eu/agriculture/publi/landscape/ch2.htm> [10.06.2014].
- Farkas J. Zs., Hoyk E., 2012. Possible landscape ecological analyses of the Corine database based on GIS systems. *Annals of Faculty Engineering Hunedoara - International Journal of Engineering* 10, Fasc. 3., s. 163-166.
- Forman R.T.T., Sperling D., Bissonette J., Clevenger A.P., Cutshall C. i in., 2009. *Ekologia dróg*. (www.zielonasiec.pl/wp-content/uploads/ekologia_drog.pdf) [10.03.2014].
- Hansen M.C., Potapov P.V., Moore R., Hancher M., Turbanova S.A. i in., 2013. High-Resolution Global Maps of 21st-Century Forest Cover Change. *Science* 342, s. 850-853. (<http://earthenginepartners.appspot.com/science-2013-global-forest>) [15.03.2014].
- Jaeger J.A.G., 2000. Landscape division, splitting index, and effective mesh size: new measures of landscape fragmentation. *Landscape Ecology* 15, s. 115-130.
- Jones K.B., Hamann S., Nash M.S., Neale A.C., Kepner W.G. i in., 2007. Cross-European landscape analyses: illustrative examples using existing spatial data. [w:] I. Petrosillo, F. Müller, K.B. Jones i in. (red.), *Use of Landscape Sciences for the Assessment of Environmental Security*, Springer Netherlands, s. 263-316.
- Kozak J., 2003. Dokładność globalnych map użytkowania ziemi i pokrycia terenu na przykładzie Global Land Cover Characterization Data Base, *Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji* 13 A, s. 97-107.
- Koziel M., 2008. Zastosowanie bazy danych CORINE Land Cover 2000 do analiz struktury krajobrazu wybranych obszarów chronionych w Polsce. *Problemy Ekologii Krajobrazu* 22, s. 279-285.
- Nielsen N.Ch., Blackburn A., 2005. Multi-scale application of spatial metrics for quantifying forest spatial structure and diversity from Corine Land Cover and FMERS-WiFS raster data. [w:] *Remote Sensing and Geographical Informations Systems for Environmental Studies, Applications in Forestry: Schriften aus der Forstlichen Fakultät der Universität Göttingen und der Niedersächsischen Forstlichen Versuchsanstalt 138 Frankfurt am Main*, J.D.Sauerländer's Verlag, s. 184-194.
- Roo-Zielińska E., Solon J., Degórski M., 2007. Ocena stanu i przekształceń środowiska przyrodniczego na podstawie wskaźników geobotanicznych, krajobrazowych i glebowych. *Monografie* 9, IGIPZ PAN, Warszawa.

