

WIKTOR TRACZ, ROMAN ZIELONY

Wykorzystanie analizy podobieństwa do oceny poprawności wyróżniania mezoregionów przyrodniczo-leśnych

Application of the similarity analysis in the assessment of the correctness of the delimitation of natural-forest mezoregions

ABSTRACT

Tracz W., Zielony R. 2016. Wykorzystanie analizy podobieństwa do oceny poprawności wyróżniania mezoregionów przyrodniczo-leśnych. Sylwan 160 (6): 504-511.

In new version of natural-forest regionalization that was completed in 2010, Poland was divided into 8 natural-forest lands, which, in turn, consisted of 11-35 mezoregions. The objective of the study was to evaluate the delimitation of the defined mezoregions. The correctness of the delimitation was assessed by the means of similarity analysis. The similarity of adjacent mezoregions (within borders of each of the natural-forest lands) was calculated based on three main criteria (geological formations, natural landscapes and vegetation landscapes), which were used for definition of the mezoregions borders. Data on spatial distribution of the above criteria were acquired in digital form and then processed using Geographic Information Systems technology in order to identify and describe each of the mezoregions. The assessment of the similarity was based on the calculation of the partial similarity indices for each of the criteria, and then on the calculation of the overall similarity index for each pair of adjacent mezoregions. Received values of the overall similarity index range from 0.01 to 0.48. The smallest range of the index is in the Sudecka land (0.09-0.28) and the highest is in the Baltic land (0.01-0.41) and in the Carpathian land (0.07-0.48). In order to facilitate analysis of the results, five-level scale of similarity was adopted. All around Poland there are no mezoregions whose degree of similarity to adjacent mezoregions is large or very large. The medium similarity (index value 0.41-0.70) was observed in 1.7% of the analyzed cases, small similarity (index value 0.21-0.40) was observed in 37.7% of the analyzed cases and the lack of similarity (index value 0.00-0.20) in 60.6% of cases. Delimitation of mezoregions was therefore prepared correctly.

KEY WORDS

natural-forest regionalization, similarity analysis, similarity index, GIS

ADDRESSES

Wiktor Tracz – e-mail: wiktor.tracz@wl.sggw.pl

Roman Zielony – e-mail: roman.zielony@wl.sggw.pl

Katedra Urządzenia Lasu, Geomatyki i Ekonomiki Leśnictwa, SGGW w Warszawie;
ul. Nowoursynowska 159, 02-776 Warszawa

Wstęp

Regionalizacja to proces podziału obszaru (np. kontynentu, państwa) bądź łączenia obszarów według określonych cech (kryteriów). Wyniki regionalizacji (np. przyrodniczych) znajdują zastosowanie w różnych działach gospodarki oraz nauki. W Polsce najbardziej znaną i najszerzej wykorzystywaną jest regionalizacja fizycznogeograficzna rozwijana od lat 50. XX wieku [Kondracki 2011]. W leśnictwie natomiast wykorzystywane szerzej są dwie regionalizacje: przyrodniczo-leśna [Mroczkiewicz 1952; Trampler i in. 1990; Zielony, Kliczkowska 2012] oraz podział Polski na regiony pochodzenia leśnego materiału rozmnożeniowego (tzw. regionalizacja nasienna) [Ustawa... 2001, Fonder i in. 2007, Rozporządzenie... 2015]. Obie są powszechnie wykorzystywane w planowaniu hodowlanym i urzędziowym, zatem poprawne ustalenie granic wyróżnianych jednostek umożliwia podejmowanie trafniejszych decyzji w praktyce leśnej.

Najnowsza wersja regionalizacji przyrodniczo-leśnej została wykonana w roku 2010 [Zielony, Kliczkowska 2012]. Głównym celem podjętych prac było uszczegółowienie przebiegu granic jednostek (mezoregionów, dzielnic i krain) wyróżnionych w regionalizacji przyrodniczo-leśnej z roku 1990 [Trampler i in. 1990] z dokładnością niezbędną dla potrzeb praktyki leśnej. W trakcie jej przygotowywania wykorzystano wiele nowych, wcześniej niedostępnych materiałów o środowisku przyrodniczym Polski oraz szerzej uwzględniono rozmieszczenie obszarów leśnych i pozagospodarcze funkcje lasów. Granice podstawowych jednostek – mezoregionów – wyznaczono metodą „eksperycką” na podstawie trzech cech (kryteriów): geologii, krajobrazów naturalnych i krajobrazów roślinnych. Granice te zostały poprowadzone z uwzględnieniem rozlokowania przestrzennego tych cech, granic oddziałów i pododdziałów leśnych oraz położenia innych obiektów przestrzennych (np. dróg, kolei, rzek, jezior). Przygotowana wersja, którą nazwano „Regionalizacją przyrodniczo-leśną 2010”, różni się od poprzednich głównie brakiem jednostek niższego rzędu (dzielnic przyrodniczo-leśnych) oraz większą liczbą mezoregionów.

Celem niniejszej pracy jest ocena poprawności wyróżniania mezoregionów przyrodniczo-leśnych w regionalizacji przyrodniczo-leśnej 2010 na podstawie metody umożliwiającej kwantyfikację wykonanego podziału, co zapewnia jej obiektywność.

Materiał i metody

Do realizacji celu badań wykorzystano analizę podobieństwa. W przypadku przekroczenia przyjętej granicznej wartości podobieństwa może okazać się, że wyróżnienie niektórych mezoregionów jako odrębnych jednostek jest nieuzasadnione. Podobieństwo umożliwia ocenę siły powiązania obiektów. Jest ono zazwyczaj określane wartościami z przedziału 0-1. W przypadkach gdy porównywane obiekty są opisane wybranymi cechami, ich podobieństwo określa się na podstawie podobieństwa tych cech. Wybór miary podobieństwa zależy od rodzaju skali pomiarowej, w której rejestrowane były cechy [Chojnicki, Czyż 1973]. Podobieństwo obiektów opisanych cechami jakościowymi polega na uznaniu ich za podobne (wartość 1), gdy wybrana cecha występuje w obu obiektach, i za niepodobne (wartość 0), gdy cecha nie występuje przynajmniej w jednym z nich. Obliczone w ten sposób podobieństwo jest proporcjonalne do liczby cech występujących w obu porównywanych obiektach [Boriah i in. 2008]. Podobieństwo obiektów opisanych cechami ilościowymi można najprościej określić za pomocą odległości taksonomicznej [Marden 1995; Runge 2006]. Im wartość podobieństwa jest bliższa wartości 1, tym bardziej dwa porównywane mezoregiony są do siebie podobne.

Do obliczenia podobieństwa mezoregionów wykorzystano granice mezoregionów wyróżnionych w regionalizacji przyrodniczo-leśnej 2010 [Zielony, Kliczkowska 2012] oraz dane opisu-

jące trzy analizowane cechy mezoregionów (geologia, krajobrazy naturalne i krajobrazy roślinne). Dane o tych cechach pozyskano z map analogowych. Wykorzystano Mapę Geologiczną Polski w skali 1 : 500 000 [Marks i in. 2006], mapę Typy krajobrazów naturalnych w skali 1 : 1 500 000 [Richling, Dąbrowski 1995] oraz mapę Krajobrazy roślinne w skali 1 : 2 500 000 [Matuszkiewicz 1994].

Mapy w wyniku skanowania przetworzono na postać cyfrową. W celu ustalenia przynależności oraz rozlokowania przestrzennego analizowanych cech w granicach poszczególnych mezoregionów nadano tym mapom odniesienie przestrzenne. Zastosowano układ współrzędnych PUWG 92. W wyniku digitalizacji treści map otrzymano zbiór płytów określających analizowane cechy. Płaty pogrupowano w jednorodne grupy, z których każda odpowiadała określonej kategorii analizowanej w ramach badanych cech. W ramach cechy „geologia” analizowano przykładowo kategorie: holocenijskie mulki, piaski i żwiry morskie, plejstoceńskie piaski i żwiry sandrowe, margle i piaskowce górnej kredy oraz wapienie i łupki; w ramach cechy „krajobrazy naturalne” analizowano m.in. kategorie: krajobrazy glacialne równinne i faliste, krajobrazy wyżyn i niskich gór lessowe-eoliczne wysoczyzn słabo rozciętych, krajobrazy gór średnich i wysokich średnio-górskie-erozyjne regła dolnego oraz krajobrazy deltowe akumulacyjne; a w ramach cechy „krajobrazy roślinne” analizowano np. kategorie: krajobrazy nadmorskich borów sosnowych, krajobrazy wyżynnych buczyn i grądów, krajobrazy wysokogórskie i krajobrazy jeziorne. Liczba kategorii w ramach każdej cechy była różna, w zależności od krainy. Powyższe prace wykonano z wykorzystaniem technologii Systemów Informacji Przestrzennej (SIP).

Uniwersalna funkcja podobieństwa ma postać [Runge 2006]:

$$P_{xy} = \frac{\sum_i^n (\omega_i \cdot P_i)}{\sum_i^n \omega_i} \quad [1]$$

gdzie:

P_{xy} – podobieństwo obiektów x i y ,

P_i – podobieństwo obiektów x i y pod względem cechy i ,

ω_i – waga dla cechy i .

Podobieństwo można wyrazić także poprzez niepodobieństwo (zróżnicowanie) na podstawie zależności $P_{xy} = 1 - N_{xy}$, która jest prawdziwa dla przedziału 0-1. Określenie niepodobieństwa umożliwia odległość taksonomiczną rozumianą jako odległość euklidesowa w przestrzeni n -wymiarowej między dwiema badanymi cechami. W badaniu do określenia niepodobieństwa wykorzystano metrykę „city block” (zwaną także Manhattan), która jest modyfikacją metryki Minkowskiego [Webb 2002; Runge 2006]:

$$d_{xy} = V_x - V_y \quad [2]$$

gdzie:

d_{xy} – odległość taksonomiczna pomiędzy obiektami x i y ,

V_x – wielkość wybranej cechy dla obiektu x ,

V_y – wielkość wybranej cechy dla obiektu y .

Ponieważ wykorzystane do określenia podobieństwa mezoregionów cechy mają różne zakresy wartości, wielkości określające ich odległości taksonomiczne (zróżnicowanie) poddano normalizacji, czyli transformacji pierwotnego zakresu wartości do zakresu 0-1, wykorzystując zależność opisaną wzorem [Runge 2006; Teknomo 2015]:

$$d_{xy} = \frac{|V_x - V_y|}{V_{\max} - V_{\min}} \quad [3]$$

gdzie:

V_{\max} – wielkość maksymalna cechy,

V_{\min} – wielkość minimalna cechy.

Ocenę podobieństwa sąsiadujących mezoregionów wyróżnionych w regionalizacji przyrodniczo-leśnej 2010 zrealizowano w trzech etapach. Pierwszym było określenie wskaźników podobieństw cząstkowych wyliczonych dla trzech analizowanych cech: geologii (P_G), krajobrazów naturalnych (P_{KN}) i krajobrazów roślinnych (P_{KR}). W etapie drugim obliczone zostały wskaźniki podobieństwa całkowitego (P), a w trzecim określono stopień podobieństwa. Podobieństwo cząstkowe i całkowite wyliczano dla poszczególnych par sąsiadujących ze sobą mezoregionów na obszarze każdej krainy przyrodniczo-leśnej. Podobieństwo cząstkowe określa podobieństwo dwóch sąsiadujących mezoregionów pod względem jednej wybranej cechy. Najpierw obliczono podobieństwo dla każdej kategorii danej cechy. Podobieństwa obliczano na podstawie udziału powierzchniowego płatów poszczególnych kategorii trzech analizowanych cech.

Ponieważ mezoregiony różnią się od siebie powierzchnią ogólną, a także liczbą, kształtem i powierzchnią płatów, które określają przestrzenne rozlokowanie analizowanych cech, przyjęto założenia umożliwiające obliczenie podobieństwa cząstkowego dla każdej wybranej cechy. Suma powierzchni płatów jakiegokolwiek kategorii (np. sumaryczna powierzchnia płatów dowolnego utworu geologicznego dla cechy „geologia”) nie może zajmować 100% obszaru mezoregionu. Przyjęto też, że maksymalną wartością (V_{\max} we wzorze 3) wykorzystywaną do obliczenia podobieństwa cząstkowego jest największa wartość danego kryterium spośród jego wartości dla porównywanych mezoregionów, czyli $V_{\max} = \max(V_x; V_y)$, a wartość minimalna jest równa 0. Po uwzględnieniu powyższych założeń oraz zależności między podobieństwem i niepodobieństwem obliczono podobieństwo cząstkowe dla każdej kategorii danej cechy na podstawie zależności:

$$P_{xy}^K = 1 - d_{xy}^K = 1 - \frac{|V_x^K - V_y^K|}{\max(V_x^K; V_y^K)} \quad [4]$$

gdzie:

V_x^K – udział powierzchniowy płatów kategorii K dla mezoregionu x ,

V_y^K – udział powierzchniowy płatów kategorii K dla mezoregionu y .

Podobieństwo cząstkowe dla każdej cechy obliczono jako średnią arytmetyczną podobieństw wszystkich kategorii składających się na daną cechę.

Podobieństwo całkowite określa podobieństwo dwóch sąsiadujących mezoregionów pod względem trzech wybranych do oceny cech (wzór 5). Dla potrzeb delimitacji mezoregionów znaczenie analizowanych cech było różne. Największe znaczenie miała cecha „geologia”, a najmniejsze „krajobrazy roślinne”. Z tego też względu w określeniu podobieństwa całkowitego (P) sąsiadujących mezoregionów waga każdej z wykorzystanych cech jest różna. Przyjęto, że podobieństwo cząstkowe dla cechy „geologia” (P_G) ma wagę 3 w obliczeniu podobieństwa całkowitego. Podobieństwo cząstkowe dla cechy „krajobrazy naturalne” (P_{KN}) ma wagę 2, a dla cechy „krajobrazy roślinne” (P_{KR}) – wagę 1. Podobieństwo całkowite P sąsiadujących mezoregionów obliczono ze wzoru 5, który jest realizacją wyrażenia 1 uwzględniającą trzy podobieństwa cząstkowe i ich wagi:

$$P = \frac{1}{6} (P_G \cdot 3 + P_{KN} \cdot 2 + P_{KR} \cdot 1) \quad [5]$$

Obliczone wskaźniki podobieństwa całkowitego mieszczą się w zakresie 0-1. W celu interpretacji obliczonych wielkości zaadaptowano podział zakresu 0-1 oraz określenie siły związku korelacyjnego wykorzystywane powszechnie w statystyce matematycznej [Sobczyk 2007]. Stopień podobieństwa mezoregionów został określany w pięciostopniowej skali. Wielkość wskaźnika podobieństwa mniejsza niż 0,2 wskazuje na brak podobieństwa. Podobieństwo jest małe, jeśli wielkość wskaźnika jest z zakresu 0,21-0,40. Średnie podobieństwo ma miejsce, gdy wielkość wskaźnika mieści się w zakresie 0,41-0,70. Podobieństwo duże występuje, gdy wielkość wskaźnika jest z zakresu 0,71-0,90. Natomiast na bardzo duży stopień podobieństwa wskazują wielkości większe niż 0,9. Wielkość wskaźnika podobieństwa większa niż 0,7 wskazuje na potrzebę zmiany przebiegu granic sąsiadujących mezoregionów, a wielkość większa niż 0,9 wskazuje na tak duże podobieństwo mezoregionów, że wyróżnianie ich jako odrębnych jednostek jest nieuzasadnione.

Wyniki

Wykonane analizy umożliwiły obliczenie wskaźników podobieństwa cząstkowego powierzchniowych utworów geologicznych, gatunków krajobrazów naturalnych i krajobrazów roślinnych oraz podobieństwa całkowitego (tab. 1), a także określenie stopnia podobieństwa pomiędzy sąsiadującymi mezoregionami w granicach krain przyrodniczo-leśnych, który został obliczony dla 355 przypadków – tyle było wspólnych odcinków granic pomiędzy 183 mezoregionami w 8 krainach przyrodniczo-leśnych (tab. 2). Granice mezoregionów oraz wielkość podobieństwa całkowitego sąsiadujących mezoregionów na przykładzie krainy I Bałtyckiej przedstawia rycina.

W żadnej krainie przyrodniczo-leśnej nie występują mezoregiony, których stopień podobieństwa jest bardzo duży bądź duży, czyli wskaźnik podobieństwa całkowitego przekracza wartości 0,7. Średni stopień podobieństwa (wskaźnik 0,41-0,70) stwierdzono w 1,7% analizowanych przypadków, mały stopień podobieństwa (wskaźnik 0,21-0,40) w 37,7% analizowanych przypadków, a brak podobieństwa (wskaźnik 0,00-0,20) w 60,6% przypadków.

Dyskusja

Podobieństwo sąsiadujących mezoregionów wyróżnionych w regionalizacji przyrodniczo-leśnej w wersji z roku 2010 obliczano na podstawie udziału powierzchniowego pól poszczególnych kategorii trzech analizowanych cech (powierzchniowych utworów geologicznych, gatunków krajobrazu naturalnego oraz krajobrazów roślinnych). Przykładowo w krainie I Bałtyckiej były to: 24

Tabela 1.

Zakres wartości wskaźnika podobieństwa całkowitego (P), geologii (P_G), typów krajobrazów naturalnych (P_{KN}) oraz krajobrazów roślinnych (P_{KR}) mezoregionów dla krain przyrodniczo-leśnych

Range of values of overall (P), geological (P_G), natural landscapes types (P_{KN}) and vegetation types (P_{KR}) similarity index for mezoregions in the natural-forest lands

| | P | P_G | P_{KN} | P_{KR} |
|---------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| I Bałtycka | 0,01-0,41 | 0,01-0,23 | 0,01-0,34 | 0,00-0,10 |
| II Mazursko-Podlaska | 0,09-0,44 | 0,04-0,52 | 0,04-0,52 | 0,04-0,38 |
| III Wielkopolsko-Pomorska | 0,04-0,39 | 0,03-0,47 | 0,03-0,53 | 0,02-0,34 |
| IV Mazowiecka | 0,05-0,38 | 0,02-0,22 | 0,03-0,27 | 0,01-0,14 |
| V Śląska | 0,05-0,30 | 0,01-0,19 | 0,02-0,32 | 0,00-0,33 |
| VI Małopolska | 0,07-0,44 | 0,05-0,55 | 0,03-0,43 | 0,01-0,37 |
| VII Sudecka | 0,09-0,28 | 0,05-0,36 | 0,07-0,48 | 0,06-0,39 |
| VIII Karpacka | 0,07-0,48 | 0,01-0,38 | 0,08-0,75 | 0,02-0,48 |

Tabela 2.

Stopień podobieństwa sąsiadujących mezoregionów w krainach przyrodniczo-leśnych (I-VIII) wyznaczony na podstawie wartości wskaźnika podobieństwa całkowitego (P)

Similarity level for adjacent mezoregions in each natural-forest lands (I-VIII, see table 1 for details) based on the value of overall similarity index (P)

| | P | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | n | % |
|---------------------------|-----------|----|----|-----|----|----|----|-----|------|-----|------|
| Bardzo duże Very large | 0,91-1,00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Duże Large | 0,71-0,90 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Średnie Medium | 0,41-0,70 | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 2 | 6 | 1,7 |
| Małe Small | 0,21-0,40 | 24 | 13 | 26 | 12 | 15 | 16 | 7 | 21 | 134 | 37,7 |
| Brak Lack | 0,00-0,20 | 20 | 14 | 46 | 22 | 33 | 57 | 13 | 10 | 215 | 60,6 |



Ryc.

Podobieństwo całkowite mezoregionów przyrodniczo-leśnych w Krainie Bałtyckiej
Overall similarity of mezoregions in the Baltic natural-forest land

utwory geologiczne (w skali kraju jest ich 130) występujące w 2056 płatach, 12 gatunków krajobrazów naturalnych (w skali kraju jest ich 27) występujących w 503 płatach oraz 27 krajobrazów roślinnych (w skali kraju jest ich 71) występujących w 98 płatach.

W prezentowanej analizie wykorzystano cechy ilościowe. Obliczone podobieństwo cząstkowe jest proporcjonalne do udziału powierzchniowego płatów (charakteryzującego daną cechę) występujących w obu porównywanych mezoregionach. Wykorzystana w badaniach odległość taksonomiczna jest jedną z wielu miar określenia podobieństwa (niepodobieństwa) obiektów opisanych w skali ilościowej. Wybór miary optymalnej lub np. najmniej pracochłonnej wydaje się trudny i dyskusyjny, bowiem wymagałyby przeprowadzenia obliczeń wieloma sposobami (metodami), a uzyskane wyniki prawdopodobnie mają nikłe szanse, by zostały potwierdzone na przykładzie podobnych regionalizacji – ponieważ w Polsce nie wykonano szerszych badań pod tym kątem.

W niniejszym badaniu nie zdecydowano się na obliczenie podobieństwa na podstawie cechy jakościowej. Wspomnieć należy jednak, że jedną z miar umożliwiających określenie podobieństwa na podstawie cech opisanych w skali jakościowej jest test chi-kwadrat, który został wykorzystany do oceny regionalizacji przyrodniczo-leśnej z 1990 roku [Trampler i in. 1990]. Wykorzystując ten test, autorzy porównali krainy na podstawie danych o liczbie mezoregionów, w których występowały zespoły potencjalnej roślinności naturalnej zgrupowane według odmian regionalnych i klimatycznych.

Prezentowane problemy mają wiele wspólnego z badaniami z zakresu ekologii krajobrazu, w ramach których są prowadzone m.in. prace nad metodami delimitacji i zróżnicowania jednostek przyrodniczo-krajobrazowych [Sowińska, Chmielewski 2008] oraz strukturą krajobrazu [Kozieł 2008a, b].

Podsumowanie

Zgodnie z przyjętą skalą w granicach krain przyrodniczo-leśnych pomiędzy sąsiadującymi mezoregionami nie stwierdzono występowania podobieństwa bardzo dużego bądź dużego. Podobieństwo średnie wystąpiło w 1,7% analizowanych związków, podobieństwo małe w 37,7% przypadków, a całkowity brak podobieństwa stwierdzono w 60,6% analizowanych sytuacji. Wyznaczone granice mezoregionów są zatem zasadne – w skali kraju żaden mezoregion nie jest podobny do mezoregionu, z którym graniczy, w takim stopniu, by nieuzasadnione było wyróżnienie porównywalnych mezoregionów.

Dokładniejsza ocena delimitacji mezoregionów może być przeprowadzona na podstawie bardziej zaawansowanej analizy, ze względu na często dużą złożoność kształtu oraz zróżnicowane rozmieszczenie jednostek przestrzennych (płatów) charakteryzujących cechy ocenianych mezoregionów. Powinna ona jednak uwzględniać większą liczbę, inny zestaw cech wykorzystanych do opisu mezoregionów lub inne wskaźniki określenia podobieństwa.

Literatura

- Boriah S., Chandola V., Kumar V. 2008. Similarity Measures for Categorical Data: A Comparative Evaluation. Proceedings of the 2008 SIAM International Conference on Data Mining. <http://epubs.siam.org/doi/pdf/10.1137/1.9781611972788.22> (dostęp: grudzień 2015).
- Chojnicki Z., Czyż T. 1973. Metody taksonomii numerycznej w regionalizacji geograficznej. PWN, Warszawa.
- Fonder W., Matras J., Załęski A. 2007. Leśna baza nasienna w Polsce. CILP, Warszawa.
- Kondracki J. 2011. Geografia regionalna Polski. PWN, Warszawa.
- Kozieł M. 2008a. Zastosowanie modelu geokompleksu do oceny zmian struktury krajobrazu w dolinie Wieprza. Struktura i funkcjonowanie systemów krajobrazowych: Meta-analizy, modele, teorie i ich zastosowania. Problemy Ekologii Krajobrazu 21: 273-286.
- Kozieł M. 2008b. Zastosowanie bazy CORINE 2000 Land Cover do analiz struktury krajobrazu wybranych obszarów chronionych w Polsce. Klasyfikacja krajobrazu. Teoria i praktyka. Problemy Ekologii Krajobrazu 20: 279-285.
- Marden J. 1995. Analyzing and Modeling Rank Data. Chapman and Hall. London.
- Marks L., Ber A., Gołęk W., Piotrowska K. [red.]. 2006. Mapa geologiczna Polski 1:500000. Ministerstwo Środowiska, Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa.
- Matuszkiewicz J. M. 1994. Krajobrazy roślinne i regiony geobotaniczne. W: Atlas Rzeczypospolitej Polskiej, mapa 42.5. Główny Geodeta Kraju, Warszawa.
- Mroczkiewicz L. 1952. Podział Polski na krainy i dzielnice przyrodniczo-leśne. Prace IBL 80.
- Richling A., Dąbrowski A. 1995. Typy krajobrazów naturalnych. W: Atlas Rzeczypospolitej Polskiej, mapa 53.1. Główny Geodeta Kraju, Warszawa.
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 29 lipca 2015 r. w sprawie wykazu, obszarów i mapy regionów pochodzenia leśnego materiału podstawowego. 2015. Dz. U z 2015, poz. 1425.
- Runge J. 2006. Metody badań w geografii społeczno-ekonomicznej. Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego. Katowice.
- Sobezyk M. 2007. Statystyka. PWN, Warszawa.

- Sowińska B., Chmielewski T. J. 2008.** Metoda delimitacji i analiza typologicznego zróżnicowania jednostek przyrodniczo-krajobrazowych Roztocza i Równiny Biłgorajskiej. Struktura i funkcjonowanie systemów krajobrazowych: Meta-analizy, modele, teorie i ich zastosowania. *Problemy Ekologii Krajobrazu* 21: 161-175.
- Teknomo K. 2015.** Similarity measurement. <http://people.revoledu.com/kardi/tutorial/Similarity/index.html> (dostęp: grudzień 2015).
- Trampler T., Kliczkowska A., Dmyterko E., Sierpińska M. 1990.** Regionalizacja przyrodniczo-leśna na podstawach ekologiczno-fizjograficznych. PWRiL, Warszawa.
- Ustawa z 7 czerwca 2001 r. o leśnym materiale rozmnożeniowym. 2001.** Dz. U. z 2015, poz. 1092.
- Webb A. 2002.** *Statistical Pattern Recognition*. Wydanie 2. Wiley & Sons.
- Woś A. 1994.** Typy pogody, regiony klimatyczne. W: *Atlas Rzeczypospolitej Polskiej*. Główny Geodeta Kraju. Warszawa.
- Zielony R., Kliczkowska A. 2012.** Regionalizacja przyrodniczo-leśna. CILP, Warszawa.