



Dostępność rolnicza Beskidów

The agricultural accessibility of the Beskid Mountains

Zofia Joanna Jabs¹  Andrzej Norbert Affek² 

¹ Uniwersytet Warszawski, Wydział Geografii i Studiów Regionalnych
ul. Krakowskie Przedmieście 30, 00-927 Warszawa

² Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania im. S. Leszczyckiego PAN
ul. Twarda 51/55, 00-818 Warszawa
a.affek@twarda.pan.pl • zofia.jabs@gmail.com

Zarys treści. Celem pracy było określenie zróżnicowania dostępności rolniczej na obszarach górskich. Zagadnienie to omówiono na przykładzie trzech mezoregionów w Karpatach Polskich: Beskidu Niskiego, Bieszczadów Zachodnich oraz Gór Sanocko-Turczańskich. Koszt dostępu do każdej jednostki przestrzeni obliczono za pomocą algorytmu *cost distance*. Przyjęto, że trudność (opór) pokonania jednostkowej odległości jest różna i zależna od pokrycia terenu i nachylenia. W pracy wykazano znaczne zróżnicowanie dostępności całego obszaru badań, a także odnotowano istotne różnice w rozkładach i wartościach charakterystycznych dostępności pomiędzy mezoregionami. Uzyskane wyniki porównano z wartościami dla obecnie użytkowanych pól ornych. Wyznaczono także obszary potencjalnie dostępne dla rolnictwa i zestawiono je z zasięgami współczesnych gruntów ornych.

Słowa kluczowe: dostępność przestrzenna, użytkowanie ziemi, *cost distance*, Bieszczady, Beskid Niski, Góry Sanocko-Turczańskie

Wstęp

Dostępność przestrzenna (*spatial accessibility*) najczęściej rozumiana jest jako łatwość osiągnięcia określonej lokalizacji z innej/innych lokalizacji (Guzik, 2014). Według bardziej rozbudowanej definicji dostępność przestrzenna to stopień w jakim zagospodarowanie przestrzeni i transport umożliwiają jednostkom i grupom osiągnięcie miejsca lub aktywności w przestrzeni za pomocą określonego środka lub środków transportu. Nieco inną definicję sformułował D.R Ingram (1971) wskazując, że dostępność jest właściwością miejsca związaną z pokonywaniem oporu przestrzeni. W modelach transportowych zwykle uwzględnia się dwa powiązane ze sobą komponenty dostępności: komponent użytkowania przestrzeni (atrakcyjność miejsca podróży) i komponent transportowy (koszt podróży/opór przestrzeni) (Geurs i Ritsema van Eck, 2001).

W przypadku analizy jedynie komponentu transportowego należałoby precyzyjnie mówić o dostępności mierzonej odległością (*distance-based accessibility*), w odróżnieniu od np. dostępności potencjałowej (*potential accessibility*) mierzonej możliwością zajścia interakcji między źródłem podróży a zbiorem celów podróży, która także uwzględnia atrakcyjność celu podróży (Komornicki i inni, 2010). Odległość w każdego rodzaju dostępności

może być zarówno rzeczywistą fizyczną odległością, jak i odległością czasową czy ekonomiczną (kosztem podróży).

Badania nad dostępnością mierzoną odległością prowadzone są na całym świecie. Wykorzystuje się do tego celu GIS, w tym takie algorytmy wyliczające umowny koszt dostępu jak *cost distance* czy *least cost path*. Takie analizy wykorzystywane są m.in. w badaniach archeologicznych (Gietl i inni, 2007), w badaniach rozprzestrzeniania się gatunków (Richard i Armstrong, 2010; Koen i inni, 2012), do analizowania dostępności dla człowieka odległych obszarów górskich (Jobe i White, 2009) czy w celu określenia dostępności gruntów ornych (Fatyga i inni, 2007).

Dostępność jest jednym z głównych czynników mających wpływ na użytkowanie ziemi i jego zmiany (Hansen, 1959; Prishchepov i inni, 2013), przy czym szczególnie duże zróżnicowanie dostępności można zaobserwować w terenach górskich (Jobe i White, 2009). Powyższe obserwacje przyczyniają się do tego, że badacze coraz częściej postrzegają dostępność i jej zmiany jako kluczowe zmienne determinujące strukturę i dynamikę krajobrazu górskiego (Müller i inni, 2009; Pazúr i inni, 2014). W szczególności dostępność rzutuje na rozmieszczenie i trwałość gruntów ornych w górach. Pola o gorszej dostępności (położone w większej odległości od miejscowości, wysoko w górach lub na stromym stoku) porzucane są znacznie częściej niż te położone w pobliżu miejscowości (Fatyga i inni, 2007; Müller i inni, 2009; Pazúr i inni, 2014).

W tym kontekście interesujące wydają się rozpoznanie już nie tylko samego znaczenia dostępności w kształtowaniu krajobrazu gór, ale także zróżnicowania potencjalnej dostępności (nie mylić z dostępnością potencjałową) obszarów górskich do wykorzystania rolniczego oraz jej relacji z rzeczywistym zasięgiem pól. Idealnym poligonem do tego rodzaju badań wydaje się być wschodnia część polskich Beskidów (pasma Bieszczadów, Gór Sanocko-Turczańskich i Beskidu Niskiego), gdzie w ciągu ostatnich 70 lat zarówno dostępność przestrzeni jak i struktura krajobrazu ulegały znacznym przekształceniom.

Do lat 40. XX w. obszar Beskidów Wschodnich był intensywnie użytkowany rolniczo (Twardy, 2008; Jaguś i Skrzypiec, 2017). Bieszczady, Beskid Niski i Góry Sanocko-Turczańskie były gęsto zaludnione przez Rusinów (w tym Łemków i Bojków), którzy wykorzystywali każdy najmniejszy fragment ziemi pod uprawę (Bucała i Starkel, 2013; Wolski, 2016). Bezpośrednio po II wojnie światowej na skutek wysiedlenia ludności ukraińskiej języcznej miały miejsce duże zmiany w użytkowaniu ziemi, co doprowadziło do odłogowania i zarastania pól ornych. Transformacja ustrojowa i gospodarcza po 1989 r. spowodowała kolejny spadek powierzchni gruntów ornych (Bucała i Starkel, 2012; Bucała i Starkel, 2013; Affek 2016). Aby przeciwdziałać tym zmianom, w latach 2004–2006 wprowadzono program mający na celu wspieranie rolnictwa na obszarach o niekorzystnych warunkach gospodarowania (ONW), w tym na obszarach górskich (Twardy, 2008). Polega on na dofinansowaniu rolnictwa na wyznaczonych obszarach, o gorszych warunkach glebowych, klimatycznych i ekonomicznych. Rolnik biorący udział w programie zobowiązuje się do przestrzegania dobrych praktyk rolnictwa oraz wyłączenia z użytkowania szkodliwych dla środowiska substancji przez conajmniej 5 lat (Twardy, 2008). Kolejnym impulsem były unijne dopłaty bezpośrednie do hektara i programy rolnośrodowiskowe, które dodatkowo mobilizowały rolników do prowadzenia działalności rolniczej (Musiał i inni, 2010). Czynniki te z pewnością miały wpływ na decyzje dotyczące użytkowania ziemi, natomiast pytaniem otwartym jest w jakim stopniu w poszczególnych regionach decyzje indywidualnych gospodarzy co do swoich gruntów były determinowane ich aktualną dostępnością.

Celem głównym niniejszej pracy jest określenie zróżnicowania potencjalnej dostępności wschodniej części polskich Beskidów (Bieszczadów, Gór Sanocko-Turczańskich i Beskidu Niskiego) do użytkowania rolniczego i jej relacji z aktualnym zasięgiem pól. W dalszej części pracy (a także w tytule) na określenie potencjalnej dostępności przestrzeni do użytkowania rolniczego stosowany będzie bardziej zwięzły termin: dostępność rolnicza. Autorzy stawiają hipotezę, że trzy analizowane regiony górskie istotnie różnią się między sobą pod względem dostępności rolniczej, a także przypuszczają, że rozkłady dostępności rolniczej współczesnych pól są odmienne dla każdego regionu.

Materiały i metody

Teren badań

Obszar badań obejmuje trzy karpackie pasma górskie stanowiące jednocześnie 3 mezoregiony fizycznogeograficzne: Bieszczady Zachodnie, Beskid Niski i Góry Sanocko-Turczańskie. Są to góry niskie i średnie o wysokościach sięgających maksymalnie 1346 m n.p.m., zlokalizowane w południowo-wschodniej Polsce. Granice mezoregionów przyjęto za zwyfikowaną i zmodyfikowaną przez J. Solona i innych (2018) regionalizacją fizycznogeograficzną J. Kondrackiego. Zgodnie z przyjętym podziałem Bieszczady Zachodnie i Góry Sanocko-Turczańskie należą do Beskidów Lesistych w obrębie Karpat Wschodnich, natomiast Beskid Niski stanowi część Beskidów Środkowych w obrębie Karpat Zachodnich (Solon i inni, 2018).

Analizowane pasma górskie zbudowane są z mało odpornych utworów fliszowych wieku kredowego i paleogeńskiego, które tworzą rozległe płaszczowiny. Ich rzeźba uwarunkowana jest zróżnicowaną odpornością skał budujących płaszczowiny i uformowana jest głównie przez procesy stokowe i korytowe (Klimaszewski, 1972). Klimat obszaru badań jest zróżnicowany ze względu na urozmaiconą rzeźbę i znaczne deniwelacje terenu. Średnie roczne temperatury powietrza w Beskidach wahają się od 4 °C na 1000 m n.p.m. do 8°C na wysokości 200 m n.p.m. Zaznacza się tutaj charakterystyczna dla terenów górskich piętrowość klimatyczna. Poniżej 570 m n.p.m. wyróżnić można piętro umiarkowanie ciepłe, a powyżej – piętro umiarkowanie chłodne. Okres wegetacyjny trwa od 121 dni na wierzchołkach do 166 w dolnych partiach gór (Hess i inni, 1977). W Bieszczadach Zachodnich wyróżnia się trzy piętra roślinności. Najniższe piętro pogórza występuje do wysokości 500–550 m n.p.m., piętro regla dolnego do wysokości 1050–1150 m n.p.m., a piętro subalpejskie powyżej 1050–1150 m n.p.m. (Mirek i Wójcicki, 1995). W Beskidzie Niskim i w Górach Sanocko-Turczańskich występują tylko piętro pogórza i regla dolnego (Szafer i Zarzycki, 1972). W Beskidach na fliszu karpackim, na większości obszaru wykształciła się gleba brunatna o różnym stopniu wylugowania lub brunatna kwaśna, w zależności od lokalnych warunków. Na stromych stokach dominują gleby inicjalne, w zagłębieniach – glejowe, natomiast w dolinach rzek głównie mady i gleby torfowe (Ambroży i Wika, 1998; Wolski, 2016).

W obrębie omawianych mezoregionów dominującym typem użytkowania terenu jest las. Według danych z 2006 r. w Beskidzie Niskim lasy zajmowały 62,1% powierzchni regionu, w Górach Sanocko-Turczańskich 63,1%, a w Bieszczadach 77,2%. Z kolei grunty orne w Beskidzie Niskim stanowiły 24,1%, w Górach Sanocko-Turczańskich 20%, a w Bieszczadach tylko 7,9% (Ciołkosz i inni, 2011). W ostatnich latach, a w szczególności

po transformacji ustrojowej w 1989 r., obserwuje się znaczny wzrost lesistości i spadek udziału gruntów ornych w polskiej części Karpat. Na wysokości 300–600 m n.p.m. grunty orne w latach 1988–1991 stanowiły 68,6% wszystkich typów pokrycia terenu, a w latach 1999–2003 już jedynie 49,4%. Z kolei na wysokości 500–700 m n.p.m. w tym samym okresie odnotowano spadek ich udziału z 52,3% do 30,6% (Twardy, 2008).

Model dostępności

W niniejszej pracy przy szacowaniu dostępności rolniczej Beskidów skoncentrowano się jedynie na rozpoznaniu komponentu transportowego dostępności, czyli *de facto* na analizie oporu przestrzeni (*resistance, impedance*), odzwierciedlającego łatwość (względnie trudność) odbycia podróży między dwoma punktami w przestrzeni, w tym wypadku miejscem zamieszkania rolnika a dowolnym innym miejscem potencjalnie nadającym się pod uprawę. Tym samym pominięto tzw. komponent użytkowania przestrzeni związany z atrakcyjnością celu podróży (por. Rosik, 2012). Do modelowania dostępności przestrzennej przyjęto bowiem dla uproszczenia, że każdy płat ziemi w Beskidach jest sam w sobie tak samo atrakcyjny dla rolnika, czyli charakteryzuje się taką samą jakością gleby i łatwością jej uprawy. Pominięto także atrakcyjność lokalizacji wynikającą z sytuacji własnościowej gruntów. Nie różnicowano także dostępności ze względu na cel podróży, gdyż rozpatrywano tylko jeden cel – uprawę ziemi.

Generalnie, łatwość odbycia dowolnej podróży jest zdeterminowana charakterem i jakością usług transportowych dostarczanych przez system transportowy (Handy i Niemeier, 1997). W analizie dostępności rolniczej Beskidów przyjęto, że rolnik korzysta z własnego transportu, który jednocześnie wykorzystuje do uprawy ziemi. Do możliwych środków transportu zaliczono więc ciągnik rolniczy i zaprzęg konny.

W modelach dostępności do opisanego trudności pokonania dystansu między źródłem i celem podróży wykorzystuje się m.in. funkcję odległości (m), funkcję czasu (minuty) lub funkcję nakładu finansowego (PLN) (Rosik, 2012). W niniejszej pracy wykorzystano funkcję tzw. uogólnionego kosztu podróży (*generalised cost function*; Geurs i Ritsema van Eck, 2001), która uwzględnia zarówno czas, koszt jak i wysiłek związany z podróżą. Koszt uogólniony nie został wyrażony w konkretnej walucie, ale jedynie jako umowna wartość liczbową, będąca pochodną umownej wartości oporu przypisanej każdej jednostce przestrzeni. Przyjęto, że cała przestrzeń Beskidów (poza stromymi skarpami, zbiornikami wodnymi i większymi rzekami) potencjalnie nadaje się do poruszania ww. środkami, jednak trudność (opór) pokonania jednostkowej odległości jest różna i zależna od pokrycia terenu i nachylenia.

W złożonych modelach transportowych rozpatruje się różne funkcje oporu przestrzeni, np. potęgową lub wykładniczą (Rosik, 2012). W niniejszej pracy do oszacowania dostępności rolniczej skorzystano z narzędzia *cost distance* dostępnego w oprogramowaniu ArcGIS, które oblicza zakumulowany minimalny koszt dotarcia do każdej jednostki przestrzeni z najbliższego źródła (*least cost path*) (<http://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/tools/spatial-analyst-toolbox/cost-distance.htm>). Narzędzie *cost distance* tworzy raster wyjściowy, gdzie każdej komórce przypisany jest zakumulowany koszt dotarcia do najbliższej komórki źródłowej. Algorytm wykorzystuje teorię grafów traktując każdy centroid komórki jako węzeł, a każde połączenie między sąsiadującymi komórkami jako krawędź. Każde połączenie ma wyliczony opór (koszt), który jest pochodną wartości oporów przypisanych

do sąsiadujących dwóch komórek. Z kolei koszt przypisany do każdej komórki reprezentuje koszt pokonania jednostki odległości (m) w danej komórce (przykładowo, całkowity koszt przejścia przez komórkę o boku 10 m i przypisanym jednostkowym koszcie 5 wynosi 50). Koszt (opór) skumulowany jest prostą sumą oporów przejścia poszczególnych krawędzi i w niniejszej pracy nie został dodatkowo transformowany jakąkolwiek matematyczną funkcją odległości, więc można uznać, że w badaniu przyjęto liniową funkcję oporu.

Materiały

Informację o pokryciu terenu pozyskano z bazy Corine Land Cover (CLC) przedstawiającej stan aktualny na 2012 r. (<http://clc.gios.gov.pl/index.php/clc-2012/o-clc2012>). Kartowanie CLC odbywało się według założeń o minimalnej jednostce wydzielenia równej 25 ha i minimalnej szerokości uwzględnionych elementów liniowych wynoszącej 100 m. Uzyskana w ten sposób szczegółowość rysunku odpowiada skali 1:100 000. Informację o drogach i ciekach pozyskano z wojskowej bazy danych geoprzestrzennych VMap Level 2 o dokładności odpowiadającej skali 1:50 000. Z kolei baza danych obiektów topograficznych BDOT10k o dokładności odpowiadającej skali 1:10 000 posłużyła do uzyskania informacji o lokalizacji budynków mieszkalnych.

Materiałem źródłowym dotyczącym ukształtowania terenu był cyfrowy model wysokościowy DTED poziomu 2 opracowany na potrzeby NATO przez Wojskowy Ośrodek Geodezji i Teledetekcji w 2001 r. (układ odniesienia WGS_84, rozdzielczość ok. 30 m). Szczegółowe wektorowe granice regionów fizycznogeograficznych opracowane przez Solona i innych (2018) pobrano z Repozytorium Cyfrowego Instytutów Naukowych (<http://rcin.org.pl/dlibra/docmetadata?id=65113&from=publication>).

Metody

W celu obliczenia dostępności za pomocą funkcji *cost distance* w oprogramowaniu ArcGIS należało utworzyć dwie warstwy:

- warstwę rastrową zawierającą źródła podróży, od których będą obliczane zakumulowane koszty dostępu,
- warstwę rastrową z informacją o koszcie przebycia każdej poszczególnej komórki.

Przyjęto, że źródłami podróży mającymi na celu dotarcie do potencjalnych gruntów ornych i uprawę roli są budynki mieszkalne. Do opracowania warstwy ze źródłami podróży wykorzystano warstwę kompleks mieszkaniowy (KUMN) z bazy danych BDOT10k, która najlepiej spośród wszystkich dostępnych danych odwzorowuje rozmieszczenie budynków mieszkalnych na obszarze badań. Powierzchniową warstwę KUMN zamieniono na warstwę punktową za pomocą funkcji *feature to point*, a następnie przekształcono otrzymaną warstwę wektorową na rastrową o rozdzielczości 10 m za pomocą funkcji *rasterize*.

W celu utworzenia warstwy z wartościami oporu uwzględniono następujące założenia:

- opór jednostki przestrzeni (komórki rastra równej 10 m) ma odzwierciedlać trudność przebycia odległości 10 m przez rolnika, który jedzie ciągnikiem/wozem konnym z gospodarstwa na pole orne,
- opór jednostki przestrzeni jest uzależniony od typu pokrycia terenu i nachylenia powierzchni,
- wartości oporu nadawane są w skali od 1 do 100.

Trudność przebycia drogi utwardzonej jest mała i ze względu na łatwość poruszania się po niej, opór został określony wartością 1. Drogi polne z kolei są nietrwałe i zależne od bieżącego użytkowania, często także dostęp do nich jest ograniczony (drogi niepubliczne), dlatego też nie wzięto ich pod uwagę w analizie. Zgodnie z prawem właściciela gruntu powinien mieć możliwość dojazdu do swojej działki obojętnie od jej położenia, w związku z tym przyjmujemy, że rolnik może utworzyć drogę do swojego pola i obecne dane dotyczące dróg gruntowych mogą ulec zmianie w krótkim czasie. Z tego też powodu uwzględniamy w modelu potencjalnej dostępności rolniczej możliwość przejazdu przez pole orne, łąkę czy las. Przemieszczając się przez różne typy pokrycia terenu trudność wzrasta wraz z rodzajem i zwarcim roślinności. Pola orne, pastwiska i łąki są utrudnieniem dla przemieszczającego się rolnika. Rolnik chcący dojechać na swoje pole przez łąkę lub pastwisko musiałby uzyskać zgodę właściciela. W przypadku bliskich odległości prawdopodobnie wolałby objechać łąkę lub pole drogą dookoła. Pozostaje więc pytanie przy jakich odległościach objechanie łąki już się nie opłaca i rolnik wybierze przejazd bez drogi lub utworzenie nowej drogi. Autorzy szacują, że koszt przebycia 10 m po łące będzie 20-krotnie większy niż drogą utwardzoną, w związku z tym polom, łąkom i pastwiskom nadano wartość oporu równą 20. Zakrzewienia stanowią większą barierę dla rolnika, natomiast jest to taki typ pokrycia terenu, który najprawdopodobniej w przeszłości był łąką lub polem i utworzenie tam przejazdu wiąże się z wykarczowaniem odpowiedniego pasa terenu, dlatego też przyjęto, że opór zakrzewień wynosi 30. Las jest znacznie większą przeszkodą, często ze względu na przynależność terenu do Lasów Państwowych i zakaz wjazdu. Przeprowadzona wizja terenowa wykazała jednak, że w lasach istnieje wielu śladów po starych drogach dojazdowych do pól ornych, które są zarośnięte tylko ze względu na brak użytkowania. Jest to więc argument za tym, że istnieje potencjalna możliwość przejazdu przez las do pól ornych. Wartość oporu dla lasów oszacowano na 50. Jeszcze większą barierę niż las (na jednostkę przestrzeni) stanowią ciekі wodne. Wąskie strumienie stanowią utrudnienie, lecz są możliwe do przekroczenia przez rolnika jadącego ciągnikiem na pole. Im strumień jest większy, tym ciężiej przez niego przejechać. Ciekom więc nadano wartości oporu w zależności od ich szerokości: 60 dla cieków o szerokości do 3 m, 80 dla szerokości pomiędzy 3 a 5 m i 100 dla rzek szerszych niż 5 m. Największe rzeki oznaczone warstwą powierzchniową oraz zbiorniki wodne uznano za barierę nieprzekraczalną dla rolnika, dlatego też nadano im wartość 9999. W miejscach, gdzie istniały brody lub mosty, wartości z warstwy dróg nadpisano na wartości z warstwy cieków tak aby nie stanowiły bariery.

Kolejnym krokiem potrzebnym do utworzenia warstwy rastrowej zawierającej wartości oporu było wygenerowanie mapy spadków z cyfrowego modelu wysokościowego za pomocą funkcji *slope*. Następnie należało przyjąć odpowiednie wartości oporu dla wartości spadków. Bez wątpienia trudność w przemieszczaniu się po terenie rośnie wraz ze wzrostem nachylenia terenu. Aby przeklasyfikować wartości rastra ze stopni na wartość oporu wykorzystano funkcję *reclassify* gdzie podzielono wartości spadków na 9 klas. Najmniejszym spadkom (0° – 1°) przypisano wartość 1, z kolei spadki z przedziału 30° – 40° otrzymały wartość 100, natomiast takie, które stanowią nieprzekraczalną barierę dla rolnika (powyżej 40°) otrzymały wartość 9999. Poszczególne wartości oporu dla wartości spadków oraz typów pokrycia terenu przedstawiono w tabeli 1.

Przy obliczeniu wartości spadków należało też uwzględnić, że przypisanie wartości nachylenia ze stromych stoków do dróg trawersujących je byłoby błędem. W związku z tym nachylenie dróg liczono wzdłuż ich osi i otrzymane wartości nadpisano na wartości spad-

Tabela 1. Wartości oporu jednostki odległości (10 m) przyjęte w analizie *cost distance*
Resistance values of the (10 m) unit of distance adopted in the cost-distance analysis

Pokrycie terenu <i>Land cover</i>	Wartość oporu/ <i>Resistance value</i>	Wartość nachylenia terenu w stopniach <i>Slope value in degrees</i>	Wartość oporu <i>Resistance value</i>
droga utwardzona	1	< 1	1
pola, łąki, pastwiska	20	1 – 5	2
zakrzewienia	30	5 – 10	5
las	50	10 – 15	15
cieki o szerokości < 3 m	60	15 – 20	25
cieki o szerokości 3–5 m	80	20 – 25	40
cieki o szerokości > 5 m	100	25 – 30	60
duże rzeki (szer. > 50 m)	9999	30 – 40	100
zbiorniki wodne	9999	> 40	9999

Opracowanie własne/*Authors' own elaboration.*

ków w miejscach ich występowania. W tym celu przycięto warstwę cyfrowego modelu wysokościowego do warstwy dróg, a następnie za pomocą funkcji *slope* obliczono nachylenie wzdłużne dróg.

Po zamianie wszystkich warstw zawierających wartości oporu na rastry połączono je w jeden raster o zsumowanych wartościach oporu. Za pomocą algorytmu *Mosaic To New Raster* w *Data Management Tool* w programie ArcGIS połączono warstwę z pokryciem terenu z warstwą z ciekami tak aby wartości oporu cieków zostały nadpisane nad pokrycie terenu. Następnie na powstałą warstwę nadpisano warstwę dróg tak aby w momencie przecięcia drogi z ciekami nadpisana została warstwa drogi i w ten sposób uwzględnione zostały mosty i brody. Ostatnim krokiem było połączenie i zsumowanie powstałej warstwy z warstwą z przeklasyfikowanymi wartościami nachylenia. Następnie w oknie funkcji *cost distance* jako *source raster* wskazano warstwę z budynkami mieszkalnymi, a jako *cost raster*, opisaną wyżej warstwę z wartościami oporu.

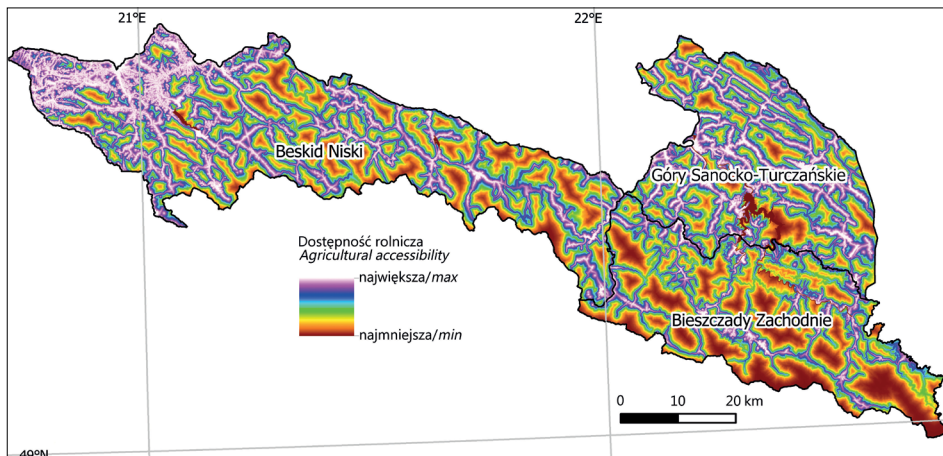
Otrzymany raster wynikowy przycięto do zasięgu trzech omawianych mezoregionów oraz oddzielnie do zasięgu pól ornych z Corine Land Cover. Aby porównać wartości dostępności dla poszczególnych mezoregionów oraz dla pól ornych w poszczególnych mezoregionach wygenerowano tabelę atrybutów dla każdej z warstw za pomocą funkcji *build raster attribute table* dostępnej w *data management tool* w programie ArcGIS. Następnie w oprogramowaniu statystycznym SPSS wykonano histogramy przedstawiające rozkłady wartości dostępności (kosztów dostępu) dla każdego mezoregionu. Aby porównać wartości dostępności na polach ornych i w obrębie całych mezoregionów obliczono 50 oraz 95 percentyl. Pięćdziesiąty percentyl (mediana) daje możliwość porównania ogólnych różnic w dostępności, natomiast 95 percentyl – wartości progowych, powyżej których występują tylko nieliczne marginalne przypadki skrajnie wysokich wartości skumulowanego oporu.

Wyniki

Teren badań charakteryzuje się zróżnicowaną dostępnością rolniczą (ryc. 1). Obszary o największej dostępności rolniczej zaznaczono kolorem białym i jasno różowym. Są one położone w pobliżu miejscowości oraz dróg, które znajdują się w dolinach rzek o łagodnych zboczach. Obszary położone z dala od miejscowości, na stromych grzbiętach charakteryzują się najmniejszą dostępnością i zaznaczono je kolorem brązowym. Można zauważyć, że najbardziej niedostępne grzbiety znajdują się w Bieszczadach Zachodnich i są to Połonyń Caryńska i Wetlińska, Gniazdo Tarnicy oraz Pasma Graniczne.

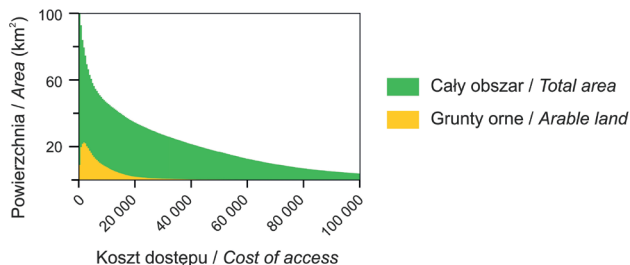
Rozkład wartości kosztów dostępu (dostępności rolniczej) jest silnie skośny. Na histogramie widać wyraźną różnicę pomiędzy dostępnością rolniczą aktualnie istniejących gruntów ornych, a dostępnością całego obszaru objętego analizą (ryc. 2).

Histogramy przedstawiające wartości kosztu dostępu w trzech mezoregionach znacznie się od siebie różnią (ryc. 3). Wartości dla Bieszczadów zdecydowanie odbiega-

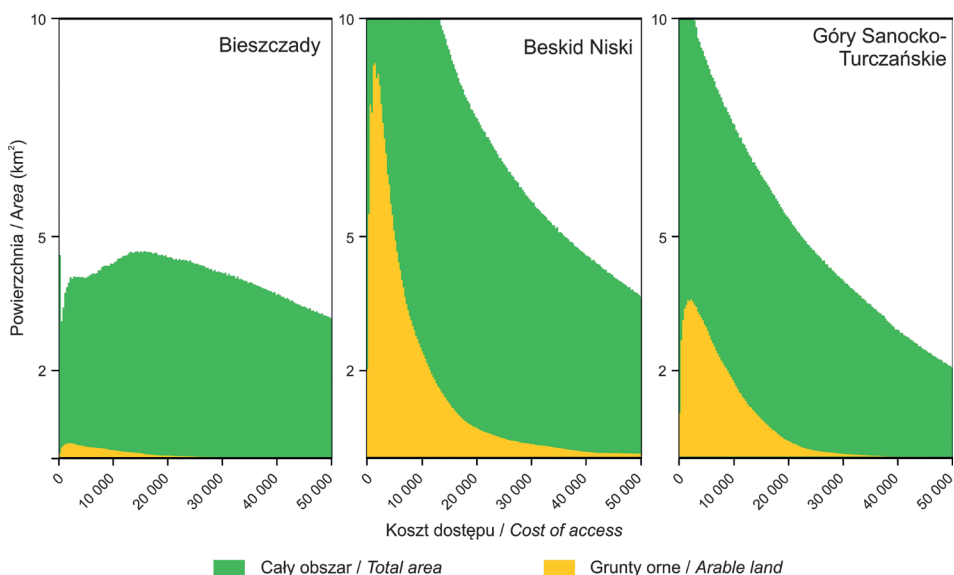


Ryc. 1. Dostępność rolnicza obszaru badań
Agricultural accessibility of the study area

Opracowanie własne, tak samo pozostałe ryciny/Authors' own elaboration, like remaining figures.



Ryc. 2. Histogram wartości kosztów dostępu dla całego badanego obszaru
Histogram of cost-distance values for the study area as a whole



Ryc. 3. Histogramy wartości kosztów dostępu dla poszczególnych mezoregionów
Histogram of cost-distance values for each mesoregion

ją od pozostałych mezoregionów. Obszar charakteryzujący się niskimi wartościami jest tu zdecydowanie mniejszy niż obszar z wysokimi wartościami. W Beskidzie Niskim i Górach Sanocko-Turczańskich sytuacja jest odwrotna. Niskie wartości zajmują zdecydowanie większą powierzchnię niż wysokie.

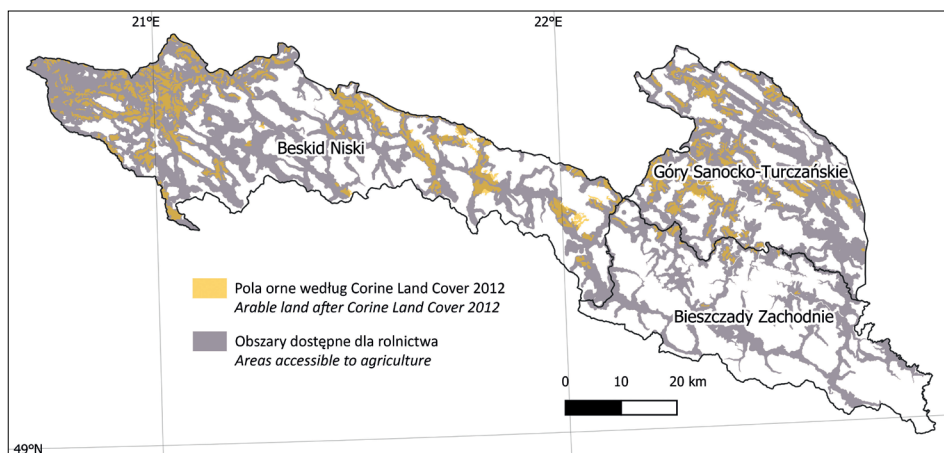
Pięćdziesiąty percentyl dla całego obszaru badań i dla poszczególnych mezoregionów odzwierciedla przeciętną wartość dostępności i umożliwia rozpoznanie ogólnych charakterystyk każdego z mezoregionów. Dziewięćdziesiąty piąty percentyl wskazuje wartości progowe dostępności. Szczególnie dużą różnicę widać porównując wartości charakterystyczne rozkładów dla pól ornych i dla całych regionów (tab. 2).

Tabela 2. Wartości charakterystyczne kosztów dostępu do pól ornych oraz do całych mezoregionów
Characteristic values for cost distance to arable fields and to whole mesoregions

		50 percentyl 50th percentile	95 percentyl 95th percentile
Obszar badań/ <i>Study area</i>	pola orne	5 677	25 516
	całość	24 440	106 451
Bieszczady Zachodnie/ <i>Bieszczady Mts.</i>	pola orne	6 498	19 463
	całość	43 586	144 717
Beskid Niski/ <i>Low Beskid Mts.</i>	pola orne	5 366	29 153
	całość	19 766	83 618
Góry Sanocko-Turczańskie/ <i>Sanok-Turka Mts.</i>	pola orne	6 200	19 865
	całość	19 798	85 244

Mediana potencjalnej dostępności rolniczej całego obszaru badań wynosi 24440, natomiast mediana dostępności pól ornych jest dużo mniejsza i wynosi 5677. Wartość progowa dostępności pól ornych na obszarze badań to 25516, natomiast 95 percentyl potencjalnej dostępności całego obszaru badań wynosi 106451. Mezo-region najbardziej niedostępny rolniczo to bez wątpienia Bieszczady Zachodnie, gdzie zarówno 50 jak i 95 percentyl osiągają znacznie większe wartości niż w pozostałych mezoregionach. Z kolei Beskid Niski to region najbardziej dostępny rolniczo. Sytuacja wygląda nieco inaczej gdy przeanalizujemy dostępności samych pól ornych. Mediana nadal jest najwyższa dla Bieszczadów, natomiast wartość progowa w Beskidzie Niskim jest zdecydowanie wyższa od pozostałych mezoregionów i wynosi 29153, podczas gdy w Bieszczadach 95 percentyl jest równy 19463, a w Górach Sanocko-Turczańskich 19865.

Wartość progowa dostępności pól ornych wyznaczona dla całego obszaru badań jest równa 25516. Przyjęto więc, że obszary gdzie wartość dostępności jest ≤ 25516 są potencjalnie dostępne dla rolnictwa. Tereny te zaznaczono na mapie kolorem szarym. Zlokalizowane są one głównie w dolinach i w pobliżu miejscowości (ryc. 4). Na rycinie widać, że obszarów dostępnych dla rolnictwa w Beskidach jest znacznie więcej niż rzeczywistych pól ornych, a zasięgi terenów dostępnych nie zawsze pokrywają się z zasięgami pól ornych.



Ryc. 4. Obszary dostępne dla rolnictwa i zasięgi rzeczywistych pól ornych
Areas accessible to agriculture and actually existing arable fields

Dyskusja

Wyliczona dostępność rolnicza Beskidów jest z oczywistych względów związana z zagospodarowaniem i ukształtowaniem terenu. W związku z tym, że miejscowości i drogi położone są głównie w dolinach, stanowią one (doliny) najbardziej dostępne dla rolnictwa formy terenu. Bardzo niskie wartości dostępności pól ornych w porównaniu do całego obszaru są potwierdzeniem tego, że współczesne rolnictwo jest opłacalne jedynie na obszarach łatwo dostępnych. Warto zwrócić uwagę na to, że wartości dostępności przedstawione w pracy mają charakter orientacyjny, gdyż wartości oporu nadawane były poprzez subiek-

tywną ocenę autorów. Niemniej jednak wydaje się, że dość dobrze oddają one rzeczywistą zmienność dostępności i jej przestrzenny rozkład w terenie badań, czego potwierdzeniem mogą być niskie wartości dostępności dla aktualnie użytkowanych pól ornych.

Najwyższe wartości kosztów dostępu notowane w Bieszczadach wynikają z występowania tam wysokich i stromych pasm górskich porośniętych w większości lasem, takich jak: Wysoki Dział, Pasma Graniczne, Pasma Połonin, Gniazdo Tarnicy. Jest to też mezoregion zdecydowanie mniej zaludniony w porównaniu z Beskidem Niskim i Górami Sanocko-Turczańskimi, co wiąże się z mniejszą liczbą budynków mieszkalnych (punktów źródłowych), od których obliczana była dostępność. Gęstość zaludnienia w Bieszczadach wynosi bowiem jedynie 10 osób/km², podczas gdy w Beskidzie Niskim przekracza 40 osób/km² (Soja, 2001, Soja, 2002). Najbardziej dostępny do wykorzystania rolniczego Beskid Niski charakteryzuje się znacznie mniejszymi spadkami terenu i bardziej rozwiniętym osadnictwem. Gęsto zaludniona zachodnia część mezoregionu z dużą liczbą punktów źródłowych (budynków mieszkalnych) wpłynęła na obniżenie wartości charakterystycznych kosztów dostępu całego regionu. Uzyskana niższa dostępność rolnicza Gór Sanocko-Turczańskich w porównaniu z Beskidem Niskim może być częściowo spowodowana obecnością Zalewu Solińskiego w granicach Gór Sanocko-Turczańskich. Jest to duża powierzchnia stanowiąca barierę dla rolnictwa, gdzie wartości kosztów dostępu są bardzo wysokie i mogą wpływać na analizowane wartości dostępności. Charakterystyczny rusztowy układ pasm górskich w Górach Sanocko-Turczańskich, z licznymi przełomowymi odcinkami rzek, także przyczynia się do względnie niskiej dostępności rolniczej regionu.

Najwyższą medianę dostępności rolniczej pól ornych odnotowano dla Bieszczadów, co prawdopodobnie jest związane z występowaniem ogólnie najwyższych wartości kosztów dostępu w obrębie całego mezoregionu. W Górach Sanocko-Turczańskich pola orne położone są głównie na rozległych i niskich grzbietach, gdzie koszty dostępu są większe niż w dolinach. Takie umiejscowienie pól ornych ma miejsce w okolicach Średniej Wsi, Hoczwi, Łukowego, Tyrawy Wołoskiej i Leska. W Beskidzie Niskim, gdzie mediana dostępności pól ornych jest najniższa, większość pól ciągnie się wzdłuż rozległych dolin, dróg i miejscowości. Porównanie regionów wygląda nieco inaczej gdy przyjrzymy się wartościom dostępności dla 95 percentyla pól ornych. Zauważamy tutaj odwrotną tendencję niż w przypadku mediany – największą wartość odnotowano dla Beskidu Niskiego, najmniejszą zaś dla Bieszczadów. Skrajnie wysokie wartości kosztów dostępu w Beskidzie Niskim, których brak w Bieszczadach, istotnie rzutujące na wartość 95 percentyla, mogą być związane z tym, że region ten jest gęściej zaludniony. Ponadto więcej ludzi utrzymuje się tam z rolnictwa, podczas gdy Bieszczady i południowa część Gór Sanocko-Turczańskich to rejony turystyczne z dużym procentem osób zatrudnionych w usługach. Stosunek liczby osób zatrudnionych w rolnictwie do zatrudnionych w usługach w powiatach bieszczadzkich (bieszczadzkim, sanockim i leskim), wynosi bowiem 0,5, natomiast w Beskidzie Niskim (w powiatach gorlickim, jasielskim i krośnieńskim) jest równy 1,13 (Główny Urząd Statystyczny, 2016). W związku z większym zagęszczeniem ludności w Beskidzie Niskim (Soja, 2001) może się zwiększać zapotrzebowanie na grunty orne również w dalszych odległościach od miejscowości. Bieszczady w dużej części objęte są parkiem narodowym co dodatkowo ogranicza rolnictwo i osadnictwo. Bardzo mała gęstość zaludnienia w bieszczadzkich gminach (Soja, 2002) może powodować, że nie ma potrzeby uprawiania pól bardzo oddalonych od miejscowości.

Z przeprowadzonej analizy wynika, że na terenie badań jest wiele obszarów potencjalnie dostępnych rolniczo, a nie zajętych obecnie przez pola orne. Obszary zaznaczone na mapie jako potencjalnie dostępne dla rolnictwa rozciągają się wąskimi pasami wzdłuż dróg i mają małe powierzchnie co powoduje, że niemożliwa staje się tam uprawa wielkoobszarowa, która jest bardziej opłacalna w porównaniu z tą prowadzoną na małych polkach. Może to być jedną z przyczyn tego, że obszary potencjalnie dostępne rolniczo nie są tutaj rolniczo wykorzystywane. Ponadto ludność, która zajmowała się rolnictwem, w większości wysiedlono z terenu badań w latach 40. XX w., co zapoczątkowało zarastanie gruntów ornych na szeroką skalę, czego skutki można obserwować do dzisiaj (Wolski, 2016). Należy również pamiętać, że autorzy do określenia dostępności rolniczej nie brali pod uwagę atrakcyjności rolniczej gruntów (np. jakości gleb czy warunków klimatycznych), która naturalnie także rzutuje na decyzje gospodarzy dotyczące prowadzenia na danym skrawku ziemi działalności rolniczej.

Badania dotyczące dostępności rolniczej obszarów górskich zapoczątkowali w Polsce Fatyga i inni (2007), natomiast była to analiza przeprowadzona na obszarze Sudetów, które różnią się znacznie od Beskidów. Należy także zauważyć, że autorzy Ci uwzględnili jedynie rzeczywistą dostępność gruntów ornych i uznali las jako nieprzekraczalną barierę, a koszt dojazdu wyrazili w formie czasu potrzebnego na dotarcie do danego pola. W niniejszej pracy natomiast przedstawiono potencjalną dostępność rolniczą całej przestrzeni wschodniej części polskich Beskidów, z uwzględnieniem zróżnicowanych uogólnionych kosztów poruszania się po różnych typach pokrycia terenu i różnym nachyleniu terenu. Niemniej, wspomniani autorzy wskazali istotne zastosowania modelowania dostępności przestrzeni dla rolnictwa. Zwrócili bowiem słusznie uwagę, że pozwala ono m.in. na przewidywanie trwałości gruntów ornych (Fatyga i inni, 2007). Porównując wyznaczony obszar potencjalnie dostępny dla rolnictwa z obecnie istniejącymi polami ornymi można przypuszczać, że pola orne położone poza tym obszarem zanikną w przyszłości ze względu na utrudnioną dostępność.

Podsumowanie

Dostępność rolnicza Beskidów, obliczona na podstawie wartości oporu nadanego każdej jednostce przestrzeni w zależności od pokrycia terenu i nachylenia, wiarygodnie odzwierciedla zróżnicowanie dostępności obszaru badań. Najtrudniej dostępne okazały się strome grzbiety porośnięte lasem, a najłatwiej rozległe doliny o płaskich zboczach. Badania pokazały również duże zróżnicowanie pomiędzy mezoregionami. Najtrudniej dostępnym regionem, zarówno w przypadku analizy całego obszaru jak i samych pól ornych, okazały się Bieszczady Zachodnie, natomiast najłatwiej – Beskid Niski. Zestawienie obszarów potencjalnie dostępnych rolniczo z zasięgiem aktualnie istniejących pól ornych i uzyskana wysoka zgodność potwierdza wiarygodność analiz dostępności rolniczej Beskidów, a także pozwala stwierdzić, że dostępność ma duży wpływ na decyzję o użytkowaniu rolniczym ziemi. Najlepsza dostępność większości pól ornych występuje w Beskidzie Niskim. Jest to również region o największym zróżnicowaniu wartości kosztów dostępu, ze znacznym udziałem pól o bardzo niskiej dostępności, nie notowanej dla pól w pozostałych regionach.

Zróżnicowana i w wielu miejscach niska dostępność rolnicza Beskidów może w przyszłości prowadzić do dalszego zmniejszenia się arealu pól ornych. Pozostaje więc pytanie

czy obszary potencjalnie dostępne rolniczo są wystarczająco duże aby gospodarka rol-
na w ich obrębie była opłacalna. Zagadnienie dostępności obszarów górskich jest nie-
wątpliwie istotne nie tylko dla rolnictwa, ale także dla innych form działalności ludzkiej
(np. leśnictwo, turystyka) i często determinuje stopień ingerencji człowieka w środowi-
sko naturalne.

Piśmiennictwo

- Affek A., 2016, *Dynamika krajobrazu. Uwarunkowania i prawidłowości na przykładzie dorzecza Wia-
ru w Karpatach (XVIII-XXI wiek)*, Prace Geograficzne, 251, IGI PAN, Warszawa.
- Ambroży S., Wika S., 1998, *Kierunki sukcesji zbiorowisk roślinnych z olszą szarą *Alnus Incana* (L.)
Moench na gruntach porolnych w Bieszczadach Zachodnich*, Prace Instytutu Badawczego Le-
śnictwa, 885.
- Bucała A., Starkel L., 2012, *Wpływ gwałtownych i powolnych zmian użytkowania ziemi na przekształ-
cenia środowiska polskich Karpat*, Nierówności Społeczne a Wzrost Gospodarczy, 29, s. 111–117.
- Bucała A., Starkel L., 2013, *Postępująca recesja rolnictwa a zmiany w środowisku przyrodniczym
polskich Karpat*, Przegląd Geograficzny, 85, 1, s. 15–29.
- Ciołkosz A., Guzik C., Luc M., Trzepacz P., 2011, *Zmiany użytkowania ziemi w Karpatach Polskich
w okresie 1988–2006*, Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej UJ, Kraków.
- Fatyga J., Górecki A., Żyszkowski E., 2007, *Metoda określania dostępności użytków rolnych w te-
renach górskich na przykładzie powiatu Kłodzkiego*, Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie, 7, 1,
s. 17–32.
- Geurs K.T., Ritsema van Eck J.R., 2001, *Accessibility measures: review and applications*. RIVM report
408505 006, National Institute of Public Health and the Environment, Bilthoven.
- Gietl R., Doneus M., Fera M., 2007, *Cost Distance Analysis in an Alpine Environment : Comparison
of Different Cost Surface Modules* [w:] A. Posluschny, K. Lambers, I. Herzog (red.), *Layers of Per-
ception. Proceedings of the 35th International Conference on Computer Applications and Quan-
titative Methods in Archaeology (CAA), Berlin, Germany, April 2–6, 2007 (Kolloquien zur Vor- und
Frühgeschichte*, Vol. 10). Dr. Rudolf Habelt GmbH, Bonn, s. 336–341.
- Główny Urząd Statystyczny, 2016, *Pracujący wg sektorów ekonomicznych i płci w powiatach (PKD
2004), Dane archiwalne, Rynek pracy*, [w:] Bank Danych Lokalnych, [https://bdl.stat.gov.pl/BDL/
dane/podgrup/tablica](https://bdl.stat.gov.pl/BDL/dane/podgrup/tablica) (dostęp: 06.2019).
- Guzik R., 2014, *Transport publiczny i dostępność przestrzenna a zrównoważony rozwój obszarów
wiejskich*, Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej UJ, Kraków.
- Handy S.L., Niemeier D.A., 1997, *Measuring accessibility: an exploration of issues and alternatives*,
Environment and Planning A, 29, s. 1175–1194.
- Hansen W.G., 1959, *How Accessibility Shapes Land Use*, Journal of the American Institute of Plan-
ners, 25, 2, s. 73–76.
- Hess M., Niedźwiedz T., Obrębska-Starkłowa B., 1977, *Stosunki termiczne Beskidu Niskiego (metoda
charakterystyki reżimu termicznego gór)*, Prace Geograficzne IGI PAN, 123, Zakład Narodowy
im. Ossolińskich – Wydawnictwo. Wrocław.
- Ingram D.R., 1971, *The concept of accessibility: a search for an operational form*, Regional Studies,
5, s. 101–107.
- Jaguś A., Skrzypiec M., 2017, *Glebowo-przestrzenne uwarunkowania działalności rolniczej na obsza-
rach beskidzkich*, Acta Sci. Pol. Formatio Circumiectus, 16, 2, s. 97–106.

- Jobe R.T., White P.S., 2009, *A new cost-distance model for human accessibility and an evaluation of accessibility bias in permanent vegetation plots in Great Smoky Mountains National Park, USA*, *Journal of Vegetation Science*, 20, 6, s. 1099–1109.
- Klimaszewski M. (red.), 1972, *Geomorfologia Polski: praca zbiorowa. T. 1, Polska Południowa – góry i wyżyny*, Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa.
- Koen E.L., Bowman J., Walpole A.A., 2012, *The effect of cost surface parameterization on landscape resistance estimates*, *Molecular Ecology Resources*, 12, 4, s. 686–696.
- Komornicki T., Śleszyński P., Rosik P., Pomianowski W., 2010, *Dostępność przestrzenna jako przesłanka kształtowania polskiej polityki transportowej*, *Biuletyn KPZK*, 241, Komitet Przestrzennego Zagospodarowania Kraju PAN, Warszawa.
- Mirek Z., Wójcicki J., 1995, *Szata roślinna Parków Narodowych i Rezerwatów Polski Południowej: przewodnik sesji terenowych 50 Zjazdu Polskiego Towarzystwa Botanicznego*, Instytut Botaniki PAN, Kraków.
- Müller D., Kuemmerle T., Rusu M., Griths P., 2009, *Lost in transition: determinants of post-socialist cropland abandonment in Romania*, *Journal of Land Use Science*, 4, 1–2, s. 109–129.
- Musiał W., Sroka W., Wojewodziec T., 2010, *Sytuacja ekonomiczna gospodarstw z terenów górskich i podgórskich*, *Ekonomiczne i społeczne uwarunkowania polskiej gospodarki żywnościowej po wstąpieniu do Unii Europejskiej*, 185, Warszawa.
- Pazúr R., Lieskovský J., Feranec J., Otaheľ J., 2014, *Spatial determinants of abandonment of large-scale arable lands and managed grasslands in Slovakia during the periods of post-socialist transition and European Union accession*, *Applied Geography*, 54, s. 118–128.
- Prishchepov A.V., Müller D., Dubinin M., Baumann M., Radeloff V.C., 2013, *Determinants of agricultural land abandonment in post-Soviet European Russia*, *Land Use Policy*, 30, s. 873–884.
- Richard Y., Armstrong D.P., 2010, *Cost distance modelling of landscape connectivity and gap-crossing ability using radio-tracking data*, *Journal of Applied Ecology*, 47, 3, s. 603–610.
- Rosik P., 2012, *Dostępność lądowa przestrzeni Polski w wymiarze europejskim*, *Prace Geograficzne* 233, IGiPZ PAN, Warszawa.
- Soja M., 2001, *Rozwój ludnościowy a zmiany użytkowania ziemi w Beskidzie Niskim w XIX i XX wieku*, *Problemy Ekologii Krajobrazu*, 10, s. 686–691.
- Soja R., 2002, *Hydrologiczne aspekty antropopresji w polskich Karpatach*, *Prace Geograficzne* 186, IGiPZ PAN, Warszawa.
- Solon J., Borzyszkowski J. i inni (24 autorów), 2018, *Physico-Geographical Mesoregions of Poland: Verification and Adjustment of Boundaries on the Basis of Contemporary Spatial Data*, *Geographia Polonica*, 91, 2, s. 143–170.
- Szafer W., Zarzycki K., 1972, *Szata roślinna Polski: opracowanie zbiorowe. T. 2.*, Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa.
- Twardy S., 2008, *Karpackie użytki rolne jako obszary o niekorzystnych warunkach gospodarowania*, *Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie*, 8, 2b, s. 191–202.
- Wolski J. (red.), 2016, *Bojkowszczyzna Zachodnia – wczoraj, dziś i jutro*. Monografie 17, 2, IGiPZ PAN, Warszawa.

Summary

Spatial accessibility is usually understood in relation to the possibility of a specific location being reached from another location (Guzik, 2014). It is one of the main factors affecting land use and land-use changes (Hansen, 1959; Prishchepov et al., 2013) in relation to which the greatest variation is to be observed in mountainous areas (Jobe & White, 2009).

The aim of the study detailed here was thus to identify variation in the spatial accessibility of mountainous areas in terms of their being used in agriculture. The problem of agricultural accessibility is here exemplified by three mesoregions of the Polish Carpathians, i.e. the Bieszczady Mts., Low Beskid Mts. and Sanok-Turka Mts. These are all areas in which spatial accessibility and landscape structure have changed markedly over the last 70 years. Cost of access in these areas was calculated by assigning resistance values to each distance unit, in relation to land-cover type and slope. To generate an output raster, use was made of a *cost-distance* algorithm implemented in ArcGIS.

The research described here gave rise to a figure presenting the agricultural accessibility of the study area. Very varied accessibility was demonstrated, both in the research area as a whole and between mesoregions. Results obtained were compared with values for currently used arable fields. Areas accessible to agriculture were also identified, and compared with the distribution of arable fields actually in existence.