

## Załącznik 2a. Autoreferat

**1. Imię i nazwisko:** Anna Dmowska

**2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe lub artystyczne – z podaniem podmiotu nadającego stopień, roku ich uzyskania oraz tytułu rozprawy doktorskiej.**

- 2012 – Dyplom ukończenia 3-semesteralnych studiów podyplomowych w zakresie Monitoringu Środowiska Przyrodniczego wraz z uzyskaniem Certyfikatu uzyskania kompetencji specjalisty w zakresie Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego. Wydział Nauk Geograficznych i Geologicznych, Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu.
- 2012 – Doktor nauk o Ziemi w zakresie geografii, Wydział Nauk Geograficznych i Geologicznych, Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu.  
Tytuł rozprawy doktorskiej: *Uwarunkowania przestrzennej i czasowej zmienności właściwości fizykochemicznych wód powierzchniowych zlewni górnej Parsęty.*  
Promotor w przewodzie doktorskim: prof. zw. dr hab. Andrzej Kostrzewski  
Recenzenci w przewodzie doktorskim: prof. UG dr hab. Elżbieta Bajkiewicz-Grabowska, prof. UAM dr hab. Alfred Stach
- 2007 – Magister Geografii, specjalność Geografia, Wydział Nauk Geograficznych i Geologicznych, Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu.  
Tytuł pracy magisterskiej: *Zróżnicowanie regionalnych charakterystyk morfometrycznych rzeźby w strefie Pojezierzy Południowobałtyckich i Wschodniobałtyckich.*  
Promotor: prof. zw. dr hab. Andrzej Kostrzewski

**3. Informacja o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych lub artystycznych.**

- od października 2012 – Adiunkt, Wydział Nauk Geograficznych i Geologicznych, Uniwersytet im. Adama Mickiewicza, Poznań
- lipiec 2013 – lipiec 2016 – post-doc, Space Informatics Lab, Department of Geography and GIS, University of Cincinnati, OH, USA
- lipiec 2018 – lipiec 2020 – post-doc, Space Informatics Lab, Department of Geography and GIS, University of Cincinnati, OH, USA

#### 4. Omówienie osiągnięć, o których mowa w art. 219 ust. 1 pkt. 2 Ustawy.

**Tytuł osiągnięcia naukowego:**  
**Wykorzystanie metod analizy krajobrazowej do  
przestrzenno-czasowego modelowania zmian rasowo-etnicznej  
struktury ludności**

Na osiągnięcie naukowe składa się cykl czterech powiązanych tematycznie prac naukowych. Trzy z uwzględnionych artykułów zostały opublikowane w czasopismach znajdujących się w *Journal Citation Report (JCR)* oraz jeden w czasopiśmie nieposiadającym współczynnika wpływu *Impact Factor (IF)*. Jestem pierwszym autorem wszystkich czterech publikacji oraz jedynym w jednej z nich. Mój wkład w poszczególne publikacje został przedstawiony w Załączniku 5a i potwierdzony oświadczeniami współautorów (Załącznik 6).

1. Dmowska, A., & Stepinski, T. F. (2017). A high resolution population grid for the conterminous United States: The 2010 edition. *Computers, Environment and Urban Systems*, 61, 13-23.  
*IF: 3,724, MNiSW: 35, WoS: 14, Scopus: 17, Google Scholar: 25*
2. Dmowska, A. (2019). Dasymetric modelling of population distribution – large data approach. *Quaestiones Geographicae*, 38(1), 15-27.  
*IF: brak, MNiSW: 20, WoS: 1, Scopus: 1, Google Scholar: 1*
3. Dmowska, A., Stepinski, T. F., & Netzel, P. (2017). Comprehensive framework for visualizing and analyzing spatio-temporal dynamics of racial diversity in the entire United States. *PLoS One*, 12(3), e0174993.  
*IF: 2,766, MNiSW: 40, WoS: 10, Scopus: 11, Google Scholar: 15*
4. Dmowska, A., Stepinski, T. F., & Nowosad, J. (2020). Racial Landscapes – a pattern-based, zoneless method for analysis and visualization of racial topography. *Applied Geography*, 122, 102239.  
*IF: 3,508, MNiSW: 100, WoS: 1, Scopus: 1, Google Scholar: 1*

## Komentarz autorski do cyklu publikacji

### Motywacja

Celem moich badań, przedstawionych w powyższych publikacjach, było wypracowanie geoinformacyjnej metodyki do przestrzenno-czasowej analizy i wizualizacji danych posiadających złożoną i zróżnicowaną strukturę przestrzenną, które jednak nie były do tej pory analizowane metodami geoinformacyjnymi. Przykładem takich danych są dane zbierane w ramach Narodowych Spisów Ludności, np. dane dotyczące rasowo-etnicznej struktury ludności. Dane takie są zbierane od każdej osoby zamieszkującej w gospodarstwie domowym, a następnie są agregowane do obszarów spisowych o różnej wielkości w celu zapewnienia ochrony prywatności danych osobowych (Langford, 2013; Bakillah, 2014). Dane takie są powszechnie udostępniane w formie tabelarycznej – reprezentującej identyfikator obszaru spisowego oraz powiązany z nim zestaw danych spisowych. Format ten nie przechowuje informacji o relacjach przestrzennych pomiędzy poszczególnymi jednostkami spisowymi. Format udostępniania takich danych doprowadził do rozwoju oraz upowszechnienia metod analizy nie uwzględniających aspektu przestrzennego (Wong, 2016).

W swoich pracach zaproponowałam zastosowanie podejścia geograficznego do analizy tego typu danych; podejście to łączy w sobie dwa elementy analizy – podejście ilościowe oraz wizualizację. W zaproponowanym podejściu analiza i wizualizacja są ze sobą ściśle powiązane poprzez stosowanie tych samych danych – danych o wysokiej rozdzielczości przestrzennej reprezentowanych przez rastrowy model danych.

W ramach publikacji składających się na osiągnięcie naukowe, opracowałam **geoinformacyjny schemat analizy i wizualizacji przestrzenno-czasowych zmian rasowo-etnicznej struktury ludności<sup>1</sup>, opierający się o dane rastrowe o wysokiej rozdzielczości**. W proponowanym podejściu struktura rasowo-etniczna jest reprezentowana przez skategoryzowane dane rastrowe o wysokiej rozdzielczości. Jest to format danych, zbliżony do map pokrycia terenu/użytkowania ziemi stanowiących reprezentację krajobrazu w analizie krajobrazowej (McGarigal, 1995, Gustafson, 1998). Zaproponowałam zatem traktowanie struktury rasowo-etnicznej jako **przestrzennego układu enklaw rasowo-etnicznych o różnej wielkości i kształcie tworzących określoną mozaikę**.

Badania, przedstawione jako osiągnięcie naukowe, mają charakter nowatorski i interdyscyplinarny, łącząc w sobie zagadnienia z zakresu geografii, geoinformacji, geoprzetwarzania dużych zbiorów danych przestrzennych, analizy krajobrazowej, ale także demografii.

Osiągnięcie naukowe składa się z serii prac naukowych przedstawiających metodykę analizy i wizualizacji zmian rasowo-etnicznej struktury ludności w oparciu o dane rastrowe o wysokiej rozdzielczości. Integralną częścią publikacji jest materiał uzupełniający w postaci:

- serii 31 map rastrowych o wysokiej rozdzielczości, porównywalnych w czasie, a przedstawiających ogólną liczbę ludności oraz jej strukturę rasowo-etniczną

---

1 Przedstawiony cykl publikacji wykorzystuje dane zebrane w ramach Spisu Ludności USA, w związku z tym stosuję tutaj nomenklaturę dotyczącą podziału rasowego/etnicznego używaną przez Amerykańskie Biuro Spisu Ludności. Pojęcie struktury rasowo-etnicznej oraz termin rasa/grupa etniczna zostało szczegółowo wyjaśnione w załączniku 4a pt. „Terminologia stosowana w osiągnięciu naukowym”. W dalszej części pracy oraz w artykułach pojęcie klasyfikacji rasowej oraz klasyfikacji rasowo-etnicznej są stosowane zamiennie, pamiętając zawsze, że w tym kontekście przymiotnik „rasowa” odnosi się zawsze do podziału rasowo-etnicznego.

dla obszaru kontynentalnych Stanów Zjednoczonych w latach 1990, 2000, 2010. Dane te są dostępne do eksploracji za pomocą aplikacji mapowej SocScape (Dmowska i in., 2017) oraz są udostępnione do pobrania z witryny internetowej <http://socscape.edu.pl>

- kodu algorytmów zaimplementowanych w środowisku obliczeniowym R:
  - zestaw 9 skryptów, automatyzujących wykonanie modelowania dazymetrycznego (Dmowska, 2019), jest dostępny na stronie <http://socscape.edu.pl/index.php?id=software>
  - pakiet *raceland*, implementujący metodę analizy krajobrazu rasowego (Dmowska i in., 2020) jest dostępny na stronie <https://cran.r-project.org/web/packages/raceland/index.html>

## Metodyka

Cykl publikacji (Dmowska i Stepinski, 2017; Dmowska i in., 2017; Dmowska, 2019; Dmowska i in., 2020), przedstawionych jako osiągnięcie naukowe, jest pionierskim opracowaniem o charakterze metodycznym. W ramach publikacji składających się na osiągnięcie naukowe zaproponowałam ***geoinformacyjny schemat analizy i wizualizacji przestrzenno-czasowych zmian rasowo-etnicznej struktury ludności oparty o rastrowy model danych*** – format szeroko stosowany w wielu badaniach środowiskowych, który dotychczas nie był wykorzystywany do analizy danych zbieranych w ramach Spisów Ludności, a dotyczących różnych charakterystyk struktury ludności (rycina 1).

Schemat ten obejmuje:

1. Wykorzystanie modelowania dazymetrycznego do przekształcenia danych o strukturze rasowo-etnicznej ludności zbieranych w ramach Spisów Ludności do danych rastrowych o wysokiej rozdzielczości (Dmowska i Stepinski, 2017; Dmowska, 2019). Modelowanie dazymetryczne jest jedną z metod pozwalających na przekształcenie danych zagregowanych do danych rastrowych przy wykorzystaniu danych pomocniczych o wyższej rozdzielczości przestrzennej (Wright, 1936; Eicher i Brewer, 2001; Mennis, 2003; Bielecka, 2005; Petrov, 2012). Wynikowe dane będą miały rozdzielczość przestrzenną odziedziczoną z danych pomocniczych.
2. Przygotowanie reprezentacji rasowo-etnicznej struktury ludności w formie skategoryzowanych danych rastrowych o wysokiej rozdzielczości.
3. Wprowadzenie dwóch odrębnych podejść do przestrzenno-czasowej analizy rasowo-etnicznej struktury ludności reprezentowanej przez dane rastrowe o wysokiej rozdzielczości:
  - A. Metoda wykorzystująca metryki krajobrazowe (Dmowska i in., 2017).
  - B. Metoda wykorzystująca metryki wywodzące się z teorii informacji (entropię oraz informację wzajemną) obliczane na podstawie macierzy ekspozycji (Dmowska i in., 2020).

Struktura rasowo-etniczna ludności  
reprezentowana przez dane zagregowane do obszarów geograficznych

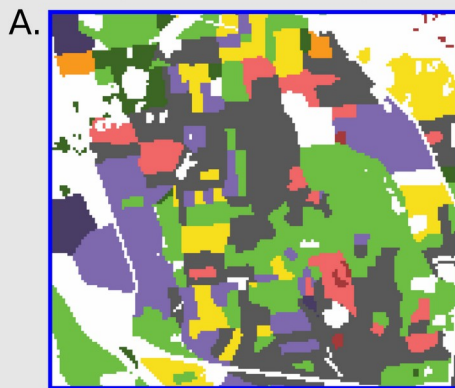
**Modelowanie dazymetryczne**

(Dmowska i Stepinski, 2017; Dmowska 2019)

Struktura rasowo-etniczna ludności  
reprezentowana przez dane rastrowe o wysokiej rozdzielczości

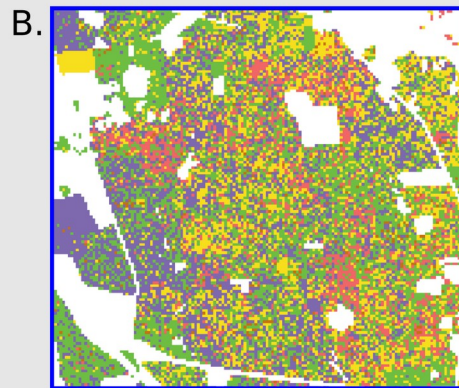
**Proponowana metodyka analizy**

(Dmowska i in., 2017)



Mapa zróżnicowania rasowo-etnicznego

(Dmowska i in., 2020)



Stochastyczna realizacja struktury rasowo-etnicznej

**Typy zróżnicowania struktury rasowo-etnicznej**

Typ mało zróżnicowany

Typ średnio zróżnicowany

WL	zdominowany przez białych	WM	zdominowany przez białych
BL	zdominowany przez czarnych	BM	zdominowany przez czarnych
AL	zdominowany przez Azjatów	AM	zdominowany przez Azjatów
IL	zdominowany przez Rdzennych Amerykanów	IM	zdominowany przez Rdzennych Amerykanów
OL	zdominowany przez pozostałych	OM	zdominowany przez pozostałych
HL	zdominowany przez Latynosów	HM	zdominowany przez Latynosów

HD typ o dużym zróżnicowaniu rasowo-etnicznym

**Struktura rasowo-etniczna**

W	Biali
B	Czarni
A	Azjaci
H	Latynosi
O	Pozostali

Kwantyfikacja za pomocą metryk krajobrazowych

Kwantyfikacja za pomocą entropii i informacji wzajemnej obliczanych na podstawie macierzy ekspozycji

Rycina 1. Schemat metodyki analizy oraz wizualizacji przestrzenno-czasowych zmian rasowo-etnicznej struktury ludności przedstawiony w cyklu publikacji składających się na osiągnięcie naukowe.

Rycina 1 przedstawia dwie przykładowe reprezentacje struktury rasowo-etnicznej ludności<sup>2</sup>:

- A. Struktura rasowo-etniczna reprezentowana jest przez mapę zróżnicowania rasowo-etnicznego – dane rastrowe o wysokiej rozdzielczości, w których każdej komórce przypisano jedną z 13 kategorii scharakteryzowanych przez poziom zróżnicowania rasowo-etnicznego (mały, średni, duży) i dominującą rasę/grupę etniczną. Każda kategoria charakteryzuje zatem typ zróżnicowania struktury rasowo-etnicznej określony poprzez proporcje osób różnych ras występujących w danym obszarze. Podejście to wykorzystuje metryki krajobrazowe do kwantyfikacji rasowo-etnicznej mozaiki. Metryki krajobrazowe biorą pod uwagę tylko powierzchnię pokrytą przez dany typ, nie uwzględniając liczby ludności zamieszkującej ten obszar. Podejście to zostało opublikowane w artykule Dmowska i in. (2017), będącym częścią osiągnięcia naukowego.
- B. Struktura rasowo-etniczna reprezentowana jest jako seria stochastycznych realizacji o wysokiej rozdzielczości, w których każda komórka ma przypisaną kategorię odpowiadającą jednej grupie rasowo-etnicznej, np. biali, Azjaci, czarni, Latynosi. Realizacje obliczane są na podstawie danych rastrowych zawierających rozkład prawdopodobieństwa występowania ras wykorzystując metodę Monte Carlo. W podejściu tym rasowo-etniczna mozaika jest określana ilościowo za pomocą macierzy ekspozycji, a następnie podsumowywany za pomocą entropii i informacji wzajemnej – dwóch metryk wywodzących się z teorii informacji. Dzięki zastosowaniu macierzy ekspozycji segregacja rasowa może być obliczana dla całego obszaru bez wprowadzania arbitralnych podziałów na mniejsze jednostki przestrzenne. Ponadto struktura rasowo-etniczna może być analizowana dla różnych skal przestrzennych.

Metoda ta wprowadza dwie kluczowe, nowatorskie koncepcje:

- reprezentację struktury rasowo-etnicznej jako serii stochastycznych realizacji o wysokiej rozdzielczości, w których każda komórka ma przypisaną kategorię odpowiadającą jednej grupie rasowo-etnicznej;
- macierz ekspozycji (ang. *exposure matrix*) stanowiącą modyfikację macierzy sąsiedztwa (ang. *co-occurrence matrix*), w której każde sąsiedztwo stanowi średnią lokalnych gęstości zaludnienia dwóch sąsiadujących komórek.

Podejście to zostało opublikowane w artykule Dmowska i in. (2020), będącym częścią osiągnięcia naukowego, a metoda została zaimplementowana w pakiecie *raceland* w R (<https://cran.r-project.org/web/packages/raceland/index.html> )

W przypadku obu reprezentacji rasowo-etnicznej struktury ludności możemy zaobserwować obszary cechujące się określonym typem struktury rasowo-etnicznej, a rozkład przestrzenny tych obszarów tworzyć będzie określoną mozaikę. Mapa zróżnicowania rasowo-etnicznego tworzyć będzie mozaikę złożoną z bardziej zgeneralizowanych obszarów, aniżeli raster złożony z komórek reprezentujących tylko jedną grupę rasowo-etniczną. W obu przypadkach otrzymujemy jednak informację o rozkładzie przestrzennym grup rasowo-etnicznych.

---

2 Szczegółowe objaśnienie metod znajduje się w dalszej części komentarza opisującej cel badań („CEL 3: Opracowanie metodyki analizy i wizualizacji przestrzenno-czasowych zmian rasowo-etnicznej struktury ludności w oparciu o model danych rastrowych”).

Zaproponowana metodyka została wypracowana na przykładzie danych zebranych w ramach Spisów Ludności Stanów Zjednoczonych przeprowadzonych w latach 1990, 2000 i 2010.

Dane dla Stanów Zjednoczonych są przykładem dużych zbiorów danych (dane dotyczące struktury rasowo-etnicznej ludności są udostępniane dla ~ 11 milionów bloków spisowych, a dane rastrowe wysokiej rozdzielczości mają rozmiar 104424x161190 komórek o rozdzielczości 30m, 8 651 157 015 komórek niepustych). Przetwarzanie takich danych wymaga geoinformacyjnej metodyki analizy danych pozwalającej na pełną automatyzację obliczeń. Zaproponowana przeze mnie metodyka została zaimplementowana w środowisku obliczeniowym R, które dostarcza rozwiązań do pracy z różnymi typami danych (dane przestrzenne i nieprzestrzenne) oraz pozwala na połączenie bezpośrednio z danymi przechowywanymi w bazie danych.

W dalszej części komentarza do osiągnięcia naukowego omówiłam aktualne podejścia stosowane do analizy rasowo-etnicznej struktury ludności oraz koncepcję analizy rasowo-etnicznej struktury ludności w ujęciu przestrzennym. Ponadto szczegółowo przedstawiłam cel badań składających się na osiągnięcie naukowe wraz ze szczegółowym opisem wypracowanej przeze mnie metodyki. W podsumowaniu zestawiałam najważniejsze osiągnięcia poszczególnych publikacji składających się na osiągnięcie naukowe.

Ze względu na interdyscyplinarny charakter projektu przedstawionego jako osiągnięcie naukowe, w pracach naukowych oraz w niniejszym referacie korzystałam z terminologii zaczerpniętej z wielu dziedzin. W załącznik 4a pt. „*Terminologia stosowana w osiągnięciu naukowym*” zestawiałam stosowane przeze mnie pojęcia wraz z wyjaśnieniem, jak są one rozumiane w kontekście prezentowanego osiągnięcia naukowego.

## **Aktualne podejścia do analizy rasowo-etnicznej struktury ludności – segregacja rasowa i zróżnicowanie rasowe**

W ujęciu historycznym, temat analizy rasowo-etnicznej struktury ludności wywodzi się ze Stanów Zjednoczonych (USA), gdzie był początkowo stosowany w kontekście segregacji mniejszości czarnej od białej większości (Massey i Denton, 1993; Farley i Frey, 1994; Massey i Hajnal, 1995). Później, po opublikowaniu danych ze Spisu Ludności USA z 2000 roku, zaczęto także analizować strukturę rasowo-etniczną w kontekście wielorasowym (Iceland i in., 2002; Fischer, 2003; Fischer i in., 2004; Farrell, 2008; Parisi i in., 2011; Lee i in., 2014). Obecnie tematyka ta ma także znaczenie dla miast europejskich, ponieważ ich społeczeństwa również stają się wielorasowe i posegregowane (Sturgis i in., 2014; Andersson i in., 2018).

Struktura rasowo-etniczna może być analizowana w ujęciu:

- **segregacji rasowej** (ang. *residential segregation*) definiowanej jako „*stopień, w jakim dwie lub więcej grup żyją oddzielnie od siebie, w różnych częściach miasta*” (Massey i Denton, 1988, str. 282). Jak wskazuje ta klasyczna definicja, segregacja rasowa to koncepcja przestrzenna, opisująca, w jaki sposób ludzie różnych ras/grup etnicznych są przestrzennie rozmieszczeni w analizowanym obszarze.
- **zróżnicowania rasowego** (ang. *racial diversity*) definiowanego jako „*względna [rasowo-etniczna] heterogeniczność populacji*” (White, 1986). Jako takie

zróźnicowanie rasowe jest pojęciem nieprzeźrzanym, opisującym poziom niejednorodności rasowo-etnicznej struktury ludności na rozpatrywanym obszarze.

Tradycyjnie segregacja rasowa oraz zróźnicowanie rasowe są określane ilościowo za pomocą wskaźników wyrażanych w postaci jednej liczby (ang. *single number indices*; White, 1986; Massey i Denton, 1988; Reardon i Firebaugh, 2002). Segregację rasową określa się przede wszystkim za pomocą wskaźnika niepodobieństwa  $D$  (ang. *index of dissimilarity*; Duncan i Duncan, 1955) lub wskaźnika teorii informacji  $H$  (ang. *the information theory index H*; Theil i Finizza, 1971; Theil, 1972). Obliczenie wskaźników segregacji ( $D$ ,  $H$ ) wymaga podzielenia miasta (lub dowolnego większego obszaru geograficznego) na mniejsze obszary geograficzne. W demografii obszary te nazywane są dzielnicami i są utożsamiane z obszarami spisowymi o określonym poziomie agregacji danych (dla USA są to najczęściej jednostki nazywane *census tract*). Wskaźniki segregacji rasowej ( $D$ ,  $H$ ) określają nierówność w rozmieszczeniu grup rasowo-etnicznych pomiędzy mniejszymi obszarami geograficznymi, na które podzielono miasto, a całym miastem. Obszary geograficzne (lub obszary spisowe; ang. *geographic areas*) to jednostki geograficzne wykorzystywane w Spisie Powszechnym Ludności USA w różnych zestawieniach danych. Wskaźniki segregacji rasowej są obliczane na podstawie danych tabelarycznych, które przedstawiają liczbę osób danej rasy/grupy etnicznej dla każdego obszaru spisowego w mieście.

Poziom zróźnicowania rasowego określa się natomiast za pomocą entropii (Shannon, 1948), w pracach z zakresu demografii oznaczonej symbolem  $E$ .

Wyniki takiej analizy podsumowane są w postaci jednej liczby, reprezentującej ogólny poziom segregacji (lub zróźnicowania) rasowego w danym mieście. Wyniki są również przedstawiane w formie tabelarycznej, zawierającej wartości wybranego wskaźnika dla zbioru miast w różnych latach.

Dane								Wyniki		
ID	BIALI	CZARNI	AZJACI	LATYNOSI	RDZENNI AMERYKANIE	POZOSTALI	POP			
40306	209	1450	130	2517	10	56	4372			
40307	919	1431	915	1073	6	84	4428			
40308	766	1374	278	1598	6	47	4069			
40407	668	524	323	384	4	37	1940			
40408	330	858	262	212	7	45	1714			
40414	354	644	85	480	1	28	1592			
40415	97	1376	44	899	8	42	2466			
40416	576	977	278	709	4	65	2609			
								<b>Obszar</b>	<b>E</b>	<b>H</b>
								Obszar 1	1,348	0,0655

Rycina 2. Struktura rasowo-etniczna wybranego obszaru o powierzchni 18,8 km<sup>2</sup>, zlokalizowanego w obszarze metropolitalnym Atlanta, GA, USA.<sup>3</sup>

Rycina 2 przedstawia przykładowy zestaw danych używanych do obliczenia wskaźników segregacji rasowej oraz zróźnicowania rasowego. Wybrany obszar w 2010 roku składał się z 8 obszarów spisowych (ang. *census tracts*) oraz 304 bloków spisowych

<sup>3</sup> Ten sam obszar został zilustrowany na pozostałych rycinach w tym dokumencie (z wyjątkiem ryciny 4).



(ang. *blocks*). Obszar zamieszkiwało 23 190 osób (biali – 3919, czarni – 8634, Azjaci – 2315, rdzenni Amerykanie – 46, Latynosi – 7872, pozostali (tj. osoby, które zadeklarowały przynależność do więcej niż jednej grupy rasowej) – 404). Tabela zamieszczona w lewym panelu na rycinie 2 przedstawia strukturę rasowo-etniczną w podziale na obszary spisowe (ang. *census tracts*). Wskaźnik teorii informacji  $H$  (miara segregacji) wyliczony na podstawie tych danych wynosi 0,0655, a entropia będąca miarą zróżnicowania rasowego 1,348 (entropia standaryzowana wynosi 0,692). Wskaźnik teorii informacji  $H$  przyjmuje wartości z zakresu 0 do 1; im wartość jest bliższa 1, tym obszar cechuje się większą segregacją. Wartość wskaźnika teorii informacji  $H$  uzależniona jest od przyjętego podziału na jednostki spisowe. Wskaźnik  $H$  obliczony dla tego samego obszaru na podstawie bloków spisowych (najmniejszych jednostek spisowych) wynosi 0,208.

Na podstawie uzyskanych wskaźników obliczonych w oparciu o dane przedstawione na rycinie 2 ( $H_{\text{Tract}} = 0,0655$ ,  $H_{\text{Block}} = 0,208$ ,  $E_{\text{std}} = 0,692$ ), możemy określić, że jest to obszar zróżnicowany rasowo, a struktura rasowo-etniczna poszczególnych obszarów spisowych jest zbliżona do struktury całego obszaru. Nie możemy jednak odpowiedzieć na pytania: *Jak przestrzennie rozkładają się poszczególne grupy rasowe?*<sup>4</sup> *Czy poszczególne grupy tworzą oddzielne enklawy, zdominowane przez daną grupę? Jak duże są te enklawy? Czy są one rozmieszczone równomiernie na całym obszarze, czy też zlokalizowane w jednej części?*

Obecnie stosowana metodyka analizy przestrzenno-czasowych zmian rasowo-etnicznej struktury ludności jest ściśle podyktowana formą danych (Wong, 2016). Przykład przedstawiony na rycinie 2 pokazuje, że „tabelaryczny model danych” dostarcza liczb, które można porównywać między miastami i latami, ale nie dostarcza żadnej informacji o rozkładzie przestrzennym struktury rasowo-etnicznej wewnątrz miasta (Farrell, 2008) – nie wiemy, gdzie znajdują się poszczególne obszary spisowe, znamy jedynie identyfikator obszaru i jego skład rasowo-etniczny. W związku z tym segregacja rasowa, będąca koncepcją przestrzenną, jest obecnie analizowana i prezentowana w sposób nieprzestrzenny.

## Segregacja rasowa w ujęciu przestrzennym – struktura rasowo-etniczna w ujęciu krajobrazu

Badania nad krajobrazem stanowią szeroko rozumiane pole badawcze. O wielokierunkowości badań nad krajobrazem świadczy m.in., brak jednej definicji krajobrazu (Myga-Piątek, 2001; Pietrzak, 2010; Richling, 2012; Kistowski, 2018). Termin krajobraz został wprowadzony do terminologii naukowej (a w szczególności geograficznej) w Niemczech, w XVIII w.; był on początkowo rozumiany jako „*jako widok postrzegany z określonego miejsca*” lub „*fragment powierzchni Ziemi o charakterystycznych cechach*”. Od tego czasu termin krajobraz stał się jednym z najpopularniejszych terminów w naukach geograficznych (Kistowski, 2018), który jest rozumiany na wiele sposobów. Myga-Piątek (2001) przytacza kilkadziesiąt definicji krajobrazu stosowanych w naukach geograficznych oraz dziedzinach pokrewnych.

W publikacjach składających się na osiągnięcie naukowe przyjęłam bardzo ogólną definicję krajobrazu. Krajobraz jest rozumiany przeze mnie jako „obszar terenu zawierający

4 Wartość wskaźnika  $H$  nie jest zależna od lokalizacji obszarów geograficznych, a jedynie od ich składu rasowo-etnicznego. Przy różnej konfiguracji przestrzennej obszarów geograficznych, na które podzielono miasto, otrzymamy te same wartości wskaźnika teorii informacji  $H$ .

mozaikę płątów lub elementów krajobrazu” (McGarigal, 1995). W publikacjach tych nawiązują do nurtu badań nad krajobrazem, w literaturze anglosaskiej określanego jako *"landscape pattern analysis"*, rozumianego jako analiza krajobrazowa. W podejściu tym krajobraz jest zwykle reprezentowany przez skategoryzowane dane rastrowe, np. mapę pokrycia terenu i użytkowania ziemi. Sąsiadujące komórki, należące do tej samej kategorii pokrycia terenu/użytkowania ziemi tworzą płąty, których przestrzenny rozkład tworzy określoną mozaikę krajobrazową (ang. *landscape pattern*). Mozaika krajobrazowa może być opisany poprzez kompozycję oraz konfigurację. Kompozycja krajobrazu odnosi się do obecności oraz liczby poszczególnych typów elementów krajobrazu (np. liczby klas pokrycia terenu/użytkowania ziemi oraz procenta zajętego przez daną klasę). Innymi słowy, kompozycja krajobrazu obejmuje różnorodność i bogactwo typów płątów w obrębie krajobrazu, ale nie obejmuje rozmieszczenia lub lokalizacji płątów w mozaice krajobrazowej. Układ przestrzenny poszczególnych elementów krajobrazu (lub płątów) określony jest przez konfigurację (McGarigal, 1995).

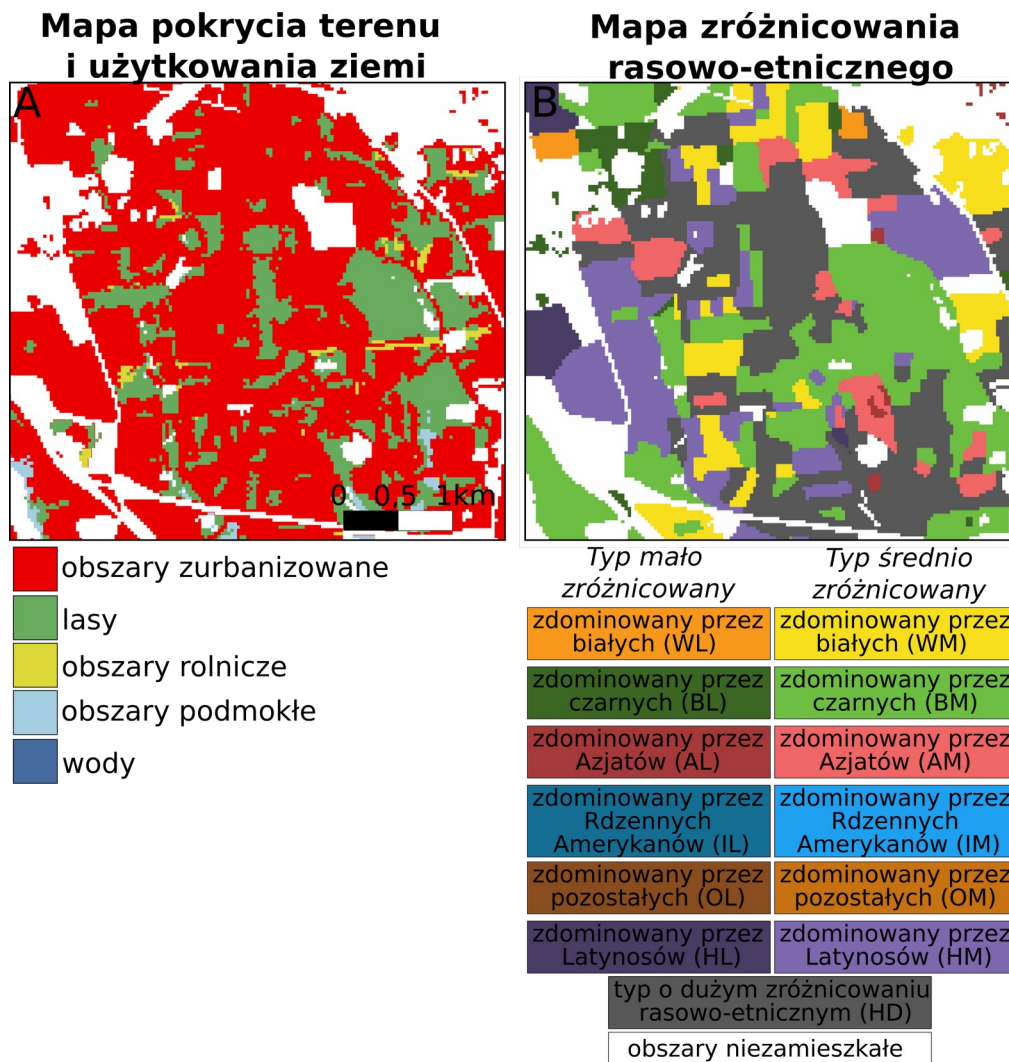
Istnieje obszerna literatura poświęcona metodom ilościowej analizy mozaiki krajobrazowej (Haines-Young i Chopping, 1996; Gustafson, 1998, 2019; Wu, 2013; Costanza i in., 2019). Zwykle mozaika krajobrazowa jest określana ilościowo za pomocą zestawu metryk krajobrazowych – wskaźników opisujących różne przestrzenne i nieprzestrzenne cechy (takie jak wielkość, kształt), a przede wszystkim kompozycję oraz konfigurację przestrzenną krajobrazu (McGarigal, 1995). Na przestrzeni lat wiele różnych metryk krajobrazowych zostało opracowanych i zaimplementowanych w oprogramowaniu komputerowym, takim jak FRAGSTATS (McGarigal, 1995), czy pakiet R *landscapemetrics* (Hesselbarth i in., 2019). Dostępność oprogramowania, liczącego metryki krajobrazowe, przyczyniła się do ich popularyzacji oraz szerokiego zastosowania. Metryki krajobrazowe są także szeroko stosowane w Polsce (Zwierzchowska i in., 2010).

Nowosad i Stepinski (2019) zaproponowali ostatnio zastosowanie do ilościowego opisu mozaiki krajobrazowej dwóch metryk wywodzących się z teorii informacji (Shannon, 1948) – entropii oraz informacji wzajemnej, obliczanych na podstawie macierzy sąsiedztwa (ang. *co-occurrence matrix*). Entropia opisuje kompozycję krajobrazu, a informacja wzajemna jego konfigurację. Metryki te można stosować zamiast powszechnie używanych zestawów metryk krajobrazowych.

## Struktura rasowo-etniczna w ujęciu krajobrazu

W dotychczasowych badaniach struktura rasowo-etniczna reprezentowana była przez dane przechowywane w postaci tabelarycznej. Aby otworzyć nowe możliwości analizowania przestrzenno-czasowych zmian struktury rasowo-etnicznej, konieczna jest zmiana formatu danych. W swoich badaniach zaproponowałam, aby dane o strukturze rasowo-etnicznej były reprezentowane przez rastrowy model danych (dane rastrowe o wysokiej rozdzielczości, ang. *high resolution grids*) – format szeroko stosowany w wielu badaniach środowiskowych, w tym także w analizie krajobrazowej. Komórka rastra w takich danych może przyjmować wartości określające przynależność do jednej z kategorii, odpowiadającej np. obszarom zdominowanym przez daną grupę rasowo-etniczną lub obszarom o określonym poziomie zróżnicowania rasowo-etnicznego. Rycina 3 przedstawia przykładowe dane dotyczące pokrycia terenu i użytkowania ziemi (panel A) i mapę zróżnicowania rasowo-etnicznego (ang. *racial diversity/dominant race map*; panel B) – mapę z 13 kategoriami,

reprezentującymi dominującą rasę i poziom zróżnicowania rasowego określony przez entropię (Dmowska i in., 2017).



Rycina 3. Mapa pokrycia terenu i użytkowania ziemi oraz mapa zróżnicowania rasowo-etnicznego. Objaśnienia do legendy do mapy zróżnicowania rasowo-etnicznego zamieszczono w tabeli 1.

Jak ilustruje rycina 3, *mapa zróżnicowania rasowo-etnicznego* ma taki sam format danych jak *mapa pokrycia terenu i użytkowania ziemi* stanowiąca reprezentację „krajobrazu” rozpatrywanego w analizie krajobrazowej. Posługując się taką analogią, możemy rozpatrywać strukturę rasowo-etniczną jako **przestrzenny układ płatów o różnej wielkości i kształcie, zlokalizowanych w różnych częściach obszaru, tworzących określoną mozaikę**. Stosując zatem analogię do badań nad strukturą krajobrazu, struktura rasowo-etniczna przedstawia specyficzny typ krajobrazu (Bjelland, 2020), który proponuję nazywać „krajobrazem rasowo-etnicznym” (ang. *ethnoracial landscape*). „Krajobraz rasowo-etniczny” reprezentowany jest przez dowolny zestaw skategoryzowanych danych rastrowych przedstawiających strukturę rasowo-etniczną (rycina 1).

Tak reprezentowaną strukturę rasowo-etniczną można analizować za pomocą metod, które zostały opracowane w badaniach analizy krajobrazowej. Jednak wprowadzenie takiej metodyki do przestrzenno-czasowej analizy struktury rasowo-etnicznej wymagałoby:

1. opracowania metod tworzenia danych rastrowych o wysokiej rozdzielczości, reprezentujących rasowo-etniczną strukturę ludności;
2. dostarczenia danych rastrowych o wysokiej rozdzielczości, porównywalnych w czasie, a reprezentujących rasowo-etniczną strukturę ludności;
3. adaptacji metodyki wywodzącej się z analizy krajobrazowej do analizy przestrzenno-czasowych zmian rasowo-etnicznej struktury ludności.

## Cel badań

W swoich badaniach skoncentrowałam się na opracowaniu **geoinformacyjnego schematu analizy i wizualizacji przestrzenno-czasowych zmian rasowo-etnicznej struktury ludności w oparciu o model danych rastrowych o wysokiej rozdzielczości**.

Zrealizowany przeze mnie projekt obejmował następujące cele szczegółowe:

1. Opracowanie kompleksowego i zautomatyzowanego schematu tworzenia danych rastrowych o wysokiej rozdzielczości, porównywalnych w czasie, reprezentujących rozmieszczenie ogólnej liczby ludności oraz jej struktury rasowo-etnicznej w skali od regionalnej do kontynentalnej.
2. Opracowanie dla obszaru kontynentalnych Stanów Zjednoczonych, danych rastrowych o wysokiej rozdzielczości, porównywalnych w czasie, a reprezentujących rozmieszczenie ogólnej liczby ludności oraz jej strukturę rasowo-etniczną.
3. Opracowanie metodyki analizy i wizualizacji przestrzenno-czasowych zmian rasowo-etnicznej struktury ludności w oparciu o model danych rastrowych.

**CEL 1: Opracowanie kompleksowego i zautomatyzowanego schematu tworzenia danych rastrowych o wysokiej rozdzielczości, porównywalnych w czasie, reprezentujących rozmieszczenie ogólnej liczby ludności oraz jej struktury rasowo-etnicznej w skali od regionalnej do kontynentalnej.**

Pierwszym etapem w ramach realizowanego projektu, opublikowanego w publikacjach składających się na osiągnięcie naukowe, było **opracowanie kompleksowego i zautomatyzowanego schematu tworzenia danych rastrowych o wysokiej rozdzielczości, porównywalnych w czasie, reprezentujących rozmieszczenie ogólnej liczby ludności oraz jej struktury rasowo-etnicznej w skali od regionalnej do kontynentalnej**.

Dane o liczbie ludności oraz strukturze rasowo-etnicznej zbierane są w ramach Spisów Ludności od każdej osoby zamieszkującej w gospodarstwie domowym, a następnie są agregowane do obszarów spisowych o różnej wielkości (ang. *geographic areas*) w celu zapewnienia ochrony prywatności danych osobowych (Langford, 2013; Bakillah, 2014). W większości krajów dostępne są tylko dane zagregowane. Wielkość obszarów spisowych uzależniona jest przede wszystkim od stopnia agregacji (np. w Polsce będzie to *województwo* → *powiat* → *gmina* → *rejon statystyczny* → *obwód spisowy*; w Stanach Zjednoczonych stosuje się podział na stany (ang. *state*) → hrabstwa (ang. *county*) → obszary spisowe (ang. *census tract*) → grupy bloków spisowych (ang. *block group*) → bloki spisowe

(ang. *block*)). Wielkość obszarów spisowych zależy także od lokalizacji; jednostki agregacji są mniejsze w miejskich obszarach zurbanizowanych oraz większe w obszarach poza miejskich. Należy podkreślić, że dla wielu praktycznych zastosowań nawet rozdzielczość przestrzenna jednostek spisowych najniższego rzędu jest często niewystarczająca. W związku z tym opracowano zestaw metod pozwalających na przekształcenie danych zagregowanych do danych rastrowych cechujących się wyższą rozdzielczością. Metody te można podzielić na dwie główne grupy:

- **metody powierzchniowo-wagowe** (ang. *areal interpolation, areal weighting interpolation*) – rodzaj interpolacji powierzchniowej używanej do przekształcania danych geograficznych z jednego zestawu granic w inny; wartości cechy (np. liczby ludności) przypisywane są do jednostki docelowej proporcjonalnie do odsetka powierzchni, w jakiej jednostka źródłowa pokrywa jednostkę docelową (Goodchild i Lam, 1980; Goodchild i in., 1993; Langford i Unwin, 1994). Jednostką źródłową (ang. *source zone*) jest pierwotny zestaw granic, w jakim zagregowana jest dana cecha; jednostką docelową (ang. *target zone*) jest wynikowy zestaw granic, do którego rozkładamy daną cechę (np. siatka komórek rastra).
- **modelowanie dazymetryczne** (ang. *dasymetric modeling*) – metoda ta wykorzystuje pomocnicze informacje o wyższej rozdzielczości przestrzennej (ang. *ancillary data*), celem doprecyzowania lokalizacji dekomponowanej przestrzennie cechy (Wright, 1936; Eicher i Brewer, 2001; Mennis, 2003; Bielecka, 2005; Petrov, 2012).

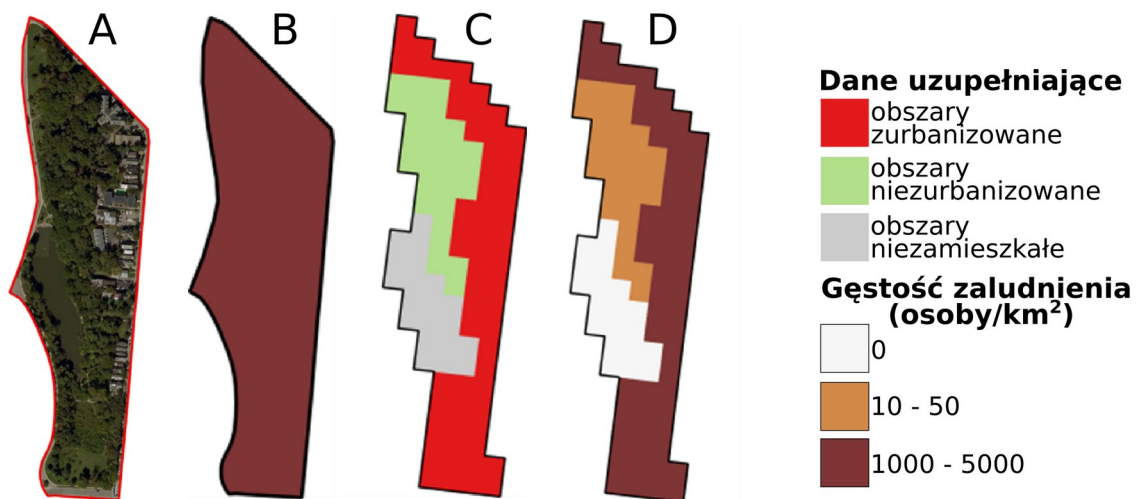
Modelowanie dazymetryczne jest przedmiotem wielu publikacji (szeroki przegląd literatury jest zawarty m.in., w opracowaniach Petrova (2012) oraz Dmowskiej (2019)). Kluczowym krokiem przy konstruowaniu modelu dazymetrycznego jest ustalenie związku między dekomponowaną przestrzennie cechą, a danymi pomocniczymi (ang. *ancillary data*). Modelowanie dazymetryczne stosuje się najczęściej do rozkładu zagregowanych danych dotyczących ogólnej liczby ludności. W literaturze podano wiele przykładów danych pomocniczych; do najczęściej stosowanych należą jednak mapy pokrycia terenu i użytkowania ziemi. Po ustanowieniu relacji między dekomponowaną przestrzennie cechą (np. ogólną liczbą ludności, gęstością zaludnienia), a danymi pomocniczymi (np. klasami pokrycia terenu/użytkowania ziemi), zagregowane dane są w odpowiedniej proporcji rozkładane do komórek siatki rastrowej. Wynikowa mapa, reprezentująca rozmieszczenie ogólnej liczby ludności, będzie mieć taką samą rozdzielczość jak dane pomocnicze. Przy tworzeniu mapy rozmieszczenia ogólnej liczby ludności o wysokiej rozdzielczości, wykorzystującej, jako dane pomocnicze, dane o pokryciu terenu i użytkowania ziemi, komórkom sklasyfikowanym jako obszary silnie zurbanizowane na mapie pokrycia terenu i użytkowania ziemi będą przypisane wyższe wartości liczby ludności niż komórkom sklasyfikowanym jako obszary słabo zurbanizowane lub niezurbanizowane. Ponadto zastosowanie danych pomocniczych pozwala wykluczyć obszary niezamieszkałe i przypisać liczbę ludności tylko do komórek oznaczonych w danych pomocniczych jako zamieszkałe (patrz przykład na rycinie 4).

Chociaż modelowanie dazymetryczne można stosować do dekompozycji różnych zestawów danych przestrzennych (Mennis, 2009) to prace wykorzystujące tę metodę koncentrują się na rozkładzie ogólnej liczby ludności. W szczególności modelowanie dazymetryczne stosuje się do dekompozycji danych zagregowanych do jednostek

przestrzennych do danych rastrowych w celu pozyskania dokładniejszej informacji o rozkładzie przestrzennym ludności w małych obszarach, dla których taka informacja jest niedostępna (Mennis, 2009).

W ramach realizowanego projektu zastosowałam modelowanie dazymetryczne do opracowania map rozmieszczenia ogólnej liczby ludności oraz jej struktury rasowo-etnicznej.

Należy jednak podkreślić, że istnieje jedynie możliwość ustalenia zależności między ogólną liczbą ludności (lub gęstością zaludnienia), a danymi pomocniczymi (np. klasami pokrycia terenu/użytkowania ziemi), ponieważ nie posiadamy dodatkowej informacji o zróżnicowaniu takiej zależności np. w odniesieniu do poszczególnych ras/grup etnicznych. Dlatego poszczególne grupy rasowe/etniczne są rozkładane do komórek siatki rastrowej w proporcjach ustalonych na podstawie relacji między ogólną liczbą ludności, a kategoriami danych pomocniczych (np. klasami pokrycia terenu/użytkowania ziemi). Przyjmujemy w ten sposób założenie, że wszystkie rasy/grupy etniczne rozkładają się wewnątrz danej jednostki agregacji w takich samych proporcjach, określonych przez rozmieszczenie ogólnej liczby ludności. W związku z tym, mapa rozmieszczenia danej grupy rasowej/etnicznej nie będzie uwzględniać ewentualnej zmienności poszczególnych grup wewnątrz jednostki agregacji, a zapewni jedynie dokładniejszą lokalizację przestrzenną każdej grupy, utrzymując ją z dala od niezamieszkałych obszarów (Dmowska i in., 2017).



Rycina 4. Schemat zastosowania modelowania dazymetrycznego do rozkładu ogólnej liczby ludności na przykładzie jednego bloku spisowego (Blok spisowy 1006, obszar spisowy 3000, hrabstwo Hamilton, Ohio) zamieszkałego przez 256 osób. A. Obraz satelitarny Google Maps. B. Dane zagregowane do bloku spisowego. C. Dane uzupełniające – mapa pokrycia terenu i użytkowania ziemi o rozdzielczości 30m. D. Mapa wynikowa o wysokiej rozdzielczości przestrzennej, reprezentowana przez model danych rastrowych, a przedstawiająca rozmieszczenie ogólnej liczby ludności.

Rozwój Systemów Informacji Geograficznej oraz rozwój teledetekcji satelitarnej przyczynił się do zwiększonego zainteresowania wykorzystaniem modelowania dazymetrycznego (Mennis, 2009; Petrov, 2012). Istnieje wiele publikacji koncentrujących się

na opracowywaniu nowych podejść do modelowania dazymetrycznego w oparciu o różne dane pomocnicze i różnorodne techniki ustalania związku między liczbą ludności (lub gęstością zaludnienia), a wartościami zmiennej pomocniczej (szczegółowy przegląd literatury został zamieszczony m.in. w publikacjach Petrov (2012) i Dmowska (2019)). Jednak pomimo coraz większej ilości literatury opisującej różne techniki modelowania dazymetrycznego, dostęp do map rozmieszczenia ogólnej liczby ludności o wysokiej rozdzielczości jest bardzo ograniczony. Większość opublikowanych metod została zilustrowana na przykładzie małego obszaru i nie zawiera wynikowych danych. Dostęp do takich danych w skali regionalnej i kontynentalnej jest ograniczony do kilku zbiorów danych (Bhaduri i in., 2002; Gallego, 2010; Gaughan i in., 2013; Doxsey-Whitfield i in., 2015). Dostępność takich danych zestawiałam w publikacji Dmowska (2019).

Istnieje kilka problemów związanych z zastosowaniem modelowania dazymetrycznego do tworzenia danych rastrowych o wysokiej rozdzielczości, porównywalnych w czasie, a reprezentujących rozmieszczenie ogólnej liczby ludności oraz rasowo-etnicznej struktury ludności dla dużych obszarów. Do najważniejszych należą:

1. Wielkość danych wejściowych i wyjściowych – dane rastrowe o wysokiej rozdzielczości (30 m), reprezentujące rozmieszczenie ogólnej liczby ludności dla obszaru Stanów Zjednoczonych są wynikiem rozkładu  $\sim 11$  milionów bloków spisowych na ponad 8 miliardów (8 651 157 015) komórek siatki rastrowej.
2. Ograniczona dostępność danych pomocniczych. Dane pomocnicze powinny spełniać następujące kryteria:
  - dane powinny mieć taką samą jakość na całym obszarze;
  - dane o ogólnej liczbie ludności i dane pomocnicze wykorzystane do budowy siatki rastrowej powinny być spójne czasowo (np. dane spisowe z 2000 r. powinny być połączone z danymi o pokryciu terenu i użytkowania ziemi pochodzącymi z ok. 2000 r.);
  - dane pomocnicze (np. dane dotyczące pokrycia terenu i użytkowania ziemi) w różnych latach powinny mieć te same kategorie.
3. Czasochłonność obliczeń – przetwarzanie takiej ilości danych wymaga w pełni zautomatyzowanego środowiska obliczeniowego.

Modelowanie dazymetryczne zostało zaimplementowane w oprogramowaniu GIS takim jak ESRI ArcGIS (Sleeter i Gould 2007), QGIS (Mileu i Margarida, 2018). Jednakże w przypadku zastosowania modelowania dazymetrycznego do tworzenia danych rastrowych o wysokiej rozdzielczości dla dużych obszarów narzędzia dostarczane przez oprogramowanie GIS stają się nieefektywne obliczeniowo. Dla obszaru 10 808 bloków spisowych (hrabstwo Hamilton, OH) dokonałam porównania czasu obliczeń modelowania dazymetrycznego wykorzystując narzędzia dostępne dla ArcGIS oraz schemat obliczeniowy, który zaimplementowałam w R (Dmowska, 2019). Wykonanie modelowania dazymetrycznego dla obszaru 10 808 bloków spisowych w oprogramowaniu ArcGIS zajmuje 600s, natomiast przeprowadzenie tej analizy wykorzystując opracowany przeze mnie zestaw skryptów R zajmuje 14s<sup>5</sup>. Obszar Stanów Zjednoczonych składa się z  $\sim 11$  milionów bloków spisowych.

5 Przedstawiony czas nie uwzględnia przygotowania danych pomocniczych oraz danych dotyczących ogólnej liczby ludności.

Przetwarzanie tak dużych zbiorów danych wymaga stworzenia w pełni zautomatyzowanego schematu obliczeniowego zbudowanego w oparciu o języki programowania (C, C++) lub rozbudowane środowisko obliczeniowe pozwalające na pracę z różnymi typami danych (R).

W publikacji Dmowska (2019) skupiłam się na opracowaniu w pełni zautomatyzowanego schematu obliczeniowego wykorzystującego środowisko obliczeniowe R. Opracowana implementacja modelowania dazymetrycznego została wykorzystana do stworzenia serii map o wysokiej rozdzielczości, porównywalnych w czasie, przedstawiających rozmieszczenie ogólnej liczby ludności oraz struktury rasowo-etnicznej dla Stanów Zjednoczonych, które są częścią projektu SocScape (ang. *Social Landscape*) udostępnionego na stronie internetowej <http://socscape.edu.pl>.

W publikacji Dmowska i Stepinski (2017) szczegółowo przedstawiłam metodykę stosowaną do ustalenia związku między ogólną liczbą ludności, a danymi pomocniczymi (klasami pokrycia terenu oraz użytkowania ziemi), która posłużyła do opracowania wysokiej rozdzielczości mapy rozmieszczenia ogólnej liczby ludności dla 2010 roku. Efektem tej publikacji jest mapa o rozdzielczości przestrzennej 30 metrów pokazująca rozmieszczenie ogólnej liczby ludności w kontynentalnej części Stanów Zjednoczonych.

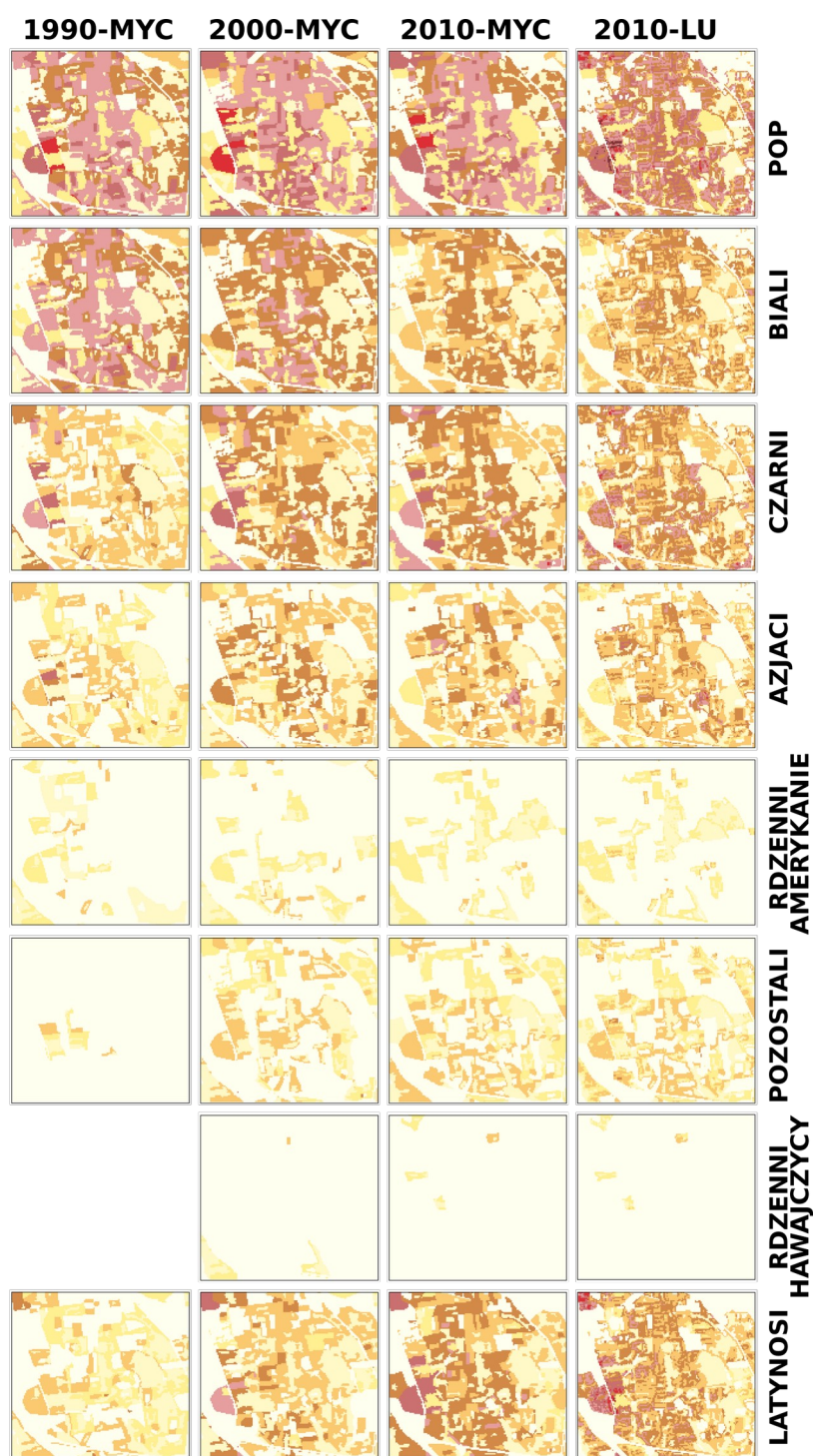
## CEL 2. Opracowanie dla obszaru kontynentalnych Stanów Zjednoczonych, danych rastrowych o wysokiej rozdzielczości, porównywalnych w czasie, a reprezentujących rozmieszczenie ogólnej liczby ludności oraz jej strukturę rasowo-etniczną.

Stosując procedurę opisaną w pracy Dmowskiej i Stepinskiego (2017) i Dmowskiej (2019) opracowałam serię 31 map o wysokiej rozdzielczości (30 m) przedstawiających rozmieszczenie ogólnej liczby ludności oraz jej strukturę rasowo-etniczną w Stanach Zjednoczonych w latach 1990, 2000, 2010 (rycina 5). Dostępne dla lat 1990, 2000 i 2010 serie map są porównywalne w czasie (na rycinie 5 są one oznaczone jako „1990-MYC”, „2000-MYC”, „2010-MYC”). Ponadto dla roku 2010 opracowałam dodatkową serię danych, która w modelowaniu dazymetrycznym wykorzystuje dokładniejsze dane pomocnicze, prowadząc do lepszego odwzorowania obszarów niezamieszkałych. Jednakże, dane te nie są porównywalne z wcześniejszymi latami (na rycinie 5 są one oznaczone jako „2010-LU”). Seria 31 map obejmuje dane rastrowe o wysokiej rozdzielczości reprezentujące rozmieszczenie ogólnej liczby ludności oraz siedmiu<sup>6</sup> grup rasowo-etnicznych (białych, czarnych, Azjatów, rdzennych Amerykanów, rdzennych mieszkańców Hawajów i wysp Pacyfiku, Latynosów oraz pozostałych<sup>7</sup>). Powstałe dane rastrowe mają rozdzielczość przestrzenną 30 m, która jest dziedziczona z rozdzielczości danych pomocniczych.

6 W 1990 roku grupa określana jako rdzenni mieszkańcy Hawajów i wysp Pacyfiku była włączona do kategorii Azjaci. Jako osobna kategoria została wydzielona dopiero w trakcie Spisu Powszechnego 2000 i 2010 roku. Dlatego dla 1990 opracowano dane rastrowe dla 6 grup rasowo-etnicznych, a dla roku 2000 i 2010 uwzględniono 7 grup rasowo-etnicznych.

7 Szczegółowe wyjaśnienie przynależności do poszczególnych grup rasowo-etnicznych zostało opisane w załączniku 4a pt. „Terminologia stosowana w osiągnięciu naukowym”. Pojęcie „pozostali” dotyczy osób, które zadeklarowały przynależność do więcej niż jednej grupy rasowej. Pojęcie „Latynos” odnosi się w tym wypadku do ludności wskazującej pochodzenie lub przynależność do kultury krajów Ameryki Łacińskiej oraz z innych krajów hiszpańskojęzycznych (ang. *Hispanic, Latino or Spanish origin*); osoba określana jako Latynos może należeć do jednej z 5 kategorii rasowych.





Rycina 5. Seria map rastrowych o wysokiej rozdzielczości przedstawiających rozmieszczenie ogólnej liczby ludności oraz struktury rasowo-etnicznej w Stanach Zjednoczonych w latach 1990, 2000, 2010. Objaśnienia skrótów: MYC – dane porównywalne między latami; LU – dane dla 2010 roku opracowane w oparciu o mapę pokrycia terenu i użytkowania ziemi (Dmowska i Stepinski, 2017); POP – ogólna liczba ludności; Pozostali – kategoria uwzględniająca osoby, które zadeklarowały przynależność do więcej niż jednej rasy.

Porównywalne w czasie, dane rastrowe o wysokiej rozdzielczości reprezentujące rozmieszczenie ogólnej liczby ludności oraz 7 grup rasowo-etnicznych są wynikiem dekompozycji danych zagregowanych na poziomie bloków spisowych (ang. *blocks*) przy użyciu map pokrycia terenu – National Land Cover Datasets (NLCD) przeklasyfikowanych do 3 klas (obszary zurbanizowane, obszary niezurbanizowane, obszary niezamieszkałe).

Porównywalne pomiędzy latami 1990, 2000, 2010, dane rastrowe o wysokiej rozdzielczości, reprezentujące rozmieszczenie ogólnej liczby ludności oraz grup rasowo-etnicznych są częścią projektu SocScape (ang. *Social Landscape*, Dmowska i in., 2017). Jest to projekt badawczy, który zapewnia łatwy i bezpłatny dostęp do zasobów umożliwiających wizualizację segregacji rasowej oraz zróżnicowania rasowego w Stanach Zjednoczonych. Część tego projektu ma na celu zapewnienie dostępu do porównywalnych pomiędzy latami 1990, 2000, 2010, danych rastrowych o wysokiej rozdzielczości przedstawiających rozmieszczenie ogólnej liczby ludności, 7 grup rasowo-etnicznych oraz map zróżnicowania rasowo-etnicznego (Dmowska i in., 2017). Projekt SocScape składa się z dwóch komponentów:

- **Aplikacji mapowej SocScape** ([http://150.254.124.68/socscape\\_usa/](http://150.254.124.68/socscape_usa/)) zaprojektowanej do eksploracji oraz analizy zmian ogólnej liczby ludności oraz zróżnicowania rasowo-etnicznego (Dmowska i in., 2017) w Stanach Zjednoczonych w latach 1990, 2000, 2010 przy użyciu danych rastrowych o wysokiej rozdzielczości. Dane dla poszczególnych grup rasowo-etnicznych nie są dostępne za pośrednictwem aplikacji mapowej.
- **Witryny internetowej SocScape** (<http://socscape.edu.pl>), którą zaprojektowałam w celu zapewnienia dostępu do zasobów służących do wizualizacji segregacji rasowej oraz zróżnicowania rasowego w Stanach Zjednoczonych. Witryna internetowa pozwala na pobranie danych dla poszczególnych hrabstw (ang. *counties*) oraz obszarów metropolitalnych (ang. *metropolitan statistical area – MSA*). Dane dostępne są w postaci archiwum zip zawierających dane rastrowe przedstawiające ogólną liczbę ludności, dane dla 7 grup rasowo-etnicznych oraz mapy zróżnicowania rasowo-etnicznego dla lat 1990, 2000, 2010. Dane są zapisywane w formacie GeoTiff i są przeznaczone do dalszego przetwarzania, wykorzystując oprogramowanie GIS (ArcGIS, QGIS). Ogółem strona internetowa udostępnia 17,7 GB danych (objętość po archiwizacji do formatu .zip).

**CEL 3: Opracowanie metodyki analizy i wizualizacji przestrzenno-czasowych zmian rasowo-etnicznej struktury ludności w oparciu o model danych rastrowych.**

Trzecim etapem realizowanego projektu, opublikowanego w publikacjach składających się na osiągnięcie naukowe, było **opracowanie metodyki analizy i wizualizacji przestrzenno-czasowych zmian rasowo-etnicznej struktury ludności w oparciu o model danych rastrowych**.

W swoich publikacjach (Dmowska i in., 2020, Dmowska i in., 2017) zaproponowałam dwa odrębne podejścia, wykorzystujące dane rastrowe o wysokiej rozdzielczości, opracowane dla poszczególnych grup rasowo-etnicznych. Dane te wykorzystywane są do

utworzenia skategoryzowanych map rastrowych, które można interpretować jako krajobraz przez analogię do krajobrazu będącego przedmiotem badań w analizie krajobrazowej.

## Krajobraz zróżnicowania rasowego

„**Krajobraz zróżnicowania rasowego**” (ang. *racial diversity landscape*) jest reprezentowany przez **mapę zróżnicowania rasowo-etnicznego** (ang. *racial diversity/dominant race map or racial diversity map*) – mapę tematyczną utworzoną na podstawie dwuwymiarowej klasyfikacji danych rastrowych o wysokiej rozdzielczości, opracowanych dla poszczególnych grup rasowo-etnicznych. Każda komórka mapy zróżnicowania rasowo-etnicznego ma przypisaną pojedynczą etykietę na podstawie poziomu zróżnicowania rasowo-etnicznego (mały, średni lub duży) i rasy dominującej (jednej z 6 grup rasowo-etnicznych). Każda kategoria charakteryzuje zatem określony *typ zróżnicowania struktury rasowo-etnicznej*<sup>8</sup> określony poprzez proporcje osób różnych ras/grup etnicznych występujących w danym obszarze; np. komórka sklasyfikowana jako „*mało zróżnicowana zdominowana przez białych*” to obszar (w tym wypadku komórka rastra), w którym biali stanowią minimum 80% ogólnej liczby ludności, natomiast komórka z przypisaną kategorią „*średnio zróżnicowana zdominowana przez białych*” to obszar, w którym biali wciąż są grupą dominującą, ale stanowią jedynie 50%-80% (zatem odsetek innych ras w tej komórce jest znaczący).

Schemat klasyfikacji zastosowany do utworzenia mapy zróżnicowania rasowego jest podobny do schematu zaproponowanego przez Holloway i in. (2012), z tą różnicą, że został zastosowany do klasyfikacji komórek danych rastrowych, zamiast do klasyfikacji obszarów spisowych. Tabela 1 podsumowuje kryteria zastosowane w trakcie klasyfikacji.

Dla celów wizualizacji każdą z 13 kategorii (typów zróżnicowania struktury rasowo-etnicznej) mapy zróżnicowania rasowo-etnicznego można również podzielić na podstawie gęstości zaludnienia (mała, średnia, duża), co daje skategoryzowany raster zawierający 40 kategorii (39 kategorii określonych przez poziom zróżnicowania rasowego, dominującą rasę/grupę etniczną, gęstość zaludnienia oraz kategoria obszarów niezamieszkałych). Mapa taka przedstawia (w wysokiej rozdzielczości przestrzennej) strukturę rasowo-etniczną dla dowolnego obszaru kontynentalnych Stanów Zjednoczonych.

Dane te dla lat 1990, 2000, 2010 (jako wieloletnie porównywalne zbiory danych) są dostępne do eksploracji przez aplikację mapową SocScape ([http://150.254.124.68/socscape\\_usa/](http://150.254.124.68/socscape_usa/)).

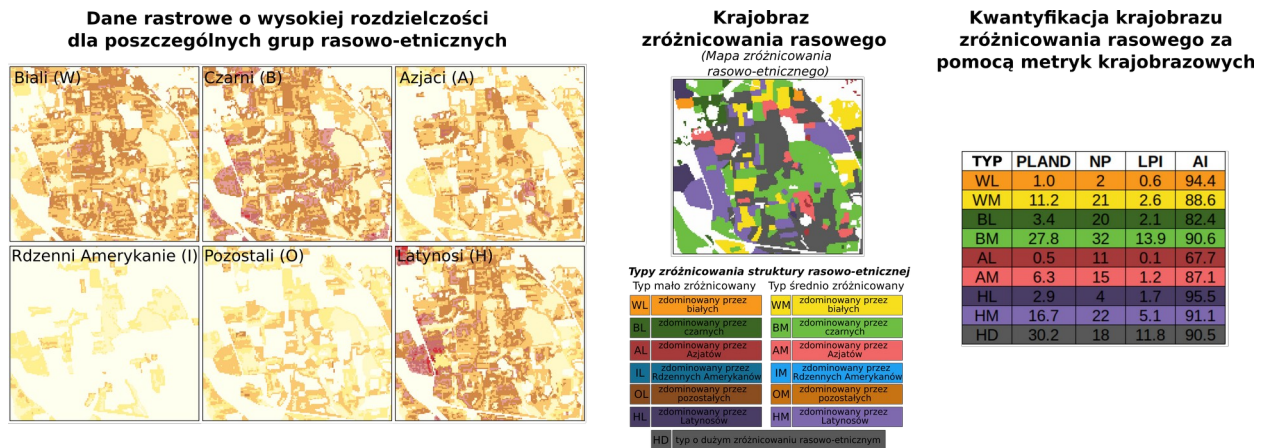
**Mapa zróżnicowania rasowo-etnicznego** (ang. *racial diversity/dominant race map* lub w skrócie *racial diversity map*) ma taki sam format danych jak mapa pokrycia terenu/użytkowania ziemi, będąca reprezentacją krajobrazu w analizie krajobrazowej; jedyna różnica dotyczy znaczenia poszczególnych kategorii (zamiast typów pokrycia terenu/użytkowania ziemi mamy typy zróżnicowania struktury rasowo-etnicznej, np. obszar o małym zróżnicowaniu zdominowany przez białych; obszar o średnim zróżnicowaniu zdominowany przez czarnych, obszar o dużym zróżnicowaniu). Zatem takie dane mogą stanowić reprezentację krajobrazu, który nazwałam „**krajobrazem zróżnicowania rasowego**” (ang. *racial diversity landscape* lub *diversity landscape*).

8 W publikacjach Dmowska i in. (2017) stosuję pojęcie „*community zone*” do określenia obszaru zajętego przez dany typ zróżnicowania struktury rasowo-etnicznej.

Tabela 1. Schemat klasyfikacji zastosowany do wyznaczenia typów zróżnicowania struktury rasowo-etnicznej mapy zróżnicowania rasowo-etnicznego.

Poziom zróżnicowania		Dominująca rasa/grupa etniczna	Typ zróżnicowania struktury rasowo-etnicznej		
Zróżnicowanie	Kryteria		Typ	Opis typu	
Obszary o małym zróżnicowaniu Low diversity (L)	Estd < 0.37; dominująca rasa > 80%	Biali White (W)	mało zróżnicowany zdominowany przez białych	Obszar zdominowany przez białych, którzy stanowią min. 80% ludności w komórce	WL
		Czarni Black (B)	mało zróżnicowany zdominowany przez czarnych	Obszar zdominowany przez czarnych, którzy stanowią min. 80% ludności w komórce	BL
		Azjaci Asian (A)	mało zróżnicowany zdominowany przez Azjatów	Obszar zdominowany przez Azjatów, którzy stanowią min. 80% ludności w komórce	AL
		Rdzenni Amerykanie American Indian (I)	mało zróżnicowany zdominowany przez rdzennych Amerykanów	Obszar zdominowany przez rdzennych Amerykanów, którzy stanowią min. 80% ludności w komórce	IL
		Pozostali* Other (O)	mało zróżnicowany zdominowany przez pozostałych	Obszar zdominowany przez osoby, które zadeklarowały przynależność do więcej niż jednej grupy rasowo-etnicznej; stanowią oni min. 80% ludności w komórce	OL
		Latynosi** Hispanics (H)	mało zróżnicowany zdominowany przez Latynosów	Obszar zdominowany przez Latynosów, którzy stanowią min. 80% ludności w komórce	HL
Obszary o średnim zróżnicowaniu Medium diversity (M)	Wszystkie komórki niesklasyfikowane jako obszary o małym i dużym zróżnicowaniu	Biali White (W)	średnio zróżnicowany zdominowany przez białych	Obszar, w którym biali są nadal rasą dominującą, stanowiąc 50-80%; druga grupa ma znaczący udział	WM
		Czarni Black (B)	średnio zróżnicowany zdominowany przez czarnych	Obszar, w którym czarni są nadal rasą dominującą, stanowiąc 50-80%; druga grupa ma znaczący udział	BM
		Azjaci Asian (A)	średnio zróżnicowany zdominowany przez Azjatów	Obszar, w którym Azjaci są nadal rasą dominującą, stanowiąc 50-80%; druga grupa ma znaczący udział	AM
		Rdzenni Amerykanie American Indian (I)	średnio zróżnicowany zdominowany przez rdzennych Amerykanów	Obszar, w którym rdzenni Amerykanie są nadal rasą dominującą, stanowiąc 50-80%; udział grupy 2 jest znaczący	IM
		Pozostali Other (O)	średnio zróżnicowany zdominowany przez pozostałych	Obszar, w którym „pozostali” są nadal grupą dominującą, stanowiąc 50-80%; druga grupa ma znaczący udział	OM
		Latynosi Hispanics (H)	średnio zróżnicowany zdominowany przez Latynosów	Obszar, w którym Latynosi są nadal rasą dominującą, stanowiąc 50-80%; druga grupa ma znaczący udział	HM
Obszary o dużym zróżnicowaniu High diversity (H)	Estd > 0.73; żadna grupa nie przekracza 50% ludności w komórce; dwie najbardziej dominujące grupy nie przekraczają 80%.		Obszar o dużym zróżnicowaniu rasowo-etnicznym	Obszar zamieszkały przez kilka grup rasowo-etnicznych, z których żadna grupa nie dominuje (nie stanowi powyżej 50% ludności)	HD

\* kategoria „Pozostali” (ang. *others*) oznacza osoby, które zadeklarowały przynależność do więcej niż jednej grupy rasowej; \*\* kategoria Latynosi odnosi się w tym wypadku do ludności wskazującej pochodzenie lub przynależność do kultury krajów Ameryki Łacińskiej oraz z innych krajów hiszpańskojęzycznych (ang. *Hispanic, Latino or Spanish origin*).



Rycina 6. Schemat analizy struktury rasowo-etnicznej wykorzystujący metodę opartą o analizę krajobrazu zróżnicowania rasowego. Szczegółowe wyjaśnienia znajdują się w tekście

Taki „krajobraz zróżnicowania rasowego” składa się z płatów (utworzonych przez przylegające do siebie komórki należące do jednego z typów zróżnicowania struktury rasowo-etnicznej) o różnej wielkości, mających jedną z 13 kategorii i zlokalizowanych w różnych częściach obszaru (np. miasta). Rozmieszczenie płatów należących do różnych typów zróżnicowania struktury rasowo-etnicznej, tak jak rozmieszczenie płatów pokrycia terenu i użytkowania ziemi, można analizować za pomocą metryk krajobrazowych, będących jedną z metod badań analizy krajobrazowej (McGarigal, 1995; Haines-Young i Chopping, 1996; Turner i in., 2001; Hesselbarth i in., 2019).

W publikacji Dmowska i in. (2017) zestawiałam metryki krajobrazowe, które można wykorzystać do analizy rasowo-etnicznej struktury ludności (patrz tabela 3 w publikacji Dmowska i in. (2017)), a w publikacji Dmowska i Stepinski (2018) wykorzystałam dwie z nich (AI, PLAND) do analizy przestrzenno-czasowych trendów zmian zróżnicowania rasowego w 40 miastach Stanów Zjednoczonych.

Należy zwrócić uwagę, że w podejściu tym metryki krajobrazowe są używane do ilościowego określania obszarów zajętych przez dany typ zróżnicowania struktury rasowo-etnicznej, bez uwzględnienia liczby ludzi tam mieszkających. Metryki krajobrazowe dostarczają różnych informacji dotyczących obszaru zajętego przez dany typ zróżnicowania struktury rasowo-etnicznej, takich jak wielkość, kształt, poziom zagregowania obszaru (czy obszar składa się z jednego zagregowanego płatu czy też podzielony jest na kilka mniejszych płatów równomiernie rozmieszczonych w analizowanym obszarze).

Rycina 6 przedstawia przykład krajobrazu zróżnicowania rasowego składającego się z 9 typów zróżnicowania struktury rasowo-etnicznej. Każdy typ (lub klasa wykorzystując terminologię stosowaną w badaniach struktury krajobrazu) składa się z zestawu enklaw (lub płatów). Mozaika płatów należących do danego typu zróżnicowania struktury rasowo-etnicznej podsumowana jest czterema metrykami krajobrazowymi (wyniki przedstawiono w tabeli na prawym panelu ryciny 6):

- *PLAND* podaje procent powierzchni obszaru zajętego przez dany typ zróżnicowania struktury rasowo-etnicznej;

- *LPI* to stosunek powierzchni największego płat należącego do danego typu zróżnicowania struktury rasowo-etnicznej w danym obszarze do całkowitej powierzchni tego obszaru;
- *NP* podaje liczbę płatów należących do określonego typu zróżnicowania struktury rasowo-etnicznej;
- *AI* to wskaźnik agregacji, opisujący poziom agregacji przestrzennej danego typu zróżnicowania struktury rasowo-etnicznej w skali od 0 (pełne rozproszenie płatów w przestrzeni; brak jest sąsiedztwa między komórkami przypisanymi do określonego typu zróżnicowania struktury rasowo-etnicznej) do 100 (typ zróżnicowania struktury rasowo-etnicznej jest maksymalnie zagregowany; mapa będzie zawierała tylko jeden płat pokrywający cały obszar).

Obszar pokazany na rycinie 6 stanowi mozaikę składającą się z 145 enklaw rasowych (płatów) należących do 9 typów zróżnicowania struktury rasowo-etnicznej:

- 37 enklaw, zajmujących 7,9% powierzchni, należy do czterech typów o małym zróżnicowaniu (WL, BL, AL, HL);
- 90 enklaw, zajmujących 61,9% powierzchni, należy do czterech typów o średnim zróżnicowaniu (WM, BM, AM, HM)
- 18 enklaw, zajmujących 30,2% powierzchni należy do typu cechującego się dużym zróżnicowaniem rasowo-etnicznym (HD).

Na obszarze, przedstawionym na rycinie 6, największą powierzchnię zajmuje typ cechujący się dużym zróżnicowaniem rasowo-etnicznym (30,2%; kolor szary). Mniejszości rasowo-etniczne (czarni, Latynosi) tworzą obszary o średnim zróżnicowaniu. Obszar sklasyfikowany jako BM – średnio zróżnicowany, zdominowany przez czarnych zajmuje 27,8% i składa się z 32 enklaw, z których największa zajmuje 13,2% obszaru (*LPI*). Obszary mało zróżnicowane zdominowane przez czarnych (BL, kolor ciemnozielony) oraz przez Latynosów (HL, kolor ciemnofioletowy) stanowią odpowiednio 3,4% oraz 2,9% obszaru. Wskazuje to na brak segregacji rasowej i duży stopień integracji zachodzący między grupami rasowo-etnicznymi.

Metryki krajobrazowe zastosowane do opisanie krajobrazu zróżnicowania rasowo-etnicznego dostarczają dodatkowych informacji na temat przestrzennego rozkładu struktury rasowo-etnicznej na analizowanym obszarze. Typy o małym zróżnicowaniu rasowo-etnicznym to obszary zdominowane przez jedną grupę rasowo-etniczną, w których nie zachodzi integracja między grupami rasowo-etnicznymi. Typy o średnim i dużym zróżnicowaniu rasowym reprezentują obszary zamieszkałe przez kilka grup rasowo-etnicznych. Z punktu widzenia indywidualnego człowieka, obszar objęty jednym dużym płatem zdominowanym przez daną grupę rasowo-etniczną jest postrzegany jako obszar o większej segregacji niż obszar z większą liczbą małych płatów. Natomiast, duże płaty obszarów o dużym zróżnicowaniu rasowym wskazują, że integracja między poszczególnymi grupami rasowo-etnicznymi zachodzi na większą skalę przestrzenną.

## Krajobraz rasowy

W publikacji Dmowska i in. (2020) przedstawiłam całkowicie nowe podejście do analizy segregacji rasowej oraz zróżnicowania rasowego. W proponowanym podejściu wizualizacja i kwantyfikacja segregacji i zróżnicowania rasowego są ściśle ze sobą powiązane poprzez użycie tych samych danych – skategoryzowanych danych rastrowych

o wysokiej rozdzielczości, w których każdej komórce (mającej rozdzielczość 30m) przypisano jedną z 5 kategorii odpowiadającej występowaniu określonej grupy rasowo-etnicznej.

W odróżnieniu od *krajobrazu zróżnicowania rasowego*, **krajobraz rasowy** (ang. *racial landscape*, *RL*) reprezentowany jest przez dane rastrowe o wysokiej rozdzielczości, w których każda komórka zawiera tylko mieszkańców jednej grupy rasowo-etnicznej, np. biali, Azjaci, czarni, Latynosi, itd.

**Krajobraz rasowy** jest tworzony w oparciu o dane rastrowe o wysokiej rozdzielczości, opracowane dla poszczególnych grup rasowo-etnicznych. Skład rasowy w każdej komórce (np. wektor 5 liczb określających odsetek poszczególnych grup rasowo-etnicznych) przekłada się na prawdopodobieństwo wylosowania z niej osoby należącej do jednej z grup rasowo-etnicznych. Następnie określona etykieta rasy jest przypisywana losowo do każdej komórki przy użyciu procedury Monte Carlo. Wielokrotne losowania dają serię realizacji krajobrazu rasowego (RL) cechującego się nieco inną mozaiką krajobrazową. Mozaika krajobrazowa będzie się różniła tylko wewnątrz bloków spisowych o dużym zróżnicowaniu rasowym. Do wizualizacji wystarczy jedna realizacja krajobrazu rasowego (RL); dla celów kwantyfikacji obliczana jest seria realizacji, a następnie końcowe wyniki są średnimi z wielu realizacji RL.

Tak skonstruowane dane tworzą mozaikę wielu dużych i małych płatów (enklaw rasowych) utworzonych z przylegających do siebie komórek należących do tej samej kategorii rasowo-etnicznej. Przez analogię do analizy krajobrazowej nazwałam takie dane „**krajobrazem rasowym**” (ang. *racial landscape*, *RL*). Krajobraz rasowy można podsumować w taki sam sposób, jak mozaikę krajobrazową w analizie krajobrazowej. Jedną z formą opisu mozaiki krajobrazowej, stosowaną w analizie krajobrazowej jest macierz sąsiedztwa, która zlicza sąsiadujące komórki (Haralick i in., 1973). Krajobraz rasowy jest opisywany za pomocą macierzy ekspozycji, stanowiącej modyfikację macierzy sąsiedztwa (patrz objaśnienie poniżej). Następnie, macierz ekspozycji jest podsumowywana ilościowo za pomocą entropii i informacji wzajemnej – dwóch metryk wywodzących się z teorii informacji (Shannon, 1948). Nowosad i Stepinski (2019) wykazali w swoim artykule, że te dwie metryki są wystarczające do kwantyfikacji mozaiki krajobrazowej. Entropia mierzy zróżnicowanie struktury rasowo-etnicznej, tzn. jest miarą jej kompozycji. Jest to ta sama miara, która jest używana w obecnych badaniach i jest związana z pomiarem zróżnicowania rasowego. Informacja wzajemna mierzy konfigurację płatów w mozaice krajobrazowej; może być zatem stosowana do kwantyfikacji segregacji rasowej. Jak pokazują Stepinski i Dmowska (2019), w tradycyjnych badaniach segregacji rasowej informacja wzajemna jest odpowiednikiem nieznormalizowanego wskaźnika teorii informacji Theil’a,  $H$  (Reardon i Firebaugh, 2002).

W tradycyjnych badaniach segregacji rasowej, do obliczenia wskaźników segregacji wymagane jest podzielenie obszaru na mniejsze jednostki. Wartość wskaźnika obliczonego dla całego obszaru (np. miasta) zależy od zastosowanego podziału na obszary spisowe. Dla obszaru przedstawionego na rycinie 7 wartość wskaźnika teorii informacji  $H$  (tradycyjnej miary segregacji rasowej) obliczona na podstawie podziału obszaru na obszary spisowe (ang. *census tracts*) wynosi  $H_{\text{Tract}} = 0,0655$ , a przy podziale obszaru na bloki spisowe (ang. *blocks*, najmniejsze jednostki agregacji stosowane przez Biuro Spisu Ludności Stanów Zjednoczonych)  $H_{\text{Block}} = 0,208$ . Metoda analizy krajobrazu rasowego (ang. *racial landscape*

*method*) oparta jest na danych rastrowych, i w odróżnieniu od poprzednich metod, określenie segregacji (wyrażonej jako informacja wzajemna) nie wymaga dzielenia obszaru na mniejsze jednostki przestrzenne. Informacja wzajemna oraz entropia obliczane są na podstawie macierzy ekspozycji. Zatem, obliczanie zróżnicowania rasowego (entropii) i segregacji rasowej (informacji wzajemnej) można przeprowadzić dla całego obszaru (np. miasta) bez wprowadzania arbitralnych podziałów.

Metoda krajobrazu rasowego pozwala również na analizę zróżnicowania rasowo-etnicznej struktury ludności w różnych skalach przestrzennych.<sup>9</sup> W takim przypadku obszar analizy dzielony jest na mniejsze, regularne obszary, reprezentujące lokalną mozaikę krajobrazową.<sup>10</sup> Rycina 8 przedstawia przykład analizy zróżnicowania i segregacji rasowej dla dwóch skal przestrzennych 300m i 1500m.

Zaproponowane tutaj podejście zostało zaimplementowane w pakiecie *raceland* w środowisku obliczeniowym R (<https://cran.r-project.org/package=raceland>). Szczegółowe wyjaśnienie metody znajduje się również w dokumentacji dołączonej do pakietu (<https://nowosad.github.io/raceland/index.html>).

Kluczowe nowe koncepcje wypracowane w ramach tego podejścia to:

- **krajobraz rasowy** (ang. *racial landscape, RL*) – dane rastrowe o wysokiej rozdzielczości, w których każda komórka zawiera tylko mieszkańców jednej rasy.
- **macierz ekspozycji** (ang. *exposure matrix*), która jest modyfikacją macierzy sąsiedztwa (ang. *coocurrence matrix*) stosowanej w analizie krajobrazowej do opisu mozaiki płatów krajobrazowych (Haralick i in., 1973). Macierz sąsiedztwa zlicza sąsiadujące komórki. Macierz ekspozycji jest obliczana w taki sam sposób, jak macierz sąsiedztwa, ale każde sąsiedztwo stanowi średnią lokalnych gęstości zaludnienia z dwóch sąsiadujących komórek. Dzięki zastosowaniu macierzy ekspozycji, w podejściu tym mierzony jest, nie tylko obszar zajęty przez daną rasę, ale również uwzględniana jest liczba osób zamieszkujących ten obszar.

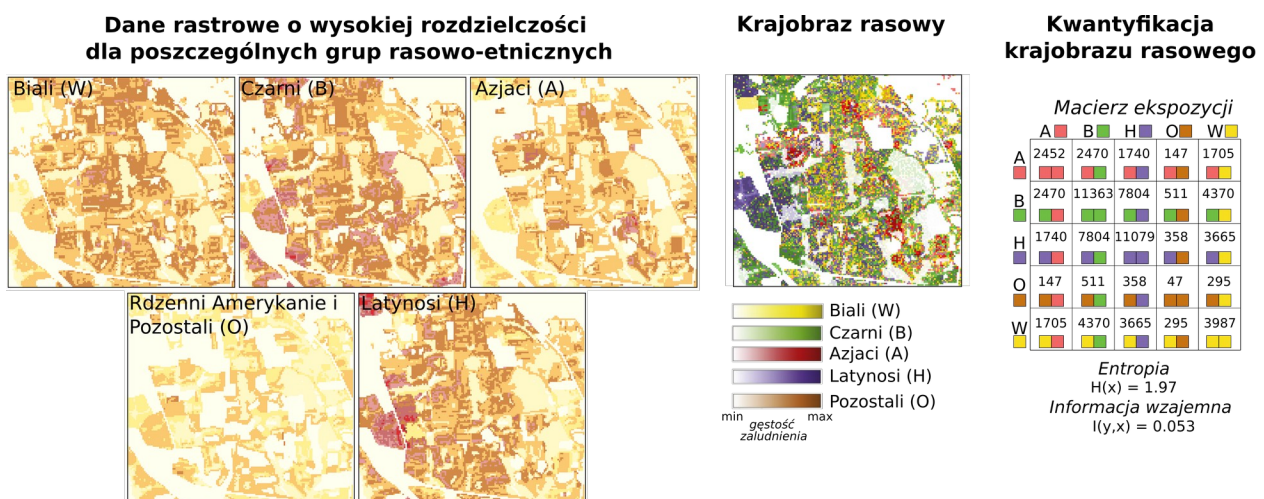
Rycina 7 przedstawia przykładowy krajobraz rasowy dla tego samego obszaru, który jest pokazany na rycinie 6. Do skonstruowania krajobrazu rasowego wykorzystano dane rastrowe o wysokiej rozdzielczości dla poszczególnych grup rasowo-etnicznych. Krajobraz rasowy, reprezentowany jest przez raster, w którym każda komórka zawiera tylko mieszkańców jednej grupy rasowo-etnicznej. Sąsiadujące ze sobą komórki należące do jednej z 5 grup rasowo-etnicznych (biali, czarni, Azjaci, Latynosi, pozostali) tworzą określoną mozaikę, która została podsumowana za pomocą macierzy ekspozycji (górny prawy panel) i określona ilościowo za pomocą entropii i informacji wzajemnej. W macierzy ekspozycji każde sąsiedztwo stanowi średnią lokalnych gęstości zaludnienia z dwóch sąsiadujących komórek. Macierz ekspozycji pokazuje jak często członkowie tej samej grupy rasowo-etnicznej występują obok siebie w stosunku do tego jak często graniczą oni z innymi grupami rasowo-etnicznymi. Macierz ekspozycji ilustruje zatem poziom integracji zachodzący między

9 W tradycyjnym podejściu, do obliczania wskaźników segregacji rasowej, obszar dzielony jest na jednostki spisowe o określonym poziomie agregacji (np. obszary spisowe, bloki spisowe itp.). Wielkość jednostek na danym poziomie agregacji jest bardzo zróżnicowana; są one mniejsze w obszarach gęsto zaludnionych i bardzo duże w obszarach niezurbanizowanych. Nie można zatem określić skali przestrzennej, dla której zostały wykonane obliczenia segregacji rasowej.

10 Szczegółowe wyjaśnienie znajduje się w dokumentacji pakietu *raceland* dostępnej na stronie <https://cran.r-project.org/web/packages/raceland/vignettes/raceland-intro2.html>

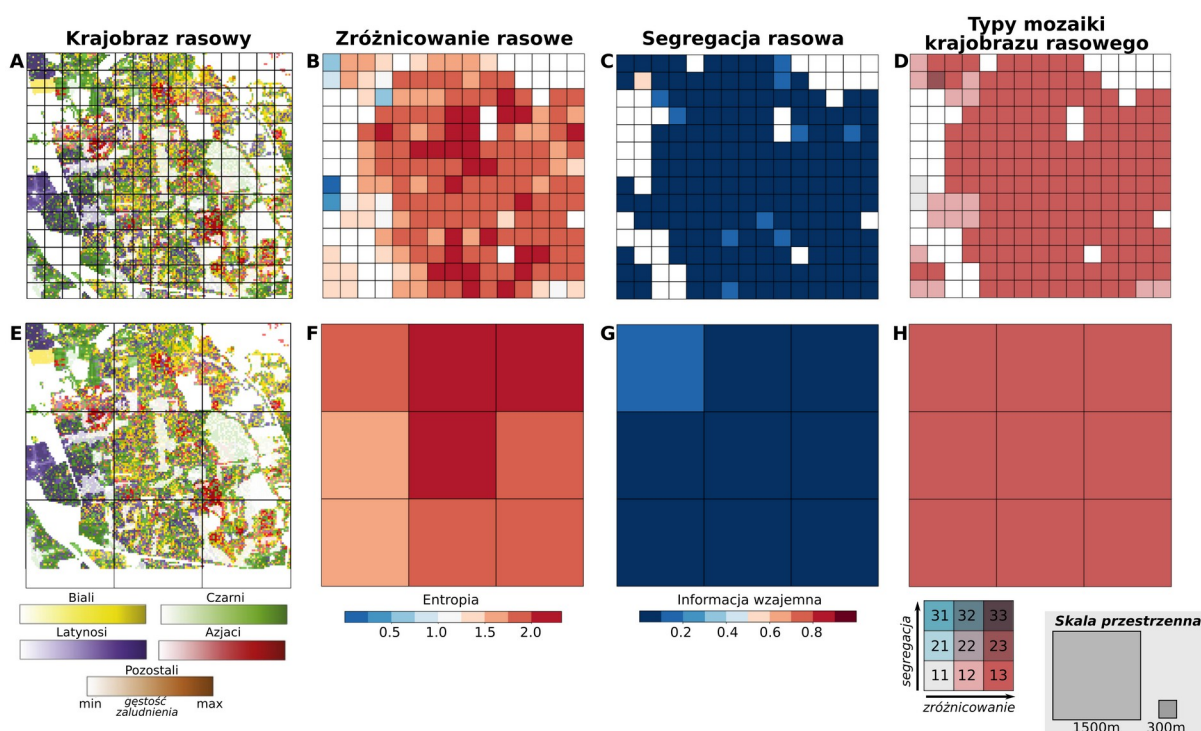


poszczególnymi grupami rasowo-etnicznymi. Wartości na przekątnej macierzy ekspozycji wskazują, jak często członkowie tej samej grupy występują obok siebie. Wysokie wartości występujące na przekątnej w porównaniu do pozostałych wartości świadczą o znacznym poziomie agregacji danej grupy. Wyższe wartości poza przekątną wskazują na większy stopień integracji zachodzący pomiędzy dwoma grupami. Przykład pokazany na rycinie 7 wskazuje, że 39% wszystkich ekspozycji przypada na członków tej samej grupy, a 61% na dwóch różnych grup. W przypadku poszczególnych grup rasowo-etnicznych można zauważyć, że ~70% ekspozycji dla białych i Azjatów przypada na inne grupy rasowo-etniczne, w przypadku czarnych jest to 57%, dla Latynosów – 55%. Macierz ekspozycji została następnie podsumowana za pomocą dwóch miar – entropii oraz informacji wzajemnej. Wartości informacji wzajemnej (0,053) oraz entropii (1,97) wskazują, że jest to obszar o niskim poziomie segregacji oraz dużym zróżnicowaniu.



Rycina 7. Schemat analizy struktury rasowo-etnicznej wykorzystujący metodę analizy krajobrazu rasowego. Szczegółowe wyjaśnienia znajdują się w tekście.

Zróżnicowanie rasowe oraz segregację rasową można analizować i prezentować oddzielnie. Jednak o wiele więcej informacji można uzyskać, wizualizując te dwie miary jednocześnie. W publikacji Dmowska i in. (2020) zaproponowałam wyróżnienie 9 typów mozaiki krajobrazu rasowego, będących kombinacją 3 typów zróżnicowania rasowego (mały, średni i duży) oraz 3 typów segregacji rasowej (mały, średni, duży). Łącząc te dwie klasyfikacje otrzymujemy 9 klas, z których każda opisuje stopień zróżnicowania i segregacji: 11 – mała segregacja/małe zróżnicowanie; 12 – mała segregacja/średnie zróżnicowanie; 13 – mała segregacja/duże zróżnicowanie; 21 – średnia segregacja/małe zróżnicowanie; 22 – średnia segregacja/średnie zróżnicowanie; 23 – średnia segregacja/duże zróżnicowanie; 31 – duża segregacja/małe zróżnicowanie; 32 – duża segregacja/średnie zróżnicowanie; 33 – duża segregacja/duże zróżnicowanie. Rycina 6 zamieszczona w publikacji Dmowskiej i in., (2020) pokazuje przykłady reprezentujące określony typ mozaiki krajobrazu rasowego. Wartości informacji wzajemnej (0,053) oraz entropii (1,97) dla przykładu prezentowanego na rycinie 7 pokazują, że obszar ten można sklasyfikować jako obszar o małej segregacji i dużym zróżnicowaniu.



Rycina 8. Zróżnicowanie krajobrazu rasowego dla różnych skal przestrzennych (objaśnienia w tekście).

Rycina 8 przedstawia przykłady zróżnicowania krajobrazu rasowego dla dwóch skal przestrzennych – 300m (pierwszy wiersz) i 1500m (drugi wiersz). Dla każdej skali pokazano krajobraz rasowy z nałożoną regularną siatką ukazującą lokalną mozaikę krajobrazową dla określonej skali przestrzennej (panel A, E), oraz mapy ukazujące rozkład przestrzenny zróżnicowania rasowego (panel B, F) i segregacji rasowej (panel C, G). Mapa typów mozaiki krajobrazu rasowego (panel D, H) pokazuje jednocześnie rozkład przestrzenny zróżnicowania rasowego oraz segregacji rasowej. Zróżnicowanie i segregacja rasowa wykazują się większą zmiennością na skalę 300 m, aniżeli 1500m. Na skalę 300 m ujawnia się kilka obszarów o niewielkim zróżnicowaniu rasowym (kolor niebieski) oraz jeden obszar o większej segregacji rasowej (kolor jasnoczerwony). W analizowanym obszarze, dla skali 300m, występują 4 typy mozaiki krajobrazu rasowego – obszary o małej segregacji/małym zróżnicowaniu (11), małej segregacji/średnim zróżnicowaniu (12), małej segregacji/dużym zróżnicowaniu oraz jeden obszar o średniej segregacji/dużym zróżnicowaniu (23). Przeważająca część obszaru na skalę 300m została sklasyfikowana jako obszar o małej segregacji i dużym zróżnicowaniu rasowym. Na skalę 1500m cały obszar został sklasyfikowany jako obszar o małej segregacji i dużym zróżnicowaniu rasowym.

## Podsumowanie

Opisane powyżej badania zostały opublikowane jako cykl czterech tematycznie powiązanych publikacji (Dmowska i Stepinski, 2017; Dmowska i in., 2017; Dmowska, 2019; Dmowska i in., 2020), które zostały przedstawione jako osiągnięcie naukowe pt. „Wykorzystanie metod analizy krajobrazowej do przestrzenno-czasowego modelowania zmian rasowo-etnicznej struktury ludności.”

Cztery publikacje, prezentowane jako osiągnięcie naukowe, przedstawiają metodykę tworzenia danych rastrowych o wysokiej rozdzielczości, reprezentujących strukturę rasowo-etniczną oraz metodykę analizy i wizualizacji zmian rasowo-etnicznej struktury ludności w oparciu o model danych rastrowych.

W publikacji **Dmowska i Stepinski (2017)** skoncentrowałam się na szczegółowym opisie metodyki modelowania dazymetrycznego zastosowanej do opracowania mapy o wysokiej rozdzielczości, a reprezentującej rozmieszczenie ogólnej liczby ludności w Stanach Zjednoczonych w 2010 roku. Model dazymetryczny został utworzony w oparciu o dane dotyczące ogólnej liczby ludności zagregowane do bloków spisowych pochodzące ze Spisu Ludności wykonanego w 2010 roku; jako dane pomocnicze została wykorzystana mapa pokrycia terenu (NLCD2011) oraz mapa użytkowania ziemi (NLUD2010; Theobald, 2014) dla Stanów Zjednoczonych. Artykuł składa się z czterech części:

1. Opisu danych wykorzystanych do utworzenia mapy o rozdzielczości 30m, przedstawiającej rozmieszczenie ogólnej liczby ludności dla kontynentalnych Stanów Zjednoczonych w 2010 roku.
2. Szczegółowego opisu metodyki modelowania dazymetrycznego wykorzystanej do utworzenia mapy o rozdzielczości 30m, przedstawiającej rozmieszczenie ogólnej liczby ludności dla kontynentalnych Stanów Zjednoczonych w 2010 roku; zastosowana metodyka została zaimplementowana w środowisku obliczeniowym R (Dmowska, 2019).
3. Wykonania kompleksowej oceny dokładności modelu dazymetrycznego – wyniki oceny zostały przedstawione jako jedna liczba (dokładność całej mapy) oraz jako dwuwymiarowy histogram pokazujący, jak zmienia się dokładność wraz ze zmianami gęstości zaludnienia. Jest to przydatna informacja, która nie jest zawarta w innych publikacjach.
4. Przedstawienia przykładów opracowanej mapy.

W publikacji **Dmowska (2019)** skupiłam się na opracowaniu w pełni zautomatyzowanego schematu obliczeniowego, który pozwoliłby na zastosowanie modelowania dazymetrycznego do opracowania map rozmieszczenia ludności w skali od regionalnej do kontynentalnej. Ten artykuł składa się z trzech części:

1. Obszernego przeglądu literatury na temat wykorzystania modelowania dazymetrycznego do tworzenia danych rastrowych o wysokiej rozdzielczości, reprezentujących rozmieszczenie ludności w skali od regionalnej do kontynentalnej.
2. Opisu zautomatyzowanego schematu obliczeniowego zaimplementowanego w środowisku obliczeniowym R, który pozwala na tworzenie map rozmieszczenia ludności w skali od regionalnej do kontynentalnej.
3. Przedstawienia przykładów map o wysokiej rozdzielczości, porównywalnych w czasie, a reprezentujących rozmieszczenie ogólnej liczby ludności dla Stanów Zjednoczonych dla lat 1990, 2000, 2010, będących częścią projektu SocScape (ang. *Social Landscape*; <http://socscape.edu.pl>).

W publikacji **Dmowska i in. (2017)** zaproponowałam zastosowanie podejścia geograficznego do analizy przestrzenno-czasowych zmian rasowo-etnicznej struktury

ludności. Podejście to łączy w sobie dwa aspekty analizy – podejście ilościowe oraz wizualizację. W publikacji tej przedstawiłam kompleksowy schemat do wizualizacji i analizy przestrzenno-czasowych zmian struktury rasowo-etnicznej z wykorzystaniem danych rastrowych. Artykuł składa się z czterech części:

1. Omówienia ograniczeń (oraz zalet) stosowania danych zagregowanych oraz danych reprezentowanych przez model rastrowy, a przedstawiających ogólną liczbę ludności oraz jej strukturę rasowo-etniczną.
2. Opisu map o wysokiej rozdzielczości, porównywalnych w czasie, opracowanych dla poszczególnych grup rasowo-etnicznych oraz map zróżnicowania rasowo-etnicznego utworzonych dla kontynentalnej części Stanów Zjednoczonych dla lat 1990, 2000, 2010.
3. Przedstawienia przykładów wykorzystania map zróżnicowania rasowo-etnicznego do wizualizacji i analizy struktury rasowo-etnicznej.
4. Wprowadzenie po raz pierwszy pojęcia „krajobrazu zróżnicowania rasowego” oraz wykorzystania metryk krajobrazowych do badań przestrzenno-czasowych zmian rasowo-etnicznej struktury ludności.

W publikacji **Dmowska i in. (2020)** przedstawiłam inny przykład zastosowania podejścia geograficznego do analizy przestrzenno-czasowych zmian rasowo-etnicznej struktury ludności. W publikacji tej skoncentrowałam się na opisanie podejścia do analizy i wizualizacji segregacji rasowej i zróżnicowania rasowego w różnych skalach przestrzennych. Jest to nowe podejście do analizy segregacji rasowej oraz zróżnicowania rasowego, oparte na koncepcji krajobrazu stosowanej w analizie krajobrazowej. W odróżnieniu od poprzednich metod, metoda analizy krajobrazu rasowego (ang. *racial landscape method*) pozwala na analizę i wizualizację, zarówno zróżnicowania rasowego, jak i segregacji rasowej, bez arbitralnego dzielenia obszaru na mniejsze jednostki przestrzenne. Niniejsza praca składa się z dwóch części:

1. Wprowadzenia koncepcji „krajobrazu rasowego” i jego kwantyfikacji za pomocą metryk zaczerpniętych z teorii informacji (entropii i informacji wzajemnej).
2. Pokazania przykładu wykorzystania metody analizy krajobrazu rasowego do analizy i wizualizacji segregacji rasowej oraz zróżnicowania rasowego w hrabstwie Cook (centralna część miasta Chicago).

Publikacje, składające się na osiągnięcie naukowe pt. **„Wykorzystanie metod analizy krajobrazowej do przestrzenno-czasowego modelowania zmian rasowo-etnicznej struktury ludności”**, wprowadzają całkowicie nowe podejście do analizy segregacji rasowej oraz zróżnicowania rasowego. Zaproponowałam zastosowanie podejścia geograficznego, które pozwala na przestrzenno-czasową analizę zmian rasowo-etnicznej struktury ludności. W podejściu tym wizualizacja jest integralną częścią analizy. Zaproponowane przeze mnie podejście wprowadza problematykę zróżnicowania rasowo-etnicznej struktury ludności na grunt badań geoprzestrzennych.

W dotychczasowych badaniach segregacja rasowa (definiowana jako „*stopień, w jakim dwie lub więcej grup żyją oddzielnie od siebie, w różnych częściach miasta*” (Massey i Denton, 1988, str. 282) była badana w sposób nieprzestrzenny przy użyciu wskaźników

segregacji (Duncan i Duncan, 1955; Theil i Finizza, 1971; Theil, 1972), które są oparte na danych tabelarycznych. **Nowość proponowanego podejścia wynika ze zmiany modelu danych opisującego strukturę rasowo-etniczną**, co otwiera nowe możliwości analizy segregacji rasowej i zróżnicowania rasowego. **W proponowanym podejściu struktura rasowo-etniczna jest reprezentowane przez skategoryzowane dane rastrowe o wysokiej rozdzielczości i analizowana w sposób podobny do mozaiki krajobrazowej w analizie krajobrazowej.**

## Najważniejsze osiągnięcia projektu

Najważniejsze osiągnięcia projektu w ramach, którego powstał cykl publikacji składających się na osiągnięcie naukowe, możemy podzielić na osiągnięcia o charakterze naukowym oraz praktycznym.

### Osiągnięcia naukowe:

1. Połączenie zagadnień dotyczących geoinformacji, zróżnicowania rasowo-etnicznej struktury ludności oraz analizy krajobrazowej.
2. Wprowadzenie do literatury pojęcia – „*krajobraz zróżnicowania rasowego*” (ang. *racial diversity landscape* lub w skrócie *diversity landscape*) oraz „*krajobraz rasowy*” (ang. *racial landscape*), rozumianych jako *przestrzenny układ enklaw rasowo-etnicznych o różnej wielkości i kształcie tworzących określoną mozaikę krajobrazową.*”
3. Wprowadzenie koncepcji krajobrazu rasowego – nowego podejścia do analizy i wizualizacji segregacji rasowej i zróżnicowania rasowego w różnych skalach przestrzennych, nie wymagającego podziału obszaru na mniejsze jednostki (co jest konieczne przy liczeniu tradycyjnych wskaźników segregacji). Wdrożenie metody analizy krajobrazu rasowego w pakiecie *raceland* w środowisku obliczeniowym R (<https://cran.r-project.org/web/packages/raceland/>) dostarcza w pełni zautomatyzowany, kompleksowy schemat przestrzenno-czasowej analizy i wizualizacji segregacji rasowej oraz zróżnicowania rasowego w różnych skalach przestrzenny.
4. Wprowadzenie podejścia geograficznego do analizy przestrzenno-czasowego zróżnicowania rasowo-etnicznej struktury ludności. Podejście to umożliwia opracowanie prawidłowości przestrzennych i czasowych zmian rasowo-etnicznej struktury ludności w różnych skalach przestrzennych (od skali lokalnej obejmującej dzielnice miast po kontynentalne Stany Zjednoczone).

### Wymierne efekty projektu:

1. Zapewnienie szerokiej społeczności (nie tylko naukowej) bezpłatnego i łatwego dostępu do szeregu opracowanych przeze mnie zbiorów danych rastrowych o wysokiej rozdzielczości, porównywalnych w czasie, a ilustrujących przestrzenno-czasowe rozmieszczenie grup rasowo-etnicznych w latach 1990, 2000, 2010. Dane te są dostępne:
  - poprzez witrynę internetową (<http://socscape.edu.pl>) oraz
  - aplikację mapową Socscape ([http://150.254.124.68/socscape\\_usa/](http://150.254.124.68/socscape_usa/)).

2. Kod algorytmów zaimplementowanych w środowisku obliczeniowym R:

- zestaw skryptów automatyzujących wykonanie modelowania dazymetrycznego w skali od regionalnej do kontynentalnej <http://socscape.edu.pl/index.php?id=software> .
- pakiet *raceland*, implementujący metodę analizy krajobrazu rasowego (<https://cran.r-project.org/web/packages/raceland/index.htm> ) wraz ze szczegółową dokumentacją (<https://nowosad.github.io/raceland/index.html> ).

## Literatura cytowana w komentarzu do osiągnięcia naukowego

- Andersson, E. K., Malmberg, B., Costa, R., Sleutjes, B., Stonawski, M. J., & De Valk, H. A. (2018). A comparative study of segregation patterns in Belgium, Denmark, the Netherlands and Sweden: Neighbourhood concentration and representation of non-European migrants. *European Journal of Population*, 34(2), 251-275.
- Bakillah, M., Liang, S., Mobasheri, A., Jokar Arsanjani, J., & Zipf, A. (2014). Fine-resolution population mapping using OpenStreetMap points-of-interest. *International Journal of Geographical Information Science*, 28(9), 1940-1963.
- Barnshaw, J., (2008). Race. [W:] Schaefer, R. T. (2008). *Encyclopedia of race, ethnicity, and society* (Vol. 1). Sage.
- Bennett, C. (2000). Racial categories used in the decennial censuses, 1790 to the present. *Government Information Quarterly*, 17(2), 161-180.
- Bhaduri, B., Bright, E., Coleman, P., & Dobson, J. (2002). LandScan. *Geoinformatics*, 5(2), 34-37.
- Bielecka, E. (2005). A dasymetric population density map of Poland. In Proceedings of the 22nd International Cartographic Conference (Vol. 9, p. 15).
- Bjelland, M.D, Montello, D.R, & Getis, A. (2020). Human geography: Landscapes of human activities. Thirteenth edition. McGraw Hill Education. pp.529
- Colby, S. L., & Ortman, J. M. (2015). Projections of the Size and Composition of the US Population: 2014 to 2060. Population Estimates and Projections. Current Population Reports. P25-1143. *US Census Bureau*.
- Costanza, J. K., Riitters, K., Vogt, P., & Wickham, J. (2019). Describing and analyzing landscape patterns: where are we now, and where are we going? *Landscape Ecology*, 34(9), 1-7.
- Dmowska, A. (2019). Dasymetric modelling of population distribution – large data approach. *Quaestiones Geographicae*, 38(1), 15-27.
- Dmowska, A., & Stepinski, T. F. (2017). A high resolution population grid for the conterminous United States: The 2010 edition. *Computers, Environment and Urban Systems*, 61, 13-23.
- Dmowska, A., & Stepinski, T. F. (2018). Spatial approach to analyzing dynamics of racial diversity in large US cities: 1990–2000–2010. *Computers, Environment and Urban Systems*, 68, 89-96.
- Dmowska, A., Stepinski, T. F., & Netzel, P. (2017). Comprehensive framework for visualizing and analyzing spatio-temporal dynamics of racial diversity in the entire United States. *PLoS One*, 12(3), e0174993.
- Dmowska, A., Stepinski, T. F., & Nowosad, J. (2020). Racial Landscapes – a pattern-based, zoneless method for analysis and visualization of racial topography. *Applied Geography*, 122, 102239.
- Doxsey-Whitfield, E., MacManus, K., Adamo, S. B., Pistolesi, L., Squires, J., Borkovska, O., & Baptista, S. R. (2015). Taking advantage of the improved availability of census data: a first look at the gridded population of the world, version 4. *Papers in Applied Geography*, 1(3), 226-234.
- Duncan, O. D., & Duncan, B. (1955). A methodological analysis of segregation indexes. *American sociological review*, 20(2), 210-217.
- Eicher, C. L., & Brewer, C. A. (2001). Dasymetric mapping and areal interpolation: Implementation and evaluation. *Cartography and Geographic Information Science*, 28(2), 125-138.

- Farley, R., & Frey, W. H. (1994). Changes in the segregation of whites from blacks during the 1980s: Small steps toward a more integrated society. *American sociological review*, 23-45.
- Farrell, C. R. (2008). Bifurcation, Fragmentation or Integration? The Racial and Geographical Structure of US Metropolitan Segregation, 1990–2000. *Urban Studies*, 45(3), 467-499.
- Fischer, C. S., Stockmayer, G., Stiles, J., & Hout, M. (2004). Distinguishing the geographic levels and social dimensions of US metropolitan segregation, 1960–2000. *Demography*, 41(1), 37-59.
- Fischer, M. J. (2003). The relative importance of income and race in determining residential outcomes in US urban areas, 1970-2000. *Urban Affairs Review*, 38(5), 669-696.
- Fry, J. A., Coan, M. J., Homer, C. G., Meyer, D. K., & Wickham, J. D. (2008). Completion of the National Land Cover Database (NLCD) 1992–2001 land cover change retrofit product. *US Geological Survey open-file report*, 1379, 18.
- Gallego, F. J. (2010). A population density grid of the European Union. *Population and Environment*, 31(6), 460-473.
- Gaughan, A. E., Stevens, F. R., Linard, C., Jia, P., & Tatem, A. J. (2013). High resolution population distribution maps for Southeast Asia in 2010 and 2015. *PloS one*, 8(2), e55882.
- Goodchild, M. F., Anselin, L., & Deichmann, U. (1993). A framework for the areal interpolation of socioeconomic data. *Environment and planning A*, 25(3), 383-397.
- Goodchild, M. F., & Lam, N. S. N. (1980). *Areal interpolation: a variant of the traditional spatial problem*. London, ON, Canada: Department of Geography, University of Western Ontario.
- Gustafson, E. J. (1998). Quantifying landscape spatial pattern: what is the state of the art?. *Ecosystems*, 1(2), 143-156.
- Gustafson, E. J. (2019). How has the state-of-the-art for quantification of landscape pattern advanced in the twenty-first century?. *Landscape Ecology*, 34(9), 2065-2072.
- Haines-Young, R., & Chopping, M. (1996). Quantifying landscape structure: a review of landscape indices and their application to forested landscapes. *Progress in physical geography*, 20(4), 418-445.
- Haralick, R. M., Shanmugam, K., & Dinstein, I. H. (1973). Textural features for image classification. *IEEE Transactions on systems, man, and cybernetics*, (6), 610-621.
- Hesselbarth, M. H., Sciaini, M., With, K. A., Wiegand, K., & Nowosad, J. (2019). landscapemetrics: an open source R tool to calculate landscape metrics. *Ecography*, 42(10), 1648-1657.
- Holloway, S. R., Wright, R., & Ellis, M. (2012). The racially fragmented city? Neighborhood racial segregation and diversity jointly considered. *The Professional Geographer*, 64(1), 63-82.
- Iceland, J., Weinberg, D. H., & Steinmetz, E. (2002). *Racial and ethnic residential segregation in the United States 1980-2000* (Vol. 8, No. 3). Bureau of Census.
- Kistowski, M. (2018). Rozumienie krajobrazu przez geografów – przyrodników. On-line: [https://arch.pg.edu.pl/documents/10613/73017270/M\\_Kistowski\\_rozumienie%20krajobrazu%20przez%20geograf%C3%B3w-przyrodnik%C3%B3w.pdf](https://arch.pg.edu.pl/documents/10613/73017270/M_Kistowski_rozumienie%20krajobrazu%20przez%20geograf%C3%B3w-przyrodnik%C3%B3w.pdf) (dostępny 10.02.2021).
- Langford, M., & Unwin, D. J. (1994). Generating and mapping population density surfaces within a geographical information system. *The Cartographic Journal*, 31(1), 21-26.
- Langford, M. (2013). An evaluation of small area population estimation techniques using open access ancillary data. *Geographical Analysis*, 45(3), 324-344.
- Lee, B. A., Iceland, J., & Farrell, C. R. (2014). Is ethnoracial residential integration on the rise? Evidence from metropolitan and micropolitan America since 1980. In *Diversity and disparities: America enters a new century* (pp. 415-456). Russell Sage Foundation.
- Lee, S. M. (1993). Racial classifications in the US Census: 1890–1990. *Ethnic and racial studies*, 16(1), 75-94.
- Massey, D. S., & Denton, N. A. (1988). The dimensions of residential segregation. *Social forces*, 67(2), 281-315.
- Massey, D. S. (1993). Latinos, poverty, and the underclass: A new agenda for research. *Hispanic Journal of Behavioral Sciences*, 15(4), 449-475.

- Massey, D. S., & Hajnal, Z. L. (1995). The changing geographic structure of black-white segregation in the United States. *Social Science Quarterly*, 527-542.
- McGarigal, K. (1995). *FRAGSTATS: spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure* (Vol. 351). US Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station.
- Mennis, J. (2003). Generating surface models of population using dasymetric mapping. *The Professional Geographer*, 55(1), 31-42.
- Mennis J. (2009). Dasymetric mapping for estimating population in small areas. *Geography Compass* 3(2), 727-745.
- Mileu N., Queirós M. (2018). Development of a QGIS plugin to dasymetric mapping. Free and Open Source Software for Geospatial (FOSS4G) Conference Proceedings 18: 9. On-line: <https://scholarworks.umass.edu/foss4g/vol18/iss1/9/> (dostępny 10.02.2021).
- Myga-Piątek, U. (2001). Spór o pojęcie krajobrazu w geografii i dziedzinach pokrewnych. *Przegląd Geograficzny*, 73(1/2), 163-176
- Nowosad, J., & Stepinski, T. F. (2019). Information theory as a consistent framework for quantification and classification of landscape patterns. *Landscape Ecology*, 34(9), 2091-2101.
- Parisi, D., Lichter, D. T., & Taquino, M. C. (2011). Multi-scale residential segregation: Black exceptionalism and America's changing color line. *Social Forces*, 89(3), 829-852.
- Petrov, A. (2012). One hundred years of dasymetric mapping: back to the origin. *The Cartographic Journal*, 49(3), 256-264.
- Pietrzak, M. (2010). Podstawy i zastosowania ekologii krajobrazu: teoria i metodologia. Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa im. JA Komeńskiego.
- Reardon, S. F., & Firebaugh, G. (2002). Measures of multigroup segregation. *Sociological methodology*, 32(1), 33-67.
- Richling, A. (2014). Ekologia krajobrazu – nauka czy pole badawcze?. *Problemy Ekologii Krajobrazu*, 21(21), 11-17.
- Richling, A. (2012). Główne kierunki badań nad krajobrazem. *Problemy Ekologii Krajobrazu*, 33, 9-15.
- Richling, A., & Solon, J. (2011). Ekologia krajobrazu, wyd. Naukowe PWN, Warszawa.
- Shannon, C. E. (1948). A mathematical theory of communication. *The Bell system technical journal*, 27(3), 379-423.
- Sleeter, R., & Gould, M. D. (2007). Geographic information system software to remodel population data using dasymetric mapping methods. US Department of the Interior, US Geological Survey.
- Stepinski, T. F., & Dmowska, A. (2019). Imperfect melting pot—Analysis of changes in diversity and segregation of US urban census tracts in the period of 1990–2010. *Computers, Environment and Urban Systems*, 76, 101-109.
- Sturgis, P., Brunton-Smith, I., Kuha, J., & Jackson, J. (2014). Ethnic diversity, segregation and the social cohesion of neighbourhoods in London. *Ethnic and Racial Studies*, 37(8), 1286-1309.
- Theil, H. (1972). Statistical decomposition analysis North-Holland Amsterdam.
- Theil, H., & Finizza, A. J. (1971). A note on the measurement of racial integration of schools by means of informational concepts.
- Theobald, D. M. (2014). Development and applications of a comprehensive land use classification and map for the US. *PloS one*, 9(4), e94628.
- Turner, M. G., Gardner, R. H., O'Neill, R. V., Gardner, R. H., & O'Neill, R. V. (2001). *Landscape Ecology in Theory and Practice*, vol. 401 Springer. New York.
- White, M. J. (1986). Segregation and diversity measures in population distribution. *Population index*, 198-221.
- Wong, D. W. (2016). From aspatial to spatial, from global to local and individual: Are we on the right track to spatialize segregation measures?. [W:] *Recapturing space: New middle-range theory in spatial demography* (pp. 77-98). Springer, Cham.



- Wright, J. K. (1936). A method of mapping densities of population: With Cape Cod as an example. *Geographical Review*, 26(1), 103-110.
- Wu, J. (2013). Key concepts and research topics in landscape ecology revisited: 30 years after the Allerton Park workshop. *Landscape ecology*, 28(1), 1-11.
- Zwierzchowska, I., Stępniewska, M., & Łowicki, D. (2010). Możliwości wykorzystania programu Fragstats w badaniach środowiska przyrodniczego. *Przegląd Geograficzny*, 82(1), 85–102

## 5. Informacja o wykazywaniu się istotną aktywnością naukową albo artystyczną realizowaną w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej lub instytucji kultury, w szczególności zagranicznej.

W latach 2013-2016 oraz 2018-2020 byłam zatrudniona na stanowisku post-doc w Space Informatics Lab, Department of Geography and GIS, University of Cincinnati, OH, USA. W okresie tym, we współpracy z prof. Tomaszem Stepinskim zrealizowałam kilka projektów dotyczących przestrzenno-czasowej analizy i wizualizacji zróżnicowania rasowego i segregacji rasowej w Stanach Zjednoczonych. Wyniki zrealizowanych projektów zostały opublikowane w serii prac naukowych oraz zaprezentowane na międzynarodowych konferencjach w formie referatów oraz posterów. Do najważniejszych konferencji, na których prezentowałam wyniki należą: *GeoComputation*, konferencja *Why R?*, *Annual Meeting of Population Association of America*, *European Colloquium on Theoretical and Quantitative Geography*.

Do ważniejszych projektów zrealizowanych w trakcie stypendium post-doktorskiego należą:

- wizualizacja rasowo-etnicznej struktury ludności Stanów Zjednoczonych;
- opracowanie metodyki modelowania dazymetrycznego do dekompozycji danych rastrowych;
- wykorzystanie analizy fraktalnej oraz prawa potęgowego w opisie rozmieszczenia ogólnej liczby ludności oraz jej struktury rasowo-etnicznej;
- przestrzenno-czasowe zróżnicowanie struktury rasowo-etnicznej ludności w skali lokalnej.

Poniżej opisałam najważniejsze wyniki otrzymane w ramach zrealizowanych projektów. Wymienione poniżej projekty omawiane są w publikacjach nie wchodzących w skład osiągnięcia naukowego będącego podstawą wniosku habilitacyjnego.

### 5.1 Wizualizacja struktury rasowo-etnicznej Stanów Zjednoczonych.

Ograniczony dostęp do gotowych do wykorzystania map powoduje, że nie są one szeroko wykorzystywane w studiach demograficznych. Celem tego projektu było opracowanie oraz dostarczenie szerokiej społeczności (nie tylko akademickiej oraz naukowej) map pozwalających na wizualizację zmian struktury rasowo-etnicznej dowolnego obszaru w Stanach Zjednoczonych. Wypracowane dane stanowią istotny materiał edukacyjny oraz naukowy, pokazujący ewolucję struktury rasowo-etnicznej Stanów Zjednoczonych w różnych skalach przestrzennych (dzielnica, miasto, kontynentalne Stany Zjednoczone). Wizualizacja struktury rasowo-etnicznej ludności stanowi pierwszy etap prowadzący do zrozumienia zmian zachodzących w danym obszarze.

Opracowane dane zostały udostępnione poprzez witrynę internetową (<http://socscape.edu.pl>). Witryna internetowa pozwala na pobranie danych dla poszczególnych hrabstw (ang. *counties*) oraz obszarów metropolitalnych (ang. *metropolitan statistical area* – MSA) w postaci archiwów w formacie zip.

W ramach tego projektu opracowałam 3 zestawy danych:

- mapy zmian zróżnicowania rasowo-etnicznego dla okresu 1990-2000, 2000-2010 oraz 1990-2010 (ang. *racial diversity change map*);

- rasowo-etniczne mapy kropkowe (ang. *racial dot map*) dla poszczególnych hrabstw w USA dla 2010 roku (Dmowska i Stepinski, 2019);
- zestaw map zróżnicowania rasowo-etnicznego dla lat 1910-2010 wykonanych dla 63 miast Stanów Zjednoczonych na podstawie zagregowanych obszarów spisowych (ang. *census tract*).

Dane są zapisane w formacie ESRI Shapefile i są przeznaczone do dalszego przetwarzania wykorzystując oprogramowanie GIS.

Problematyka zestawiona w tym punkcie została opublikowana w 3 publikacjach (w tym dwie z listy JCR) , 2 publikacjach w materiałach konferencyjnych oraz była przedmiotem 3 wystąpień na konferencjach (Why R? 2018, Annual Meeting of Population Association of America 2017, 2019).

## 5.2 Opracowanie metodyki modelowania dazymetrycznego do dekompozycji danych rastrowych

Modelowanie dazymetryczne jest metodą służącą do przekształcania danych z jednego zestawu granic w inny. Modelowanie dazymetryczne stosuje się najczęściej do przekształcania danych zagregowanych do jednostek spisowych do danych reprezentowanych w siatce rastrowej. Nowość zaproponowanego przeze mnie podejścia polega na wykorzystaniu danych rastrowych reprezentujących rozmieszczenie ludności jako danych wejściowych do modelowania dazymetrycznego.

W publikacji Dmowska i Stepinski (2014) przedstawiłam wyniki opracowania danych rastrowych o wysokiej rozdzielczości (90m) prezentujących rozmieszczenie ogólnej liczby ludności i jej struktury rasowo-etnicznej przygotowane w oparciu o dane rastrowe o rozdzielczości 30 sekund kątowych (ok. 1km) obejmujące całe Stany Zjednoczone oraz dane o rozdzielczości 7,5 sekundy kątowej (ok. 250m) dostępne dla większych obszarów metropolitalnych. Dane wejściowe dla lat 1990 oraz 2000 zostały przygotowane oraz udostępnione przez Socioeconomic Data and Applications Center.

Problematyka zestawiona w tym punkcie została opublikowana w 3 artykułach (w tym jeden z listy JCR) oraz była przedmiotem 3 wystąpień na konferencjach (GeoComputation 2015, Annual Meeting of Population Association of America 2015, The Second Conference at Villa Vigoni, on the topic of "Ecosystems and human wellbeing in the green economy")

*Artykuł cytowany w tym punkcie:*

Dmowska, A., & Stepinski, T. F. (2014). High resolution dasymmetric model of US demographics with application to spatial distribution of racial diversity. *Applied Geography*, 53, 417-426.

### 5.3 Wykorzystanie analizy fraktalnej oraz prawa potęgowego w opisie rozmieszczenia ogólnej liczby ludności oraz jej struktury rasowo-etnicznej.

W analizie struktury przestrzennej miast często wykorzystuje się dwa podejścia: analizę fraktalną oraz tzw. skalowanie – zmianę cech (np. wielkości pól użytkowania terenu) zgodnie z określoną funkcją (np. z funkcją wykładniczą (ang. *power law, scaling*)). Funkcja wykładnicza w naukach przyrodniczych i społeczno-ekonomicznych wykorzystywana jest do opisu rozkładu wielu cech (np. wielkości pól użytkowania terenu, wielkość pól roślinności na pustyni, zasięg pożarów lasów, wielkość miast, wielkość pól obszarów zamieszkałych/niezamieszkałych itd.).

W publikacji Stepinski i Dmowska (2020) pokazaliśmy, że również przestrzenny rozkład struktury rasowo-etnicznej można opisać za pomocą funkcji wykładniczej (ang. *power law*). W analizie wykorzystaliśmy mapę zróżnicowania rasowo-etnicznego, która została zsegmentowana na obszary o jednorodnym typie struktury rasowo-etnicznej tworzącym oddzielne enklawy. Każda enklawa została opisana przez trzy atrybuty: typ zróżnicowania rasowo-etnicznego, powierzchnię (wyrażoną liczbą komórek) oraz liczbę ludności zamieszkująca daną enklawę. Wyniki dla 41 miast Stanów Zjednoczonych wskazują, że wielkość enklaw (opisana za pomocą powierzchni i liczby ludności) ma rozkład wykładniczy lub też rozkład bardzo zbliżony do wykładniczego. Wynik taki otrzymaliśmy dla enklaw zebranych z wszystkich 41 miast, dla każdego miasta oddzielnie oraz dla enklaw mających określony typ zróżnicowania rasowo-etnicznego. Średnia wartość wykładnika potęgi funkcji wykładniczej ( $\alpha$ ), obliczona na podstawie enklaw ze wszystkich 41 miast, wynosi dla danych z 1990 roku 1,64/1,68 dla powierzchni/liczby ludności oraz dla danych z 2010 roku 1,70/1,74 (odpowiednio dla powierzchni i liczby ludności).

Wyniki przedstawione w tej publikacji (wielkość enklaw ma rozkład wykładniczy) przedstawia empiryczne (obserwowalne) oraz numeryczne ograniczenia dla modeli oraz teorii socjologicznych wyjaśniających rozwój segregacji rasowej. Naszym zdaniem segregacja rasowa może być opisana przez mechanizm preferencyjnego przywiązania (ang. *preferential attachment*).

W publikacji Saeedimoghaddam, M., i in. (2020) przeanalizowaliśmy jak wielofraktalna struktura miasta zależy od wyboru cechy ją opisującej. Dla 6 obszarów zurbanizowanych w Stanach Zjednoczonych opisaliśmy strukturę przestrzenną miasta wykorzystując dane o pokryciu terenu, dane o obszarach nieprzepuszczalnych, rozkład skrzyżowań ulic oraz dane rastrowe o wysokiej rozdzielczości przedstawiające rozmieszczeniu ludności. Uzyskane wyniki pokazały, że stopień zróżnicowania struktury miasta opisany poprzez wymiar fraktalny/wielofraktalny ściśle zależy od wyboru danych opisujących tą strukturę.

Problematyka zestawiona w tym punkcie została opublikowana w 2 artykułach znajdujących się w Journal Citation Report oraz była przedmiotem 1 wystąpienia na konferencji (European Colloquium on Theoretical and Quantitative Geography 2019).

Artykuły cytowane w tym punkcie

- Saeedimoghaddam, M., Stepinski, T. F., & Dmowska, A. (2020). Rényi's spectra of urban form for different modalities of input data. *Chaos, Solitons & Fractals*, 139, 109995.
- Stepinski, T. F., & Dmowska, A. (2020). Complexity in patterns of racial segregation. *Chaos, Solitons & Fractals*, 140, 110207.

## 5.4 Przestrzenno-czasowe zróżnicowanie struktury rasowo-etnicznej ludności w skali lokalnej

Publikacja:

Stepinski, T. F., & Dmowska, A. (2019). *Imperfect melting pot – Analysis of changes in diversity and segregation of US urban census tracts in the period of 1990–2010*. *Computers, Environment and Urban Systems*, 76, 101-109.

Analizy zróżnicowania rasowego segregacji rasowej są powszechnie przeprowadzane na poziomie całego obszaru metropolitalnego, a wyniki przedstawiane są w postaci jednej liczby, wskazującej poziom zróżnicowania (lub segregacji) dla całego obszaru metropolitalnego. W niniejszej publikacji przedstawiliśmy analizę zmienności zróżnicowania rasowego oraz segregacji rasowej w skali lokalnej – na poziomie obszarów spisowych (ang. *census tracts*), utożsamianych z dzielnicami.

Wskaźniki zróżnicowania rasowego (wyrażonego entropią) oraz segregacji rasowej (wyrażonej poprzez wskaźnik teorii informacji H) obliczono dla 30 000 obszarów spisowych pochodzących z 41 miast Stanów Zjednoczonych; analizę wykonano dla roku 1990 oraz 2010. Analiza statystyczna tego zbioru danych wskazuje, że w latach 1990–2010 obszary spisowe zwiększyły swoje zróżnicowanie rasowe (wynik także uzyskiwany na poziomie całych obszarów metropolitalnych). Jednakże, w przeciwieństwie do obszarów metropolitalnych, w okresie 1990–2010 zwiększyła się także segregacja wewnątrz obszarów spisowych.

Najważniejszym osiągnięciem tej publikacji jest wykorzystanie rasowo-etnicznej mapy kropkowej do powiązania wartości wskaźników zróżnicowania rasowego oraz segregacji rasowej z określonymi mozaiką struktury rasowo-etnicznej. Do ważnych osiągnięć tej publikacji należy także powiązanie wskaźników zróżnicowania rasowego oraz segregacji rasowej z teorią informacji. Publikacja ta stanowi przykład zastosowania podejścia geograficznego do analizy zróżnicowania rasowo-etnicznej struktury ludności, w którym dwa aspekty analizy – podejście ilościowe oraz wizualizacja są ze sobą ściśle powiązane.

## 6. Informacja o osiągnięciach dydaktycznych, organizacyjnych oraz popularyzujących naukę lub sztukę.

### 6.1 Działalność dydaktyczna

Moja działalność dydaktyczna obejmowała:

- **Prowadzenie zajęć dydaktycznych** na studiach inżynierskich z zakresu Geoinformacji oraz na kierunkach Geografia, specjalność Geoinformacja, Ochrona środowiska, Kształtowanie środowiska przyrodniczego, Zarządzanie środowiskiem. W poszczególnych latach prowadziłam między 275-330 godzin (pensum: 210h). Prowadzone przeze mnie zajęcia obejmują następujące przedmioty:
  - Statystyka,
  - Statystyka i rachunek prawdopodobieństwa,
  - Geostatystyka,
  - Geostatystyka i analiza przestrzenna,
  - Geograficzne Systemy Informacji Przestrzennej,
  - Geoinformacja (zajęcia prowadzone w oparciu o oprogramowanie ArcGIS, IDRISI),
  - Geoinformacyjna analiza środowiska,
  - Systemy Informacji Geograficznej,
  - Wizualizacja kartograficzna,
  - Modelowanie systemów przyrodniczych,
  - Grafika inżynierska,
  - Grafika komputerowa,
  - Podstawy programowania,
  - Analiza geoinformacyjna (wykład, ćwiczenia),
  - Język angielski specjalnościowy (zaplanowany na semestr letni 2020/2021)
  - Zaawansowane metody wizualizacji (zaplanowany na semestr letni 2020/2021).
  - Kartografia i systemy informacji przestrzennej.
- **Opiekę nad pracami licencjackimi oraz magisterskimi**
  - Promotor jednej pracy licencjackiej na geografii ze specjalnością Geoinformacja.
  - Opiekun prac magisterskich realizowanych pod kierunkiem prof. zw. Andrzeja Kostrzewskiego z zakresu analiz morfometrycznych rzeźby terenu oraz dynamiki transportu fluwialnego (4 prace).
- **Recenzowanie prac inżynierskich oraz licencjackich** – recenzent 10 prac na kierunku/specjalności Geoinformacja
- **Kursy i szkolenia**
  - współprowadzenie z prof. UAM dr hab. Alfredem Stachem warsztatów pt. „Geograficzne aplikacje geostatystyki: struktura przestrzenna, estymacja, symulacja, optymalizacja.” w trakcie Warsztatów Geograficznych, „GIS – platforma integracyjna geografii” Poznań 15 – 19 czerwca 2009;
  - współprowadzenie z prof. UAM dr hab. Alfredem Stachem warsztatów pt. „Ocena przestrzenna opadów w modelowaniu obiegu wody i bilansowaniu

zasobów zlewni rzecznej.” w trakcie Warsztatów Geograficznych, „GIS – woda w środowisku” Poznań 7-11 czerwca 2010;

- przeprowadzenie warsztatów dla uczniów szkół w ramach Festiwalu Nauki i Sztuki w Poznaniu (w roku 2010 oraz 2012);
- współprowadzenie praktycznego szkolenia dotyczącego wykonywania modelowania hydrologicznego z wykorzystaniem modelu SWAT w trakcie XVIII Szkoły Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego (Storkowo, 17 - 20 października 2012);
- prezentacje w trakcie obchodów Dnia Systemów Informacji Geograficznej (UAM – 2006, University of Cincinnati – 2015);
- przeprowadzenie warsztatów pt. „Mapy cyfrowe w sieci” podczas Seminarium dla nauczycieli, w trakcie XLIV Olimpiady Geograficznej (10.02.2018);
- wygłoszenie referatu pt. „Nowoczesne mapy geodemograficzne” dla uczniów szkół ponadgimnazjalnych w Nadnoteckim Instytucie UAM w Piławie, GIS Day UAM Piła, 9.03.2018;
- przeprowadzenie warsztatów w ramach XXIV Szkoły Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego w Stacji Bazowej Roztocze Roztoczańskiego Parku Narodowego dotyczące „Zastosowania statystyki w raportach Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego”.

## 6.2 Działalność organizacyjna

W okresie od 2007 roku moja działalność organizacyjna obejmowała:

- sprawowanie funkcji opiekuna roku dla Geografii, specjalność Geoinformacja (dwukrotnie) oraz opiekuna Geoinformacji (studia inżynierskie),
- udział w pracach komisji dydaktycznej do spraw specjalności/kierunku Geoinformacja w zakresie ułożenia programu studiów oraz tworzenia oraz weryfikacji sylabusów,
- ekspert w zakresie metod statystycznych w ogólnopolskim programie Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego (ZMŚP) powiązany z systemem europejskim Integrated Monitoring,
- udział we współorganizacji konferencji naukowych:
  - członek 2 komitetów organizacyjnych oraz sekretarz VII edycji konferencji Geneza, Litologia, Stratygrafia Utworów Czwartorzędowych
  - pomoc przy innych konferencjach i warsztatach organizowanych przez Zakład Geoekologii/Zakład Geoinformacji, WNGiG UAM (m.in. Zjazd Geomorfologów Polskich, Geneza, Litologia i Stratygrafia Utworów Czwartorzędowych, Ogólnopolska konferencja naukowa Funkcjonowanie geoekosystemów zlewni rzecznych – edycja V i VI, warsztaty i szkolenia prowadzone w ramach Szkół ZMŚP organizowanych w Stacji Badawczej w Storkowie oraz w Białej Górze, Warsztaty Geograficzne, „GIS – platforma integracyjna geografii”);
- recenzje artykułów dla 8 czasopism.

Ponadto w okresie 2003 – 2007 jako członek Studenckiego Koła Naukowego Geografów im. Stanisława Pawłowskiego brałam corocznie udział w organizacji Dnia GISu na Wydziale Nauk Geograficznych i Geologicznych.

## 7. Informacja o wykazywaniu się istotną aktywnością naukową nie będącą efektem współpracy międzynarodowej.

### 7.1. Cyfrowa adaptacja analogowych map geomorfologicznych

W 2006 oraz 2007 roku brałam udział w dwóch projektach mających na celu opracowanie cyfrowych wersji analogowych map geomorfologicznych. Cyfrowa adaptacja map geomorfologicznych obejmuje kilka etapów (Dmowska i in., 2010): (1) przygotowanie materiałów źródłowych; (2) skanowanie mapy; (3) georeferencję (rektyfikację) obrazu rastrowego mapy poprzez transformację afiniczną; (4) digitalizację ekranową obrazu rastrowego (5) łączenie arkuszy mapy w mapę bezarkuszową; (6) konsultacje w zakresie wyjaśniania niezgodności atrybutowych na stykach arkuszy; (7) utworzenie poprawnej atrybutowej bazy danych geomorfologicznych; (8) przystosowanie i redakcję sygnatury mapy geomorfologicznej (np. zastąpienie legendy sygnaturowej i szrafowej legendą barwną); (9) edytorskie opracowanie mapy do druku.

Pierwszy projekt obejmował opracowanie cyfrowej adaptacji **Mapy Geomorfologicznej Niziny Wielkopolsko-Kujawskiej**. Mapa ta została opracowana w latach 50. XX wieku (a następnie częściowo zaktualizowana w latach 60. XX wieku) w formie 77 arkuszy w skali 1: 100 000 przez zespół kierowany przez prof. B. Krygowskiego. W 2006 zespół złożony z 18 studentów Sekcji Geoinformacji Studenckiego Koła Naukowego Geografów pod opieką naukową pracowników Instytutu Geologii i Geoinformacji (prof. zw. dr hab. Andrzeja Karczewskiego, prof. UAM dr hab. Małgorzaty Mazurek, prof. UAM dr hab. Alfreda Stacha oraz prof. dr hab. Zbigniewa Zwolińskiego) opracował cyfrową wersję Mapy Geomorfologicznej Niziny Wielkopolsko-Kujawskiej pod red. B. Krygowskiego. Opracowanie cyfrowej wersji mapy było ogromnym przedsięwzięciem organizacyjnym oraz technicznym. Georeferencja, digitalizacja i weryfikacja zdigitalizowanego materiału zajęła ponad 1000 godzin pracy. Poszczególne etapy opracowania mapy zostały przedstawione w prezentacji Czepkiewicza i Dmowskiej dostępnej na stronie

[http://igig.amu.edu.pl/\\_data/assets/pdf\\_file/0009/164187/Digitalizacja\\_mapy\\_BK.pdf](http://igig.amu.edu.pl/_data/assets/pdf_file/0009/164187/Digitalizacja_mapy_BK.pdf)

Moja rola w tym projekcie obejmowała:

- georeferencję 77 arkuszy mapy,
- koordynację prac zespołu studentów Sekcji Geoinformacji digitalizujących poszczególne arkusze map,
- digitalizację arkuszy mapy,
- łączenie arkuszy mapy w mapę bezarkuszową
- tworzenie oraz korekta bazy danych form geomorfologicznych (wraz z M.Czepkiewiczem);
- opracowanie końcowej wersji cyfrowej przeznaczonej do publikacji.

Drugi projekt obejmował opracowanie cyfrowej adaptacji mapy **Geomorfologia Pojezierza Myśluborskiego i Niziny Szczecińskiej** autorstwa profesora Andrzeja Karczewskiego. W 2007 roku zespół złożony ze studentów Geoinformacji oraz pracowników Instytutu Geologii i Geoinformacji opracował cyfrową wersję mapy.

Moja rola w tym projekcie obejmowała:

- georeferencję mapy,
- koordynację prac zespołu studentów Geoinformacji digitalizujących mapę,



- przystosowanie i redakcję sygnatury mapy geomorfologicznej,
- edytorskie opracowanie mapy do druku.

Obie mapy zostały wydane w wersji papierowej oraz dostępne są jako pliki wektorowe do dalszego przetwarzania w oprogramowaniu GIS. Obie mapy dostępne są na stronie Instytutu Geokologii i Geoinformacji WNGiG UAM (<http://igig.amu.edu.pl/strona-glowna/igig/badania-naukowe/badania-dla-praktyki>).

Wypracowana metodyka cyfrowej adaptacji map geomorfologicznych została opublikowana w artykule Dmowskiej i in. (2010) oraz przedstawiona na dwóch konferencjach (V Seminarium Geneza, Litologia, Stratygrafia Utworów Czwartorzędowych, 2008; Konferencja Geomorfologów Polskich: Metody badań w geomorfologii, 2008).

Artykuł cytowany w tym punkcie:

Dmowska, A., Gudowicz, J., & Zwoliński, Z. (2010). Cyfrowa adaptacja analogowych map geomorfologicznych. *Landform Analysis*, 12, 35-47.

## 7.2. Analiza zróżnicowania właściwości fizykochemicznych wód powierzchniowych zlewni górnej Parsęty

Problematyka przedstawiona w tym punkcie jest rozwinięciem problematyki badawczej realizowanej w ramach rozprawy doktorskiej. Zaowocowała ona dwoma publikacjami:

- Stach, A., & Dmowska, A. (2014). Szacowanie charakterystyk hydrologicznych w sieciach rzecznych—przykład zlewni Górnej Parsęty. *Monografie Komitetu Gospodarki Wodnej PAN*, XX, 281-291.
- Kostrzewski, A., Zwoliński, Z., Mazurek, M., Stach, A., & Dmowska, A. (2016). Spatial Variability of Physical and Chemical Properties of River Water in the Upper Parsęta Catchment During Rising Spring Flows. *Prace Geograficzne*, 2016 (Zeszyt 144), 49-67.

W publikacji Stach i Dmowska (2014) przedstawiliśmy możliwości zastosowania geostatystycznej metodyki estymacji czasoprzestrzennych charakterystyk hydrologicznych sieci rzecznych. Metodyka została zilustrowana na przykładzie danych hydrochemicznych zebranych przeze mnie w marcu 2009 roku w trakcie kartowania hydrochemicznego w zlewni górnej Parsęty (Pomorze Zachodnie).

Kostrzewski i in. (2016) przeanalizowali przestrzenne zróżnicowanie właściwości fizykochemicznych wód rzecznych zlewni górnej Parsęty w okresie wysokich przepływów. Analiza została wykonana na podstawie pomiarów zebranych w trakcie 6 kartowań hydrochemicznych wykonanych w okresie wiosennym. W opracowaniu wykorzystano metodę klasyfikacji rozmytych (ang. *fuzzy k-means clustering*) do wyznaczenia grup hydrochemicznych. Uzyskane wyniki wskazują, że w okresie wiosennym warunki meteorologiczne i hydrologiczne występujące przed pobraniem próbek mają duży wpływ na chemizm wód zlewni górnej Parsęty. Warunki hydrometeorologiczne w okresie poprzedzającym kartowanie hydrochemiczne znacznie osłabiają przestrzenne zróżnicowanie charakterystyk litologicznych i hydrogeologicznych, które to decydują o zróżnicowaniu składu chemicznego wód w okresie niewielkich odpływów. Mój wkład w publikację obejmował wykonanie dwóch kartowań hydrochemicznych, statystyczne opracowanie danych oraz przygotowanie pierwszej wersji manuskryptu.