

## Wykorzystanie zdjęć LANDSAT w badaniu struktury sieci osadniczej w wybranych krajach pozaeuropejskich

*LANDSAT Images Usage in Research of Settlement Network Structure in Chosen Non-European Countries*

Anna GRZEGORCZYK

**Słowa kluczowe:** LANDSAT, struktura sieci osadniczej

**Key words:** LANDSAT, Settlement network structure

The main aim of the article is to assess the usage of the following methods for the settlement structure analysis: satellite images interpretation, Zipf rule and nearest neighbour index. This assessment is carried out during the analysis of the relationship between socio-economic development level and the diversification and complexity of settlement

Settlement network development was especially investigated in the 1950. and 1960. R. B. Potter (1999) summarising heretofore research stated that the balanced and hierarchised settlement network does not develop in LEDCs. Therefore it was interesting to check if such a statement is not exaggerated.

The analytical data were obtained from LANDSAT ETM+ images interpretation. Due to it, the coefficients of variation for particular countries were calculated to investigate settlement network diversification. The diversification was presented also on choropleth maps. Afterwards it was analysed if the Zipf rules (classic, using population number data and modified, using built-up areas values obtained from satellite images) describe the settlement network complexity in countries under investigation. The nearest neighbour index was used to check spatial complexity of the networks.

By the networks diversification analysis, it was proved that there was a relationship between socio-economic level and networks diversity in the countries under investigation, although there are also other processes influencing this relationship. There is intense spatial dynamism in core regions and neighbouring peripheries in the countries with the most diverse networks (the most developed counties). In the least diverse countries there is the low spatial dynamism or there were significant decentralisation forces in the past.

By the networks complexity analysis, the development level and networks complexity relationship was revealed. In the relatively less developed countries the settlement networks were far from equilibrium (primate city pattern) and built-up areas dispersed. In more developed countries settlement networks were close to equilibrium and concentrated, so compact urbanised areas were present. Changes in networks complexity take place in the most developed areas, however, peripheries are spread across the overwhelming part of the countries, which is irrespective to the level of their development. Hence, networks' structures enhancement and their dispersion occur only in some parts of the countries. Therefore R. B. Potter's and others statements seem to underestimate the LEDCs' processes.

The visual satellite images interpretation allowed the analysis of the data rarely used in settlement structure researches. This enabled the analysis with lack of population statistical data limitations, e.g. unreliable data not covering the whole population within the city or town, data not comparable between different countries (problem of different city definitions), from different years for each country. The comparison of modified and classic Zipf rules showed that the modification was correct. The data availability for modified rule was also much greater. This method occurred useful in LEDCs as spatial urbanised areas expansion is characteristic for the urbanisation process there (Cohen, 2006). The nearest neighbour index NNI analysis was also much more precise and due to the greater data availability, statistically significant. The conclusions of the methodological aim can be extrapolated, providing for the limitations described, for other countries not being covered by the research.

## Wstęp

Głównym celem artykułu jest ocena przydatności metody interpretacji zdjęć satelitarnych oraz reguły Zipfa i wskaźnika najbliższego sąsiedztwa do badań struktury sieci osadniczej. Cel ten będzie weryfikowany na podstawie badania związku między poziomem rozwoju społeczno-gospodarczego a zróżnicowaniem i złożonością sieci osadniczej, w wybranych krajach pozaeuropejskich.

Rozwój sieci osadniczej był szczególnie intensywnie badany w latach 50. i 60. XX w. Wówczas powstało wiele koncepcji i teorii – ich autorami byli między innymi: G. Myrdal (1957), A. O. Hirschman (1958), F. Perroux, J. R. Boudeville i J. Friedman (Rościszewski, 1974). W późniejszych latach próbę weryfikacji tych koncepcji podejmowali między innymi: R. J. Das, A. K. Dutt (1993), P. J. Debrie, E. Eliot, B. Steck (2003) i R. Teraya (2004). R. B. Potter (1999), podsumowując dotychczasowe badania, stwierdził, że sieci osadnicze nie rozwijają się w sposób liniowy, od rozkładu z miastem dominującym do rozkładu logarytmicznego, oraz, że nie wykształca się hierarchiczna struktura miejsc centralnych, jak to wykazywał J. Friedman. Interesujące jest jednak sprawdzenie, czy stwierdzenie o braku hierarchii sieci w krajach biednych, nie jest przesadzone.

Przesłanką do wykorzystania danych pozyskanych ze zdjęć satelitarnych jest niedoskonałość statystycznych danych ludnościowych tradycyjnie stosowanych w badaniach nad strukturą sieci. Problem z danymi ludnościowymi wynika z braku definicji i spójnych, dla wszystkich krajów, kryteriów określania terminu miast (zestawienie kryteriów i ich wartości granicznych w: Cohen, 2006; Szymańska, 2008). Nasilony proces rozlewania się miast poza granice administracyjne sprawia, że dane są wyraźnie niedoszacowane. Dane statystyczne nie są porównywalne, gdyż: liczba ludności jest podawana w obrębie samego miasta, obszaru metropolitalnego lub szerzej zagospodarowanego regionu; spisy powszechne odbywają się najczęściej co dekadę, ale w różnych latach dla poszczególnych państw. Długotrwałe opracowanie danych spisowych czyni je nieaktualnymi. W przypadku krajów słabo rozwiniętych, istotnym zarzutem w stosunku do danych statystycznych jest też niemożność dokładnego określenia liczby ludności, przykładowo, ze względu na rozrost dzielnic nieformalnych. W przypadku Lagos w Nigerii, porównanie danych szacunkowych i ze spisów ludności wykazało znaczne różnice – dla roku 2000: 4,5 miliona, 13,4 milionów lub 8,7 milionów (Cohen, 2006).

## Materiały i metody

Wykorzystane w artykule źródła informacji można podzielić na trzy grupy. Pierwszą z nich stanowią zdjęcia satelitarne krajów objętych analizą. Jest to podstawowe źródło danych, analizowanych w pracy. Drugą grupą źródeł informacji są artykuły naukowe, zaczerp-

nięte głównie z elektronicznych baz artykułów oraz pozycje książkowe i atlasy narodowe. Trzecia grupa to elektroniczne bazy danych.

Analizowane w pracy zdjęcia satelitarne pochodzą z detektora Landsat ETM+, z serwisu Global Land Cover Facility University of Maryland. Ze względu na specyfikę badanych obiektów, do analizy wybrano zdjęcia z zakresów widma czerwonego, zielonego i niebieskiego oraz posłużono się metodą RGB 354. Za pomocą programu Erdas Imagine 8.4 utworzono kompozycje barwne RGB 354, natomiast analizę mającą na celu określenie terenów zabudowanych (sieci osadniczej) przeprowadzono za pomocą programu ArcGIS 9.0. W programie tym, poprzez wizualną interpretację zdjęć satelitarnych, wyznaczono tereny zabudowane. Zdjęcia satelitarne umożliwiły analizowanie terenów zabudowanych z dokładnością około 900 m<sup>2</sup>. Dla poszczególnych krajów zidentyfikowano następującą liczbę terenów zabudowanych: Burkina Faso – 175, Malawi – 316, Kenia – 379, Honduras – 552, Wietnam – 3069, Kirgistan – 922 i Paragwaj – 918. Naniesione elementy zagospodarowania przestrzeni zostały zakodowane. Następnie opracowano dwa rodzaje siatek pól podstawowych: 2 500 km<sup>2</sup> i 10 000 km<sup>2</sup>, które również zakodowano. Po przecięciu warstw terenów zabudowanych z warstwami poszczególnych siatek pól podstawowych, wyznaczono udziały terenów zabudowanych w polach podstawowych dla poszczególnych krajów.

Na podstawie powyższych wartości obliczono współczynniki zmienności, odnoszące się do poszczególnych krajów, na podstawie wzoru:

$$V = \frac{s}{\bar{X}} \quad (1)$$

gdzie  $s$  – odchylenie standardowe;  $\bar{X}$  – średnia arytmetyczna zbioru danych.

Współczynnik ten pozwolił określić poziom zróżnicowania sieci osadniczej. Został on przedstawiony również za pomocą kartogramów – wykorzystując metodę optymalizacji, za pomocą histogramów, przy podziale klas wyznaczono wartości graniczne (naturalne „luki”) dla 5 klas (Paślawski, 2003).

W celu określenia złożoności sieci osadniczej zastosowano regułę Zipfa. Reguła kolejności i wielkości G.K. Zipfa, polegająca na szeregowaniu miast, dotyczy zależności między liczbą mieszkańców a kolejnym miejscem miasta w szeregu, przyjmuje kształt równobocznej hiperboli lub linii prostej na skali logarytmicznej (Zipf, 1949). Zastosowano ją przy użyciu wzorów:

$$P_j = \frac{P_1}{j^a}, \quad a = \frac{\log P_2 - \log P_j}{\log j},$$

$$\bar{a} = \frac{\sum_{j=2}^N aj}{N-1} \quad (2)$$

gdzie  $P_1$  – liczba ludności największego miasta w danym zbiorze,  $P_j$  – liczba ludności miasta o kolejności  $j$ , po uporządkowaniu według malejącej wielkości,  $a$  – wykładnik kontrastu.

Powyższą regułę zmodyfikowano, określając wiel-

kość terenów zabudowanych i ich miejsce w szeregu na podstawie ich powierzchni, określonej na podstawie analizy teledetekcyjnej. Taka modyfikacja wydaje się uzasadniona w przypadku krajów słabo rozwiniętych, w których nie występują w większej liczbie miasta „sypialnie”, parki biznesowe i przemysłowe na przedmieściach miast, i inne miejscowości wyspecjalizowane, a więc, gdzie powierzchnia terenów zabudowanych jest ściśle powiązana z liczbą ludności i funkcjami miasta. Modyfikacja ta spełnia założenie reguły Zipfa. W celu sprawdzenia słuszności takiego postępowania, regułę tę zastosowano w wersji klasycznej i zmodyfikowanej.

W celu określenia zależności przestrzennych sieci osadniczej wyznaczono wskaźnik najbliższego sąsiedztwa NNI. Wskaźnik ten jest jedną z miar rozproszenia przestrzennego. Jest on określony jako stosunek średniej odległości między najbliższymi punktami w danym zbiorze danych przestrzennych a ich oczekiwaną losową odległością i obliczany według wzoru:

$$d(NN) = \sum_{i=1}^N \left[ \frac{\text{Min}(d_{ij})}{N} \right]. \quad d(\text{ran}) = 0,5\sqrt{\frac{A}{N}},$$

$$NNI = \frac{d(NN)}{d(\text{ran})} \quad (3)$$

gdzie  $d_{ij}$  – odległość pomiędzy  $i$  a jego najbliższym sąsiadem  $j$ ;  $N$  – liczba punktów w zbiorze;  $A$  – powierzchnia badanego obszaru.

W pracy, ze względu na dużą próbę (liczba terenów zabudowanych od 175 dla Burkina Faso do 3069 dla Wietnamu), wszystkie wyniki są istotne statystycznie. Analiza została dokonana w programie MapInfo 8,5, w którym odległości były liczone pomiędzy środkami ciężkości terenów zabudowanych.

### Zróżnicowanie sieci osadniczej

Określenie zróżnicowania i złożoności sieci osadniczej i transportowej jest złożonym problemem, a weryfikacja zależności między zróżnicowaniem i złożonością sieci a poziomem rozwoju społeczno-gospodarczego jest

trudna, nawet przy zastosowaniu wielu metod. Przyczyn tego można upatrywać w wielu uwarunkowaniach rozwoju sieci.

Na podstawie współczynników zmienności (1) można stwierdzić, że największe zróżnicowanie sieci osadniczej występuje w Paragwaju i Kenii, a najmniejsze w Malawi i Wietnamie (tab. 1, ryc. 1-7). W krajach, w których zróżnicowanie sieci okazało się największe, występuje od dekad duża dynamika przestrzenna w części rdzeniowej i przylegających do niej peryferiach. Kraje najmniej zróżnicowane (Malawi i Wietnam) charakteryzują się niewielką dynamiką przestrzenną. W Malawi procesy kształtujące zagospodarowanie przestrzeni nie przebiegają w sposób żywiołowy, a w Wietnamie w przeszłości działały silne siły decentralizacji<sup>1</sup>.

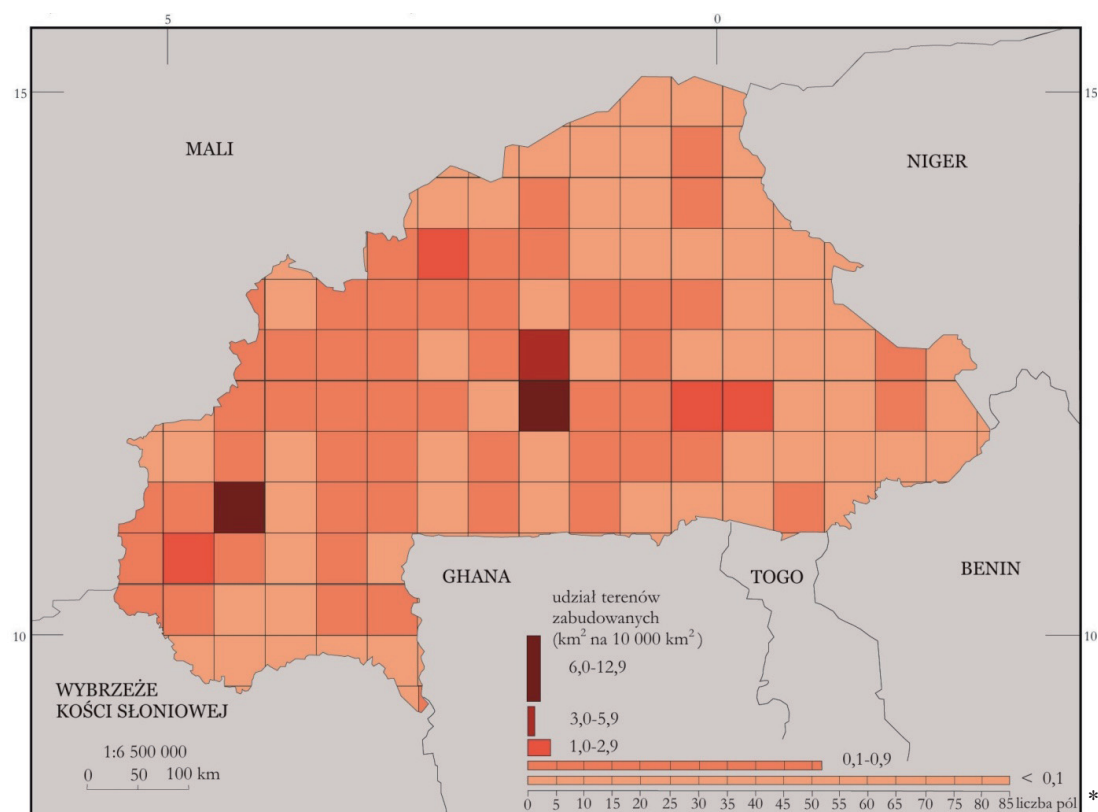
W celu sprawdzenia zależności: poziom rozwoju – zróżnicowanie sieci osadniczej, zestawiono największe tereny zabudowane poszczególnych krajów (tab.2). Na wartość współczynników zmienności (1) duży wpływ mają wartości ekstremalne. Pola podstawowe o wartości 0 w znacznej części przypadają na obszary o trudnych cechach środowiska naturalnego. Pola podstawowe o najwyższych wartościach udziału sieci osadniczej pokrywają największe tereny zabudowane. Największe powierzchnie osiągnęły tereny zabudowane w krajach lepiej rozwiniętych w analizowanej grupie, a najniższe – w krajach słabiej rozwiniętych. Również, w analizowanej grupie, najwyższe wartości udziałów terenów zabudowanych wystąpiły w krajach lepiej rozwiniętych – przypuszczalnie, w tych krajach wokół miast powstawały zwarte tereny zurbanizowane. Wysokie mierniki udziałów terenów zabudowanych wraz z istniejącymi peryferiami, w krajach lepiej rozwiniętych spośród analizowanych, zwiększają wartość współczynnika zmienności. Wartość współczynników zmienności w pewnym stopniu jest więc kształtowana przez zależność: poziom rozwoju – zróżnicowanie sieci.

<sup>1</sup> Przyczyny zbadanego zróżnicowania i złożoności sieci osadniczej zostały opisane w pracy: Grzegorzczuk A., 2009, Poziom rozwoju społeczno-gospodarczego a zróżnicowanie sieci osadniczej i transportowej w wybranych krajach pozaeuropejskich, WGiSR UW, Warszawa, (maszynopis powielony)

Tabela 1. Zróżnicowanie sieci osadniczej dla pól podstawowych 10 000 i 2 500 km<sup>2</sup>

Table 1. Diversification of Settlement Network for 10 000 and 2 500 km<sup>2</sup> Basic Fields

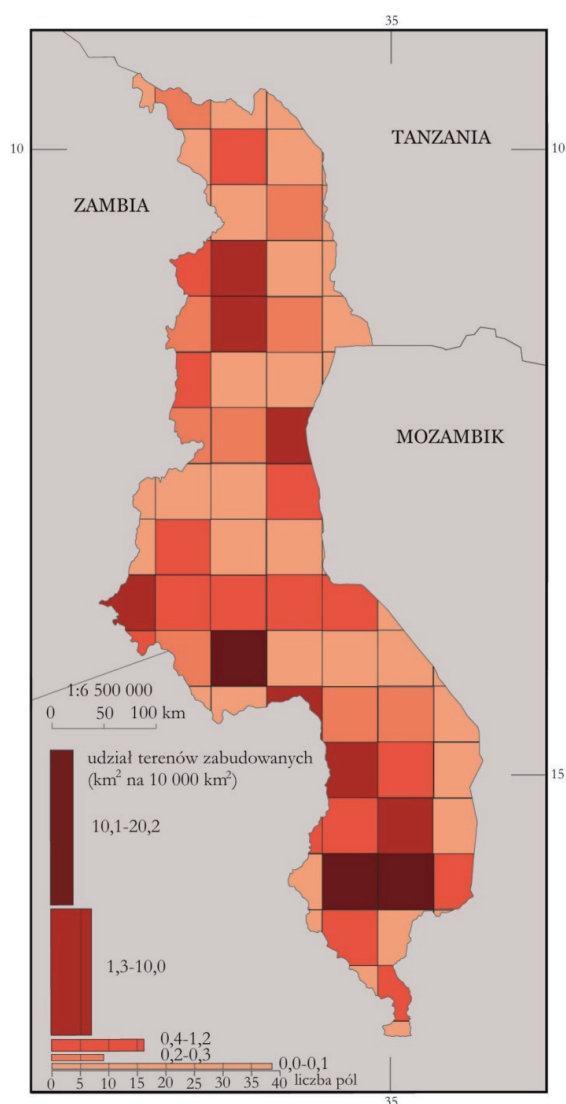
	HDI(2001)	współczynniki zmienności coefficient of variation	
		powierzchnia terenów zabudowanych na 10 000 km <sup>2</sup> built-up areas per 10 000 km <sup>2</sup>	powierzchnia terenów zabudowanych na 2 500 km <sup>2</sup> built-up areas per 2 500 km <sup>2</sup>
<b>Paragwaj / Paraguay</b>	0,751	3,3	7,4
<b>Kirgistan / Kyrgyzstan</b>	0,727	2,0	3,9
<b>Wietnam / Vietnam</b>	0,688	2,5	2,6
<b>Honduras/ Honduras</b>	0,654	1,6	2,0
<b>Kenia / Kenya</b>	0,489	3,3	5,9
<b>Malawi / Malawi</b>	0,387	2,0	3,0
<b>Burkina Faso / Burkin Faso</b>	0,330	2,3	4,4



Ryc. 1. Udział terenów zabudowanych na 10 000 km<sup>2</sup> w Burkina Faso

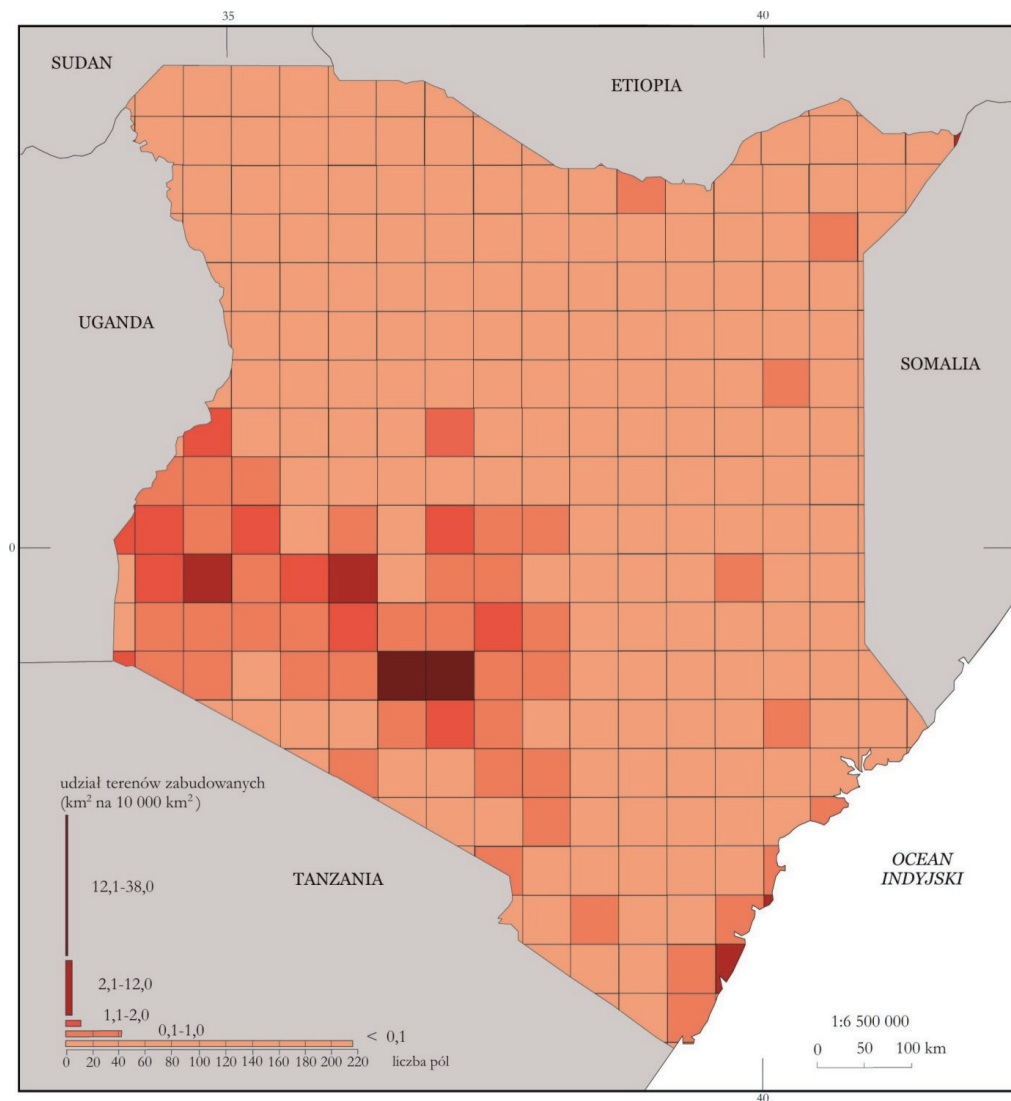
Fig. 1. Built-up Areas Share per 10 000 km<sup>2</sup> in Burkina Faso

\*basic fields number

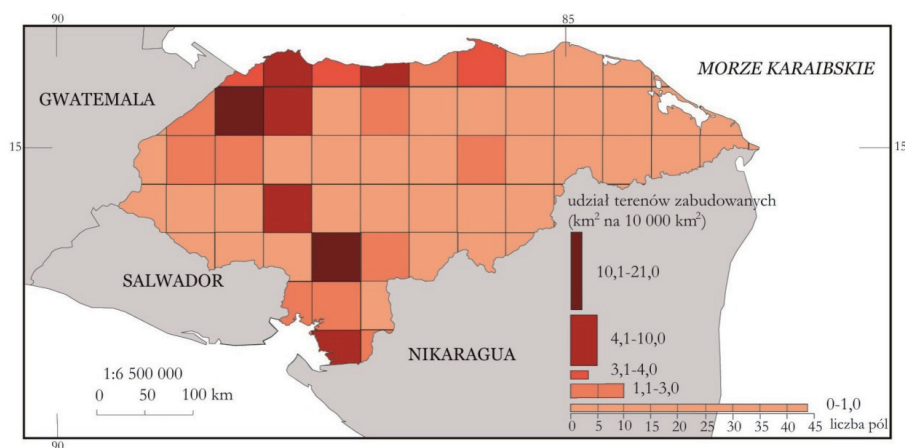


Ryc. 2. Udział terenów zabudowanych na 10 000 km<sup>2</sup> w Malawi

Fig. 2. Built-up Areas Share per 10 000 km<sup>2</sup> in Malawi

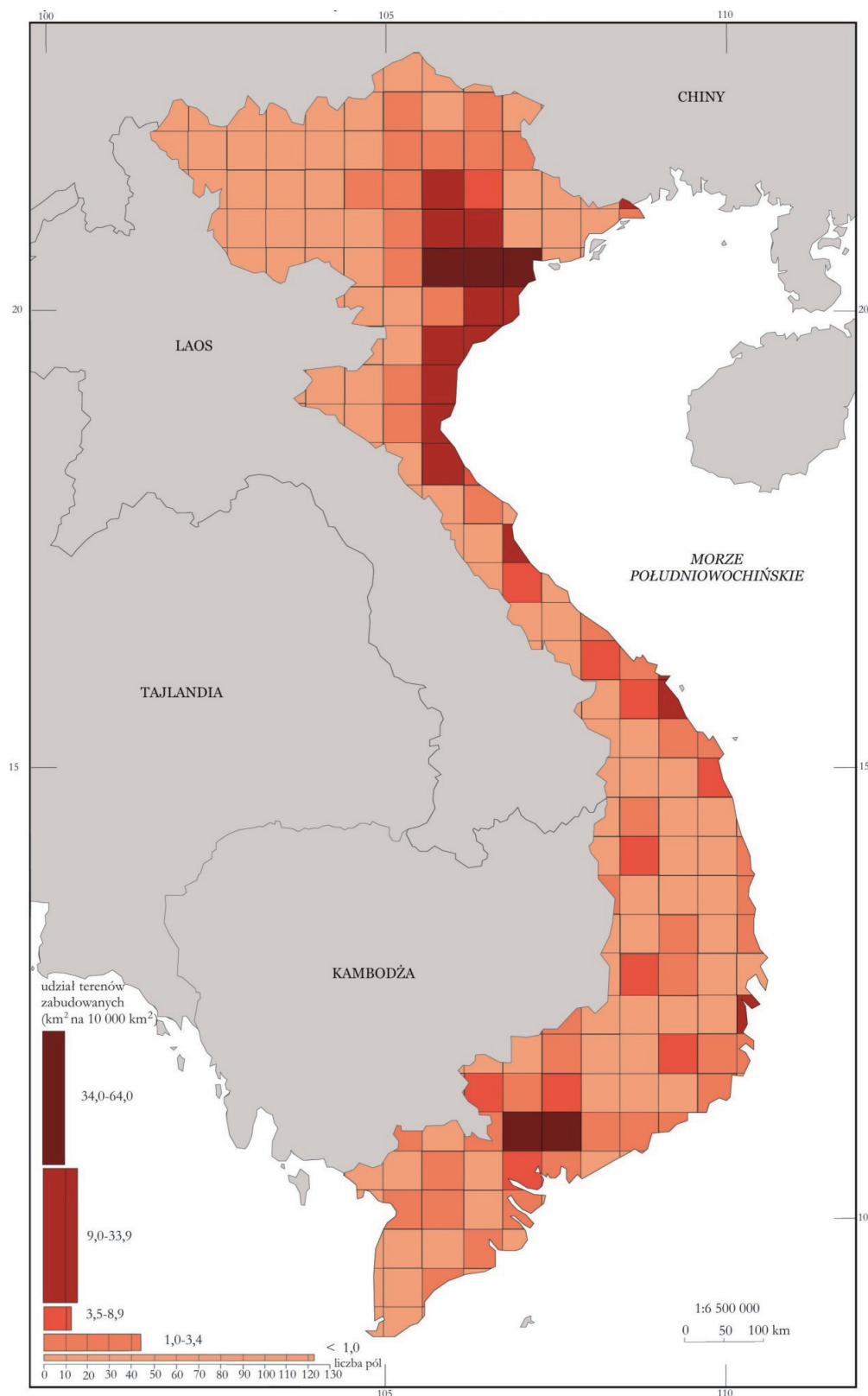


Ryc. 3. Udział terenów zabudowanych na 10 000 km<sup>2</sup> w Kenii  
 Fig. 3. Built-up Areas Share per 10 000 km<sup>2</sup> in Kenya

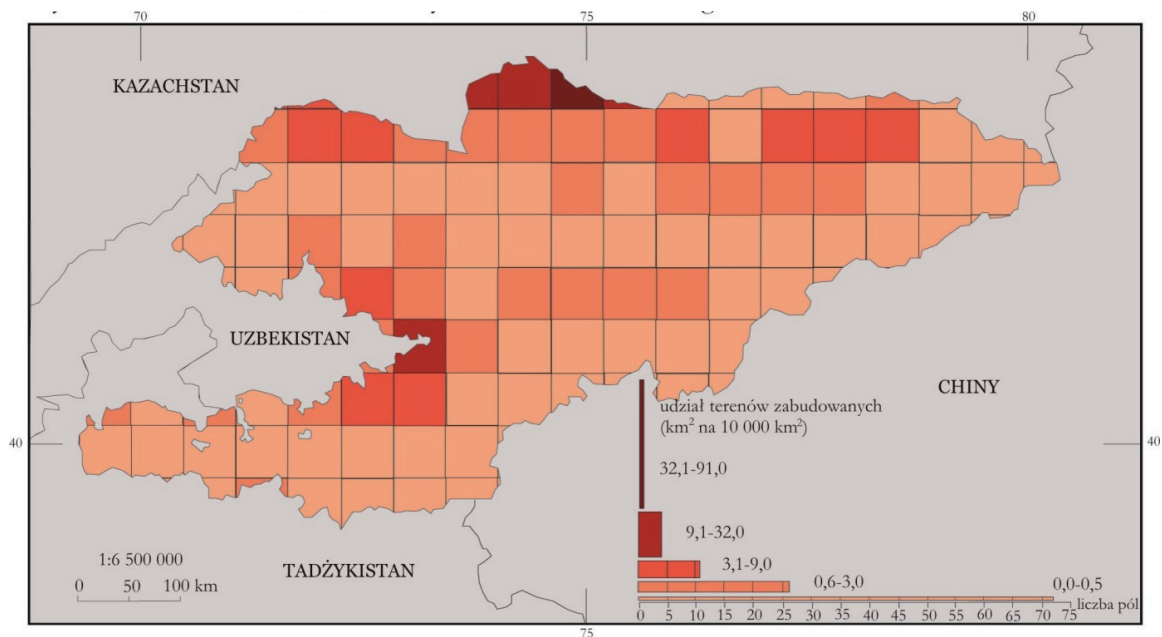


Ryc. 4. Udział terenów zabudowanych na 10 000 km<sup>2</sup> w Hondurasie  
 Fig. 4. Built-up Areas Share per 10 000 km<sup>2</sup> in Honduras

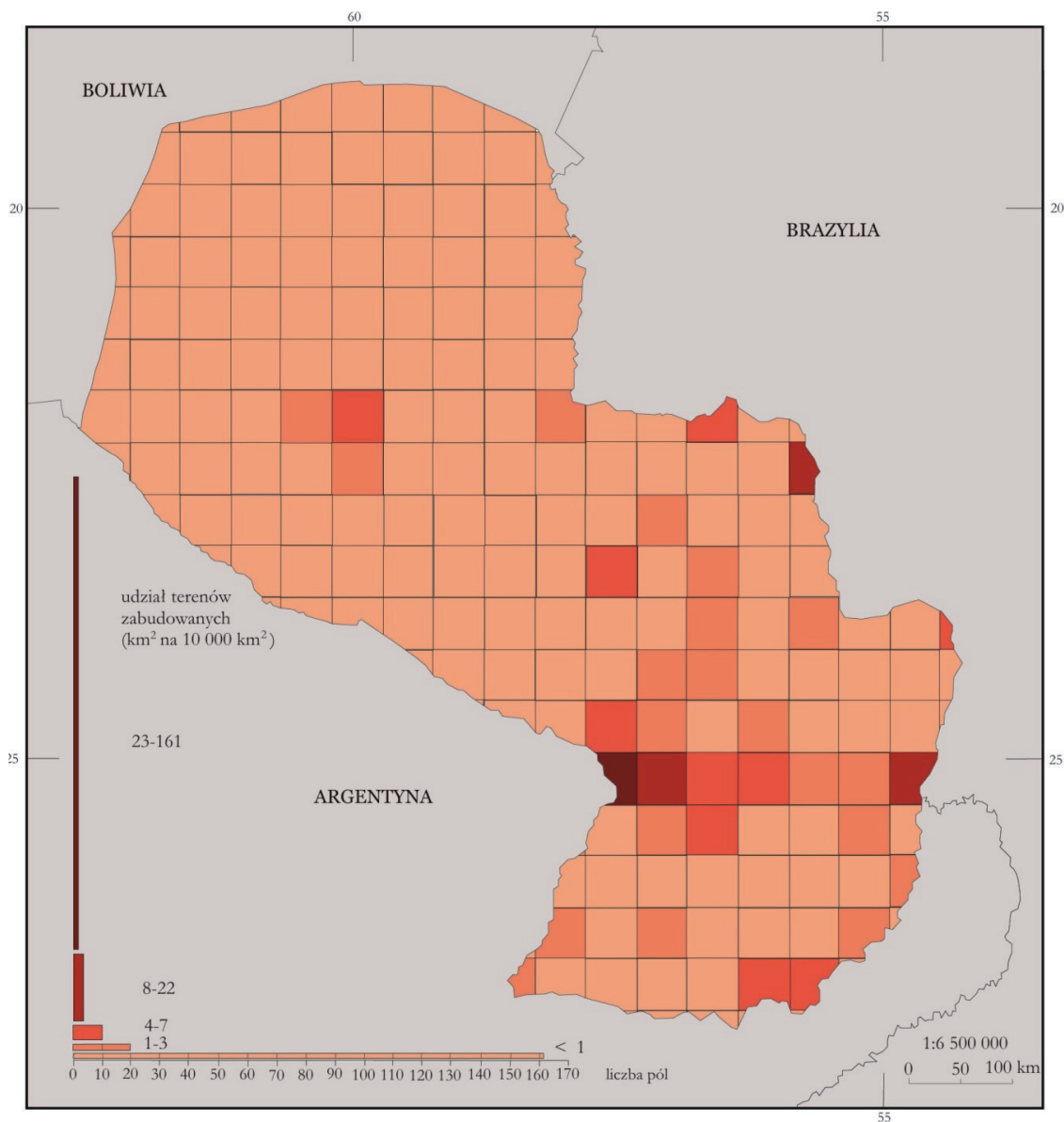




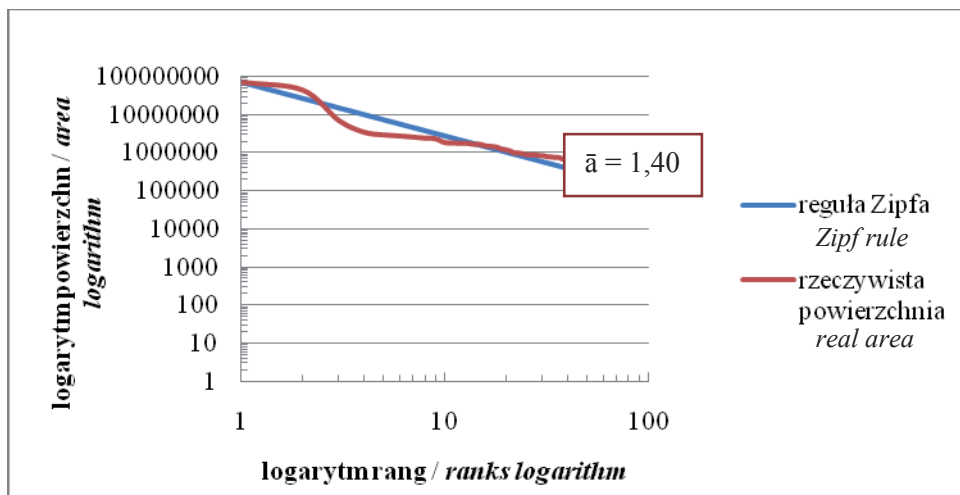
Ryc. 5. Udział terenów zabudowanych na 10 000 km<sup>2</sup> w Wietnamie  
 Fig. 5. Built-up Areas Share per 10 000 km<sup>2</sup> in Vietnam



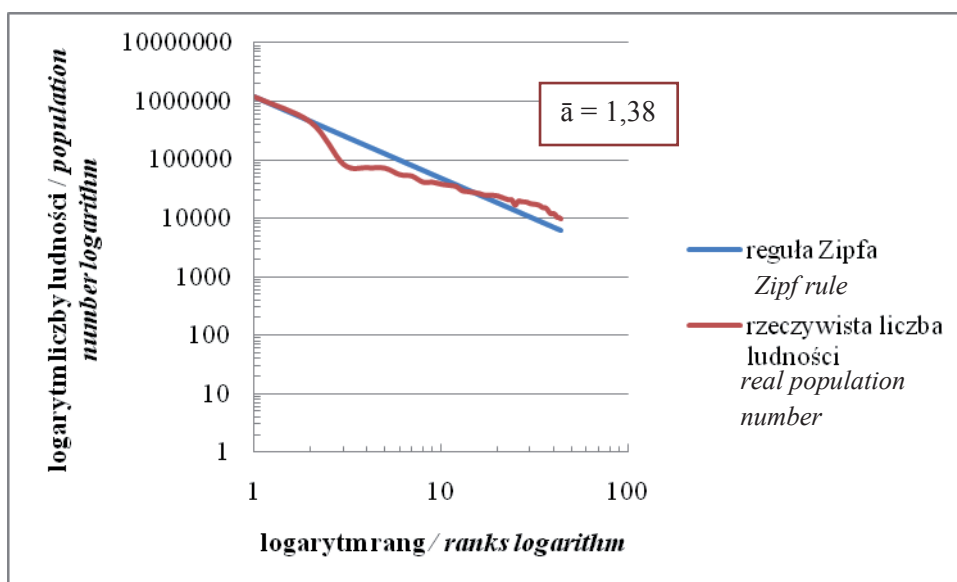
Ryc. 6. Udział terenów zabudowanych na 10 000 km<sup>2</sup> w Kirgistanie  
 Fig. 6. Built-up Areas Share per 10 000 km<sup>2</sup> in Kyrgyzstan



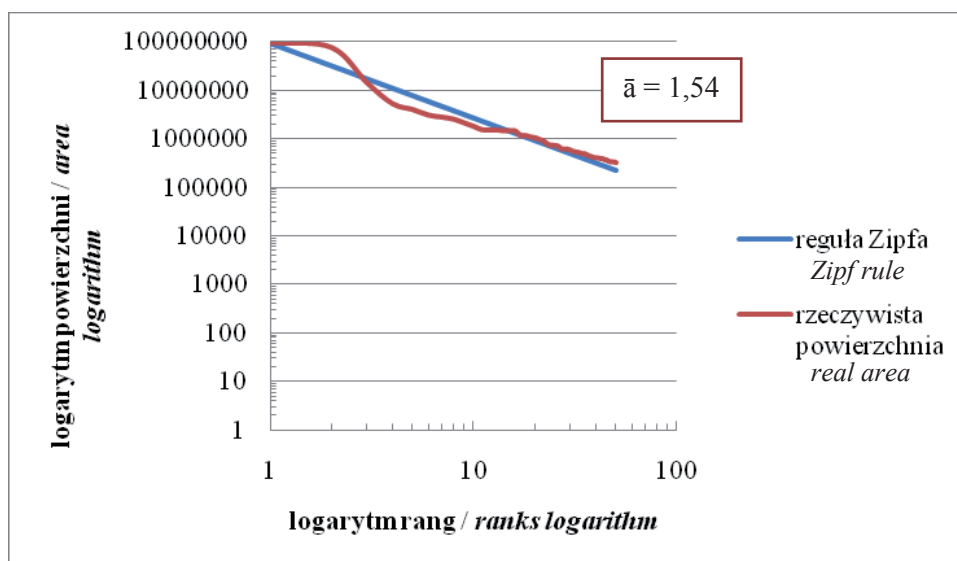
Ryc. 7. Udział terenów zabudowanych na 10 000 km<sup>2</sup> w Paragwaju  
 Fig. 7. Built-up Areas Share per 10 000 km<sup>2</sup> in Paraguay



Ryc. 8. Reguła Zipfa dla powierzchni terenów zabudowanych w Burkina Faso  
Fig. 8. Zipf Rule for Built-up Areas in Burkina Faso

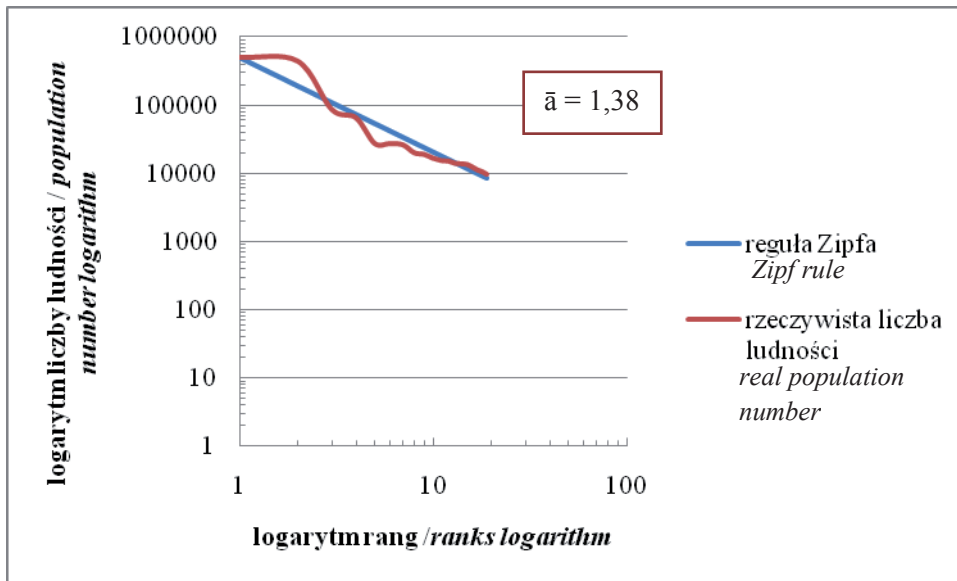


Ryc. 9. Reguła Zipfa dla Burkina Faso  
Fig. 9. Zipf Rule in Burkina Faso



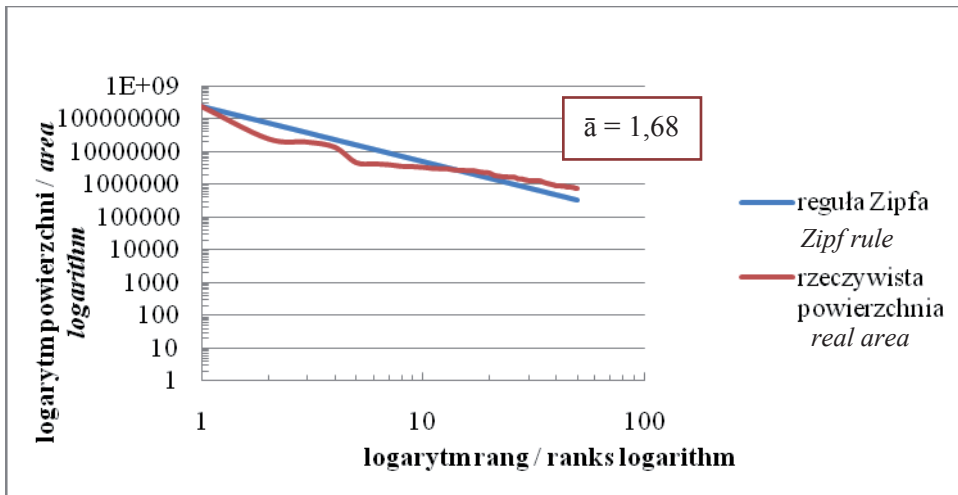
Ryc. 10. Reguła Zipfa dla powierzchni terenów zabudowanych w Malawi  
Fig. 10. Zipf Rule for Built-up Areas in Malawi





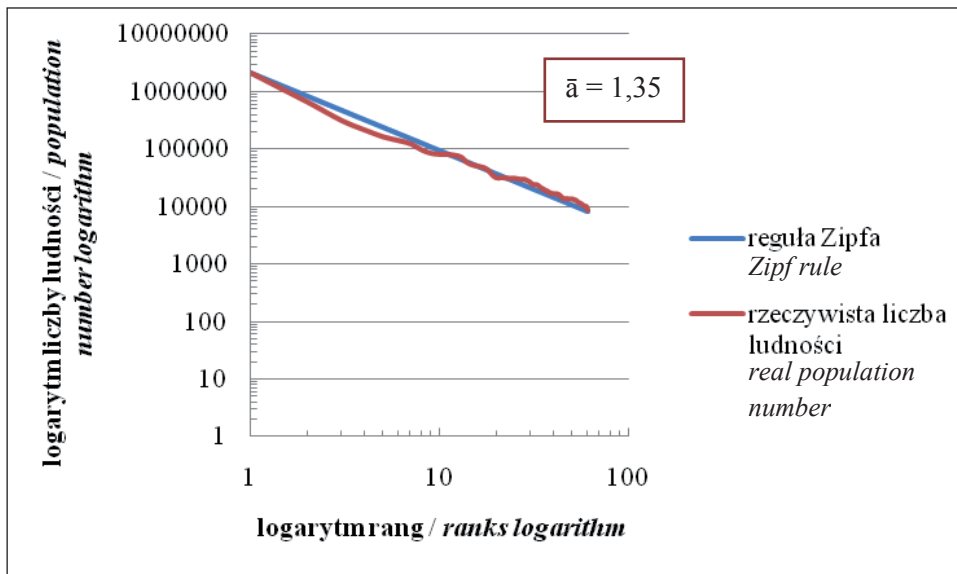
Ryc. 11. Reguła Zipfa dla Malawi

Fig. 11. Zipf Rule in Malawi



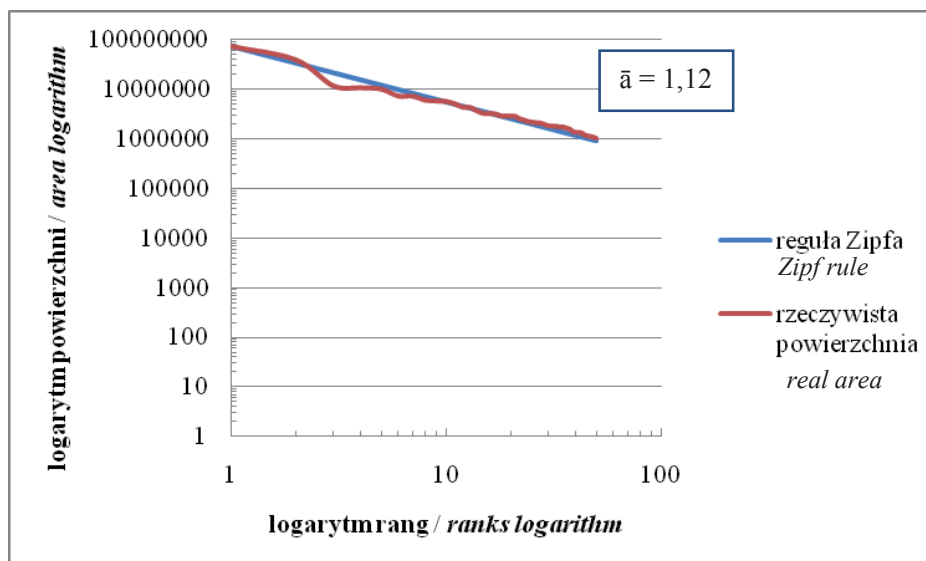
Ryc. 12. Reguła Zipfa dla powierzchni terenów zabudowanych w Kenii

Fig. 12. Zipf Rule for Built-up Areas in Kenya

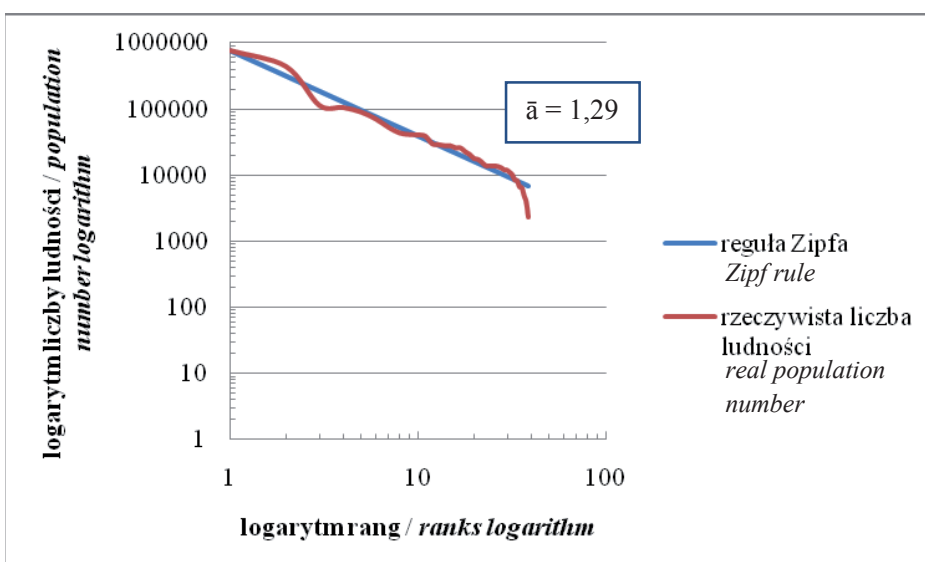


Ryc. 13. Reguła Zipfa dla Kenii

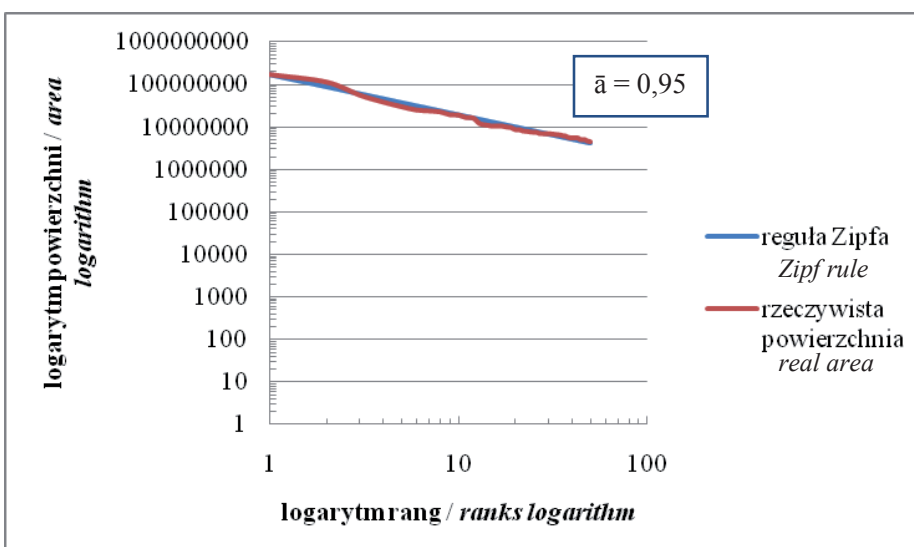
Fig. 13. Zipf Rule in Kenya



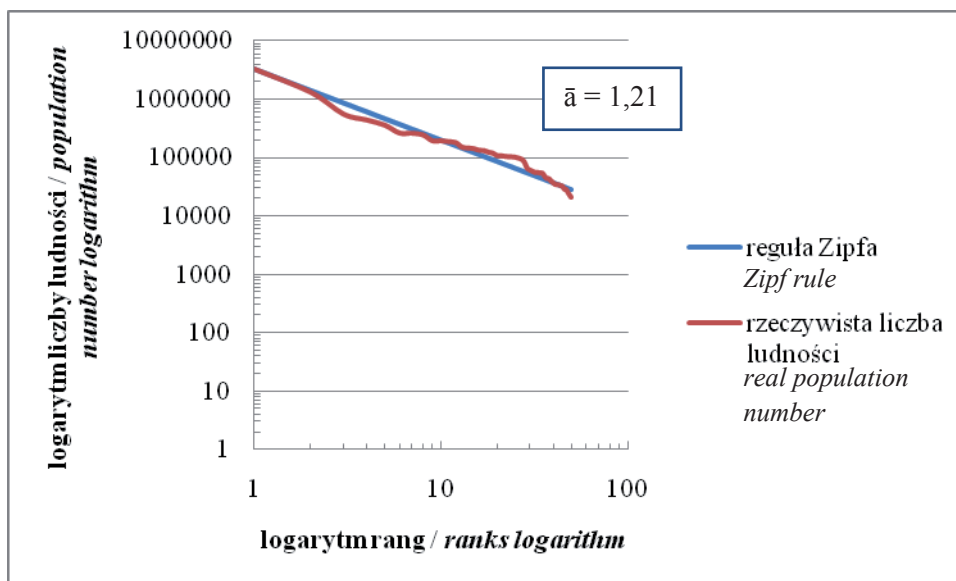
Ryc. 14. Reguła Zipfa dla powierzchni terenów zabudowanych w Hondurasie  
Fig. 14. Zipf Rule for Built-up Areas in Honduras



Ryc. 15. Reguła Zipfa dla Hondurasu  
Fig. 15. Zipf Rule in Honduras

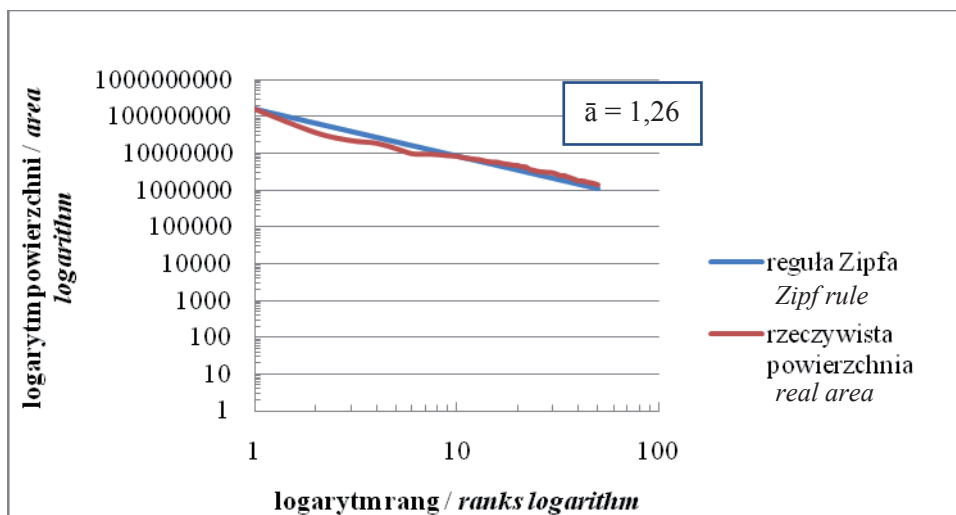


Ryc. 16. Reguła Zipfa dla powierzchni terenów zabudowanych w Wietnamie  
Fig. 16. Zipf Rule for Built-up Areas in Vietnam



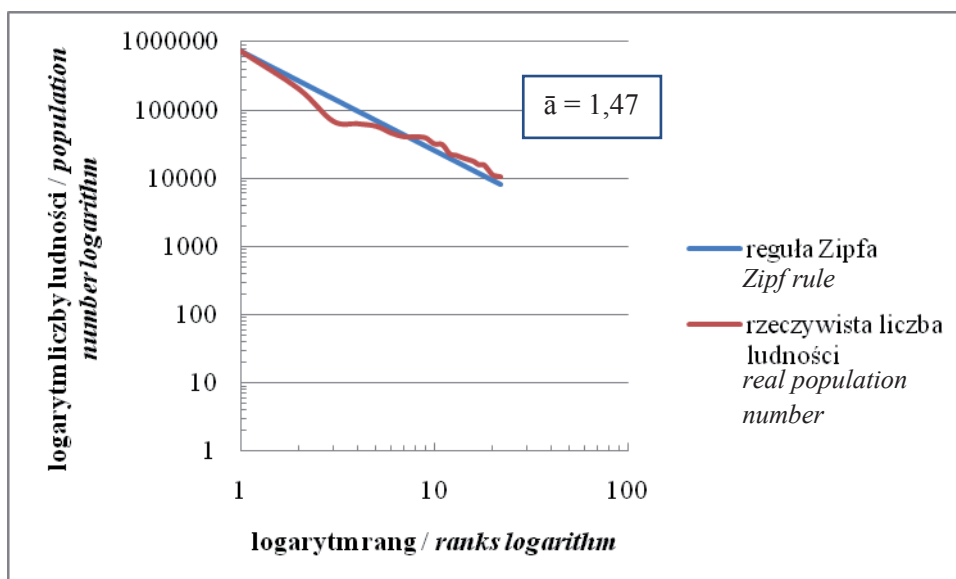
Ryc. 17. Reguła Zipfa dla Wietnamu

Fig. 17. Zipf Rule in Vietnam



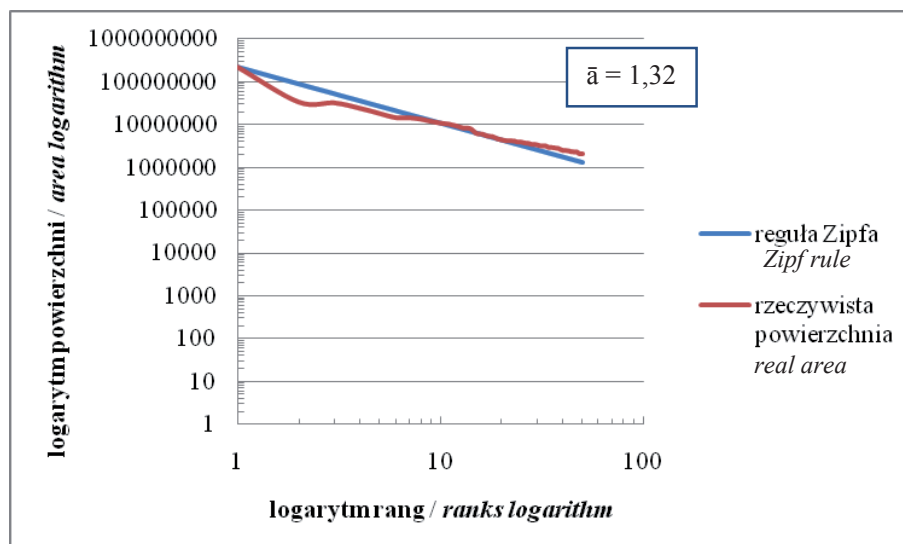
Ryc. 18. Reguła Zipfa dla powierzchni terenów zabudowanych w Kirgistanie

Fig. 18. Zipf Rule for Built-up Areas in Kyrgyzstan

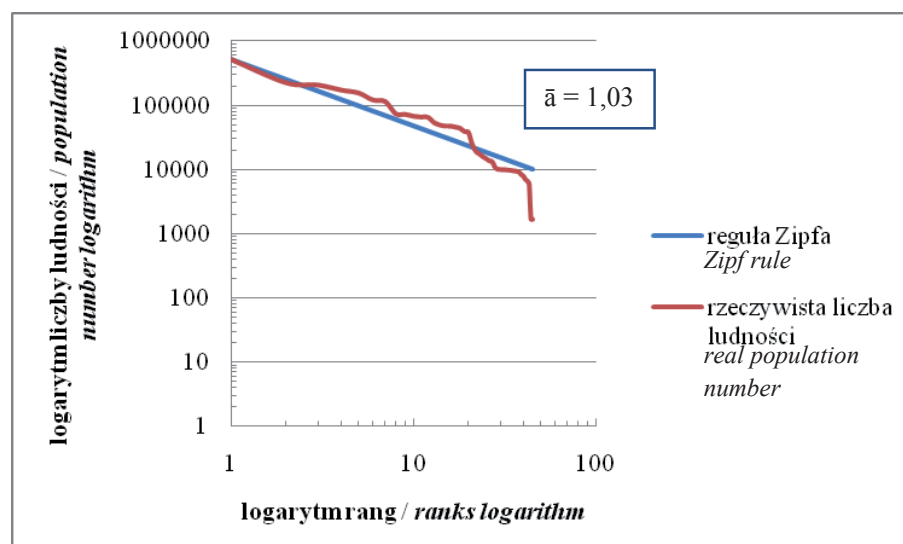


Ryc. 19. Reguła Zipfa dla Kirgistanu

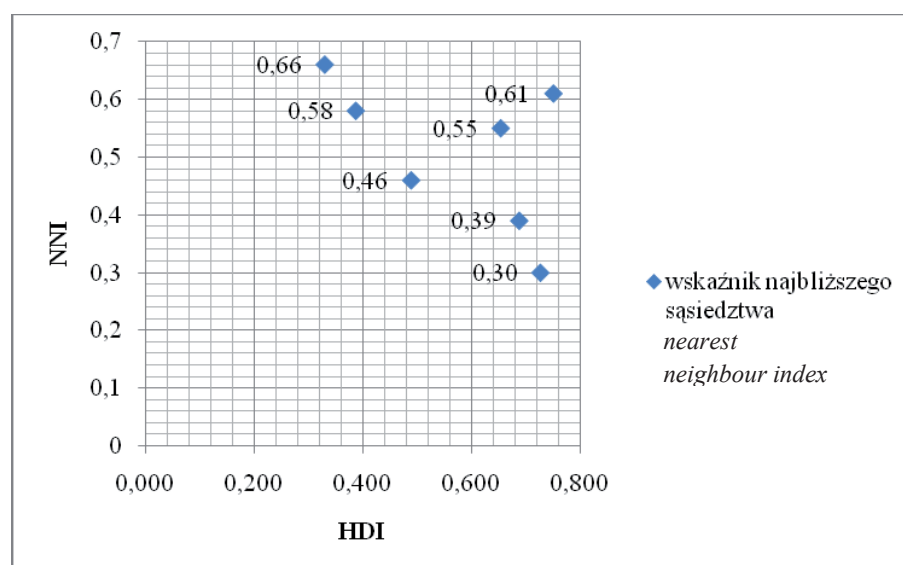
Fig. 19. Zipf Rule in Kyrgyzstan



Ryc. 20. Reguła Zipfa dla powierzchni terenów zabudowanych w Paragwaju  
 Fig. 20. Zipf Rule for Built-up Areas in Paraguay



Ryc. 21. Reguła Zipfa dla Paragwaju  
 Fig. 21. Zipf Rule in Paraguay



Ryc. 22. Poziom rozwoju a wskaźnik najbliższego sąsiedztwa  
 Fig. 22. Development Level and Nearest Neighbour Index

### Złożoność sieci osadniczej

Na podstawie zastosowanych dwóch rodzajów reguły Zipfa (2), podzielono kraje na dwie grupy (ryc. 8-22). W pierwszej znalazły się kraje afrykańskie, najsłabiej rozwinięte, których sieci osadnicze wykazały znaczne odstępstwa od stanu równowagi oraz tendencję do monocentryczności (Burkina Faso, Malawi i Kenia). Wyrazny jest silny prymat miasta lub dwóch miast głównych, które są 5-10 razy większe pod względem powierzchni od miast o drugiej lub trzeciej randze oraz 3-5 pod względem liczby ludności. W tej grupie siła unifikująca znacznie przeważa nad różnicującą. Powierzchnia największego miasta nie jest też duża, co świadczy o słabym rozwoju sieci osadniczej. Drugą grupę stanowią pozostałe kraje (Honduras, Wietnam, Kirgistan i Paragwaj), względnie lepiej rozwinięte. Ich sieci osadnicze są bardziej zbliżone do stanu równowagi, wykładnik kontrastu sieci jest bliski 1, a miasto lub miasta główne w mniejszym stopniu dominują w układzie osadniczym. W tej grupie krajów rozwój sieci osadniczej jest względnie równomierny, a siła unifikująca nieznacznie przeważa nad różnicującą. W obu grupach wyraźny był niedobór miast o średniej wielkości, zarówno pod względem wielkości, jak i ich liczby. Ta charakterystyka jest mniej korzystna w analizowanych krajach afrykańskich.

Na podstawie wskaźnika NNI (3) stwierdzono, że w krajach słabiej rozwiniętych, w analizowanej grupie widoczna jest tendencja do rozproszonego rozmieszcze-

nia terenów zabudowanych, czyli wartości NNI są bliższe 1 (ryc. 23). W krajach lepiej rozwiniętych wartości NNI przyjmują wartości bliskie 0, tak więc sieć osadnicza tych krajów jest skoncentrowana. W krajach tych powstają zwarte obszary zurbanizowane. Wyjątkiem od tej zależności jest Paragwaj.

### Wnioski

Na podstawie powyższej analizy można stwierdzić, że kraje lepiej rozwinięte, w analizowanej grupie, charakteryzują się wyższym poziomem złożoności sieci i hierarchiczną strukturą, jednak zmiany te zachodzą jedynie na obszarach najbardziej zagospodarowanych, stąd duże zróżnicowanie sieci w tej grupie krajów. Znaczną część krajów wciąż zajmują jednak peryferie, niezależnie od poziomu rozwoju krajów, czyli absorpcja peryferii po przejściu do trzeciego etapu modelu nie występuje, jak wykazywał to J. Friedman.

Cel postawiony w artykule został osiągnięty – zastosowanie zdjęć satelitarnych do badania struktury sieci osadniczej okazało się zasadne i prawidłowe. Wizualna interpretacja zdjęć satelitarnych pozwoliła na zanalizowanie danych stosunkowo rzadko obecnie stosowanych przy analizie struktury sieci osadniczych. Umożliwiła ona porównanie różnych krajów w tym samym czasie, niezależnie od definicji pojęcia miasta, jaką się w nich stosuje, bez potrzeby oparcia analizy na danych szacun-

Tabela 2. Największe tereny zabudowane i pola podstawowe o najwyższych wartościach udziału terenów zabudowanych dla poszczególnych krajów

Table 2. The Most Spacious Built-up Areas and Basic Fields with the Highest Built-up Areas Share Values

	HDI(2001)	nazwa miasta <i>city name</i>	powierzchnia (km <sup>2</sup> ) <i>area (km<sup>2</sup>)</i>	pola podstawowe <i>basic field</i>	udział (km <sup>2</sup> na 2500 km <sup>2</sup> ) <i>share</i> (km <sup>2</sup> na 2500 km <sup>2</sup> )
<b>Paragwaj</b> <i>Paraguay</i>	0,751	Asunción	226	155, 156	642, 212
		Ciudad del Este	34	161	87
<b>Kirgistan</b> <i>Kyrgyzstan</i>	0,727	Biszkek / <i>Bishkek</i>	153	5, 6	362, 124
		Osz / <i>Osh</i>	35	78	108
<b>Wietnam</b> <i>Vietnam</i>	0,688	Ho Chi Minh (pola podstawowe z Biên Hoà) <i>(basic field with Biên Hoà)</i>	173	169, 170	256, 137
		Hanoi / <i>Hà Nội</i> (pola podstawowe z Haifongiem) <i>(basic field with Hải Phòng)</i>	115	57, 58, 59	225, 220, 166
<b>Honduras</b> <i>Honduras</i>	0,654	Tegucigalpa	75	53	80
		San Pedro Sula	40	13, 14	57, 34
<b>Kenia</b> <i>Kenya</i>	0,489	Nairobi	235	143, 144	150, 95
		Nakuru, Mombasa, Kisumu	24	118	28
			19	210	45
<b>Malawi</b> <i>Malawi</i>	0,387	Blantyre	61	58, 57	60, 44
		Lilongwe	59	38	80
<b>Burkina Faso</b> <i>Burkina Faso</i>	0,330	Wagadugu <i>Ouagadougou</i>	69	71	50
		Bobo-Dioulasso	43	101	46



kowych, bądź spisowych dot. liczby mieszkańców, pochodzących z różnych lat; lecz na podstawie stosunkowo aktualnych danych (głównie z 2001 r.). W konsekwencji, analiza sieci osadniczej została uniezależniona od często dalekich od rzeczywistości wartości danych statystycznych. Problem ten jest szczególnie istotny w krajach słabo rozwiniętych. Dzięki interpretacji zdjęć satelitarnych zmodyfikowano metody stosowane w analizie sieci osadniczych i modyfikacje te okazały się prawidłowe.

Porównanie reguły Zipfa (2) dla miast uszeregowanych pod względem powierzchni i liczby ludności wykazało podobne zależności sieci (przebieg krzywych i wartość średnich wartości współczynników kontrastu), czyli dokonana modyfikacja jest poprawna. Jak wspomniano, na ograniczenie zastosowania klasycznej reguły Zipfa wpływa trudna dostępność do danych statystycznych. W przypadku badanych krajów, w odniesieniu do poszczególnych krajów, dysponowano danymi ludnościowymi tylko dla 20 – 60 największych miast, podczas gdy dla powierzchni terenów zabudowanych dostępność ta wynosiła ponad 100 dla każdego z tych krajów. Aby porównanie reguł: zmodyfikowanej i klasycznej było wiarygodne, skorzystano jedynie z danych dla 50 największych terenów zabudowanych. Należy zauważyć, że w przypadku stosowania zmodyfikowanej reguły, nie występuje załamanie krzywej poniżej pewnej wartości (załamanie krzywej wskazuje na brak zależności wewnątrz sieci, wykazywanych przez regułę) – jest to cecha charakterystyczna dla klasycznie stosowanej reguły. Ta nowa cecha wymaga dalszych badań. Dodatkową przesłanką potwierdzającą użyteczność stosowania zmodyfikowanej reguły Zipfa jest nasilony proces przestrzennej ekspansji obszarów zurbanizowanych w krajach słabo rozwiniętych, charakterystyczny dla procesu urbanizacji w tej grupie państw (Cohen, 2006).

Podstawową zaletą użycia danych ze zdjęć satelitarnych w analizie wskaźnika najbliższego sąsiedztwa NNI (3) jest możliwość dokładnego określenia odległości pomiędzy terenami zabudowanymi. Analiza wieloelementowej struktury sieci osadniczej, dzięki dużej liczności badanej próbki była istotna statystycznie. Powyższe postępowanie badawcze, wykorzystujące podstawowe badania teledetekcyjne i będące względnie łatwym do zastosowania, okazało się również możliwe do rozpoznań poza środowisko geoinformatyczne.

Utrudnienie interpretacji zdjęć satelitarnych jest związane z samą ich analizą, jak na przykład dużym zachmurzeniem na obszarach równikowych. Zmodyfikowana reguła Zipfa jest szczególnie przydatna do analizy sieci osadniczej krajów słabo rozwiniętych, w których nie są popularne miasta „sypialnie”. Wnioski metodyczne

artykułu mogą być ekstrapolowane na inne kraje, nieobjęte badaniem, zgodnie z opisanymi ograniczeniami.

### Podziękowanie

Serdecznie dziękuję prof. Maciejowi Jędrusikowi za merytoryczne uwagi.

Katedrze Geoinformatyki i Teledetekcji WGiSR UW pragnę podziękować za udostępnienie oprogramowania niezbędnego do analizy, a dr. Bogdanowi Zagajewskiemu za uwagi dotyczące metod geoinformatycznych.

### Literatura

- Berry B. J. L., 1961, City Size Distribution and Economic Development. *Economic Development and Cultural Change*, nr 9, s. 573-587, www.jstor.org, styczeń 2009.
- Cohen B., 2006, Urbanization in Developing Countries: Current Trends, Future Projections, and Key Challenges for Sustainability, Technology in Society. Committee on Population, National Research Council, Washington, www.elsevier.com, październik 2008.
- Das R. J., Dutt A. K., 1993, Rank-Size Distribution and Primate City Characteristics in India – a Temporal Analysis. *GeoJournal*, Kluwer Academic Publishers, s. 125-137, www.igentaconnect.com, marzec 2009
- Debie J., Eliot E., Steck B., 2003, Mondialisation des réseaux de circulation en Afrique de l'Ouest. *Mappemonde, Maison de la Géographie*, Montpellier, nr 71, s. 7-11
- Global Land Cover Facility, glcf.umiacs.umd.edu/data/land-sat/, grudzień 2006
- Grzegorzczuk A., 2009, *Poziom rozwoju społeczno-gospodarczego a zróżnicowanie sieci osadniczej i transportowej w wybranych krajach pozaeuropejskich*. WGiSR, UW, Warszawa.
- Hirschman A. O., 1958, *The Strategy of Economic Development*. Yale University Press.
- Myrdal G., 1958, *Teoria ekonomii a kraje gospodarczo nierozwinięte* (Economic Theory and Under-Developed Region). Polskie Wydawnictwo Gospodarcze, Warszawa
- Pasławski J., 2003, *Jak opracować kartogram*. WGiSR UW, Warszawa.
- Potter R. B. i in., 1999, *Geographies of Development*. Longman, London
- Rościszewski M., 1974, *Przestrzeń krajów Trzeciego Świata. Problemy metodologiczne*. PZLG, Instytut Geografii PAN, Warszawa
- Szymańska D., 2008, *Urbanizacja na świecie*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa
- Teraya R., 2004, The Development of the Urban System and the Hierarchy of Cities in Newly Opened Regions: Hokkaido, Japan and South Africa. *Cities in Transition*, Dela, nr 21, s. 241-151, www.igentaconnect.com, marzec 2009
- Zipf G. K., 1949, *Human Behaviour and the Principle of Least Effort. An Introduction to Human Ecology*. Addison-Wesley Press Inc., Cambridge, Massachusetts.



Dr Anna Grzegorzczuk jest absolwentką Wydziału Geografii i Studiów Regionalnych Uniwersytetu Warszawskiego, specjalizacji kraje rozwijające się. W 2009 r. ukończyła Studium Doktoranckie na tym wydziale, w zakresie geografii społeczno-ekonomicznej, i obroniła pracę doktorską pod tytułem: Poziom rozwoju społeczno-gospodarczego a zróżnicowanie sieci osadniczej i transportowej w wybranych krajach pozaeuropejskich. Obecnie pracuje w Instytucie Studiów Regionalnych i Globalnych Wydziału Geografii i Studiów Regionalnych Uniwersytetu Warszawskiego.