

## SYNTETYCZNE MIARY DOSTĘPNOŚCI SIECI TELEKOMUNIKACYJNYCH<sup>1</sup>

### COMPLEX ACCESSIBILITY MEASURES OF ICT NETWORKS

Elżbieta Kozubek<sup>1</sup>, Piotr Werner<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Instytut Geodezji i Kartografii

<sup>2</sup> Wydział Geografii i Studiów Regionalnych, Uniwersytet Warszawski

**Słowa kluczowe: miary dostępności, potencjał demograficzny, społeczeństwo informacyjne, technologie informacyjne i komunikacyjne**

Keywords: Accessibility Measures, Demographic Potential, Information Society, Information and Communication Technologies (ICT)

## Wstęp

Telekomunikacja należy do najważniejszych i najbardziej dynamicznie rozwijających się elementów bazy materialnej całej gospodarki. Stwierdzenie to ma charakter uniwersalny – odnosi się zarówno do całego świata, jak i poszczególnych jego obszarów w dowolnej skali geograficznej. Jako element infrastruktury techniczno-ekonomicznej, telekomunikacja jest jednym z koniecznych warunków wszelkich przemian społecznych i gospodarczych, a zatem rozwój jej sieci powinien wyprzedzać w czasie rozwój wszystkich innych obiektów produkcyjnych i usługowych. Można nawet stwierdzić, że dostępność usług telekomunikacyjnych może być narzędziem badania stopnia rozwoju społeczno-ekonomicznego i zachodzących w tym zakresie przemian.

Ocena dostępności do usług telekomunikacyjnych może być wykładnikiem poziomu rozwoju społeczeństwa informacyjnego, gdyż również zawiera ocenę przestrzeni kulturowej. Warunkiem koniecznym dostępności usług jest określony stan infrastruktury sieci telekomunikacyjnych (teleinformatycznych i sieci radiodifuzji). Warunkiem dostatecznym jest zdolność wykorzystania sieci przez ludzi i akceptacja społeczna dla innowacji technologicznych. Z jednej strony istnieje podaż usług telekomunikacyjnych z drugiej odbiorca, użytkownik i właśnie od jego wiedzy, poziomu rozwoju zależy wykorzystanie przez niego dostępnych narzędzi telekomunikacyjnych.

---

<sup>1</sup> Artykuł opracowany w ramach programu badawczego SI 4T12E00428 pt. *Warunki i wskaźniki rozwoju społeczeństwa informacyjnego w Polsce w kontekście wykorzystania infrastruktury danych przestrzennych*, realizowanego w Instytucie Geodezji i Kartografii ze środków Ministerstwa Nauki i Informatyzacji.

W badaniach dostępności sieci uwzględnia się również inne zjawiska zachodzące w społeczeństwie informacyjnym. Do nich należą:

- procesy pojawiania się innowacji (technologii i artefaktów<sup>2</sup>) w dziedzinie ICT (*Information and Communication Technologies*),
- adaptacja lub odrzucenie nowych technologii przez społeczeństwo,
- przestrzenna dyfuzja innowacji (technologii i artefaktów),
- procesy konwergencji<sup>3</sup> funkcjonalnie wyodrębnionych sieci na skutek wprowadzania, cyfrowych sieci teleinformatycznych (kablowych i radiowych).

## Przegląd metod i badań

Złożoność (*complexity*) procesu powstawania, przyswajania i rozprzestrzeniania się innowacji wynika z interakcji złożonych struktur społeczno-ekonomicznych (obejmujących komponenty technologiczne i społeczne, zaangażowane we wspólny proces wytwarzania i przyswajania innowacji, Frenken, 2005). Stąd wynika konieczność zastosowania do analizy badanych zjawisk metod wypracowanych na podstawie teorii złożoności (*complexity theory*). Do tego typu badań stosuje się m.in. następujące modele (tamże):

- modele najlepszego dopasowania (*fitness landscape model*),
- modele sieciowe,
- modele perkolacji (symulacja układów złożonych charakteryzująca się odmiennością zachowań po przekroczeniu pewnego progu – perkolacji),
- modele interakcji przestrzennych (grawitacji i potencjału, Ratajczak, 1999).

Pojęcie złożoności może odnosić się do:

- interakcji pomiędzy komponentami systemów technologicznych;
- interakcji pomiędzy strukturami i podmiotami (agentami) w sieciach innowacji.

Większość modeli operuje pewnymi miernikami, które pozwalają na ocenę przestrzennego zróżnicowania badanych zjawisk. Rozwój sieci telekomunikacyjnych jest procesem przestrzennym, który w dużej mierze wynika z uwarunkowań demograficznych (jako czynników lokalizacji węzłów i powiązań w sieci ICT), jak również z szeregu zjawisk społeczno-gospodarczych m.in.: istniejącego stanu zagospodarowania, poziomu rozwoju gospodarczego lub np. aktualnie prowadzonej polityki społecznej.

Klasyczne metody konstrukcji miernika syntetycznego (metacechy) to: miary taksonomiczne, mierniki pseudojednocechowe, wskaźniki budowane na podstawie analizy skupień lub dendrytu (taksonomia wrocławska) oraz wykorzystanie formalnych metod statystyki (analizy regresji, analizy czynnikowej) jak i metody potencjału geograficznego, stosowanej w badaniach przestrzennych.

Modelowanie procesów innowacyjnych zachodzących w społeczeństwie w zakresie telekomunikacji (ICT) wymaga sformułowania pewnych mierników makroskopowych, syntetyzujących równoczesną zmienność obserwowanych parametrów badanych zjawisk.

---

<sup>2</sup> Artefakt – rozumiany jako wytwór materialny, „dzieło ludzkiego umysłu i ludzkiej pracy w odróżnieniu od wytworów natury” (źródło: *Słownik Języka Polskiego*, PWN).

<sup>3</sup> Konwergencja – zbieżność technologiczna funkcjonalnie wyodrębnionych sieci; np. poczta elektroniczna w sieciach komputerowych i telefonicznych, multimedia w sieci Internet i RTV.

Parametryzacja opisywanych zjawisk wymaga określenia cech podstawowych (elementarnych) – właściwości strukturalnych i funkcjonalnych opisywanych elementów. Właściwości strukturalne (składnikowe) opisują cechy konstrukcyjne – dostępne percepcyjnie. Właściwości funkcjonalne dotyczą działania lub posługiwania się tymi elementami. Można je określić mianem holistyczne (umożliwiają od razu całościowe ujęcie przedmiotu). Obydwie kategorie mogą przyjmować charakter ilościowy i jakościowy (Francuz, 2001).

Jako syntetyczny (makroskopowy) miernik – zmienna zależna modelowanych, obserwowanych zjawisk innowacyjnych w sieciach telekomunikacyjnych – autorzy proponują miernik złożoności sieci (*complexity measure*).

Miernik złożoności sieci zależy od szeregu parametrów i ujmowany jest w badaniach przestrzennych w różny sposób (Haynes i in., 1999) m.in:

- przez pomiar entropii,
- w postaci miar topologicznych sieci,
- przez wykorzystanie miar grawitacji (społecznej),
- przez wykorzystanie miar „pośrednich możliwości” (*intervening opportunity*),
- przez miary czasoprzestrzenne.

Dla celów badań wyodrębniono kategorie cech – jednocześnie elementy składowe proponowanego miernika:

- techniczne i technologiczne – np. parametry techniczne sieci: szybkość, wolumen przekazywanych informacji, scyfrowanie sygnału,
- funkcjonalne – np. spełniane funkcje, jakość i rodzaj przekazywanych informacji (GPRS, MMS, SMS, budzenie, zegarynka itd.),
- przestrzenne i regionalne – np. zasięg, geometria i topologia sieci oraz specyfika lokalizacji (np. rzeźba terenu, zalesienie, występowanie dużych powierzchniowo akwenów wodnych, uwarunkowania klimatyczne itd.),
- społeczno-ekonomiczne – m.in. zdolność ludzi do wykorzystania danych artefaktów (poziom kwalifikacji).

W ten sposób można symbolicznie ująć opisywany model

$$\Sigma X = f(T, F, R, S, \varepsilon) \quad (1)$$

gdzie:

$\Sigma X$  – syntetyczny miernik złożoności sieci

$T$  – parametry (cechy) techniczne i technologiczne sieci

$F$  – parametry (cechy) funkcjonalne sieci

$R$  – parametry (cechy) przestrzenne wpływające na dostępność sieci

$S$  – parametry (cechy) społeczno-ekonomiczne wpływające na dostępność sieci

$\varepsilon$  – czynniki losowe,

Nie definiując cech składowych wskaźnika złożoności (*complexity measure*) ani jego formy empirycznej, należy zgodzić się, że jest on jednak sztucznie skonstruowanym miernikiem i aby ocenić jego przydatność w badaniach sieci, należałoby zweryfikować jego zgodność przestrzenną z danymi, opisującymi realizację dostępności do sieci.

Pierwszym przybliżeniem w modelowaniu zmienności miernika syntetycznego dostępności sieci ICT jest wykorzystanie wskaźnika liczby ludności do modelowania interakcji przestrzennych (potencjału).

## Wykorzystanie modelu potencjału jako miernika dostępności

Jednym z rzadko stosowanych mierników jest potencjał demograficzny (ludnościowy). Tradycyjnie rozumiany jest jako miara dostępności – wynikająca z oceny oddziaływania otoczenia na dane miejsce geograficzne. Właśnie jedna z definicji dostępności określa ją jako zdolność do interakcji (Ratajczak, 1999: 233). W badaniach związanych z telekomunikacją potencjał demograficzny można postrzegać jako sumaryczną zdolność regionu do generowania interakcji w sferze komunikacji (Werner, 2003). Według modeli grawitacji i potencjału w naukach społecznych, wynika to z dwóch faktów: po pierwsze – im większy jest potencjał demograficzny w miejscu docelowym, tym większa jest zdolność do interakcji z obszaru otaczającego to miejsce, a więc jego dostępność; po drugie – miano potencjału ludnościowego, wynikające ze wzoru matematycznego (liczba osób/km). Odległość w mianowniku wyraża opór przestrzeni, a licznik – to potencjalnie sumaryczna liczba osób, które jednak pokonują ten opór odległości i nawiązują połączenie z miejscem docelowym. Klasyczną postać potencjału ludnościowego – wg modelu zawartego w równaniu (2) przedstawiono na rysunku 1 (Ratajczak, 1999). Dane dotyczą gmin Polski w 2000 roku.

$$V_i = \sum_{\substack{j=1 \\ i \neq j}}^n \frac{P_j}{d_{ij}} \quad (2)$$

gdzie:

$V_i$  – potencjał miejsca  $i$  (gminy)

$P_i$  – liczba ludności w granicach gminy

$d_{ij}$  – odległość (w km w linii prostej wyliczona na podstawie długości i szerokości geograficznej centrów miast i gmin dzielnic) pomiędzy miejscem generującym połączenie a docelowym.

W badaniach dostępności sieci można wykorzystać zmodyfikowany model potencjału geograficznego, ważony przez rangę jednostek przestrzennych w hierarchii gmin (równanie 3, Werner, 2003)

$$V_i = \sum_{\substack{j=1 \\ i \neq j}}^n \frac{P_j}{d_{ij} h_{ij}} \quad (3)$$

gdzie:

$V_i$  – potencjał miejsca  $i$  (gminy)

$P_i$  – liczba ludności w granicach gminy

$d_{ij}$  – odległość (w km w linii prostej wyliczona na podstawie długości i szerokości geograficznej centrów miast i gmin dzielnic) pomiędzy miejscem generującym połączenie a docelowym

$h_{ij}$  – wartość absolutna odpowiadająca różnicy rang między gminami; gminy uszeregowano rosnąco wg liczby ludności i ponumerowano nadając im kolejne rangi.

Wizualizację zmodyfikowanego modelu potencjału geograficznego (3) przedstawiono na rysunku 2.

## Konstrukcja mierników syntetycznych

Innym ze sposobów konstrukcji miernika jest metoda wskaźnika syntetycznego stosowanego do klasyfikacji pseudojednocechowej (Nowak, 2004).

Istotą metody pseudojednocechowej jest skonstruowanie jednej metacechy (w badanej zbiorowości jednostek przestrzennych) na podstawie zbioru różnych cech niezależnych (określając równocześnie ich charakter: stymulacyjny lub destymulacyjny), za pomocą procedur statystycznych operując najczęściej wartościami standaryzowanymi.

Wskaźniki syntetyczne są stosowane głównie do liniowego porządkowania obiektów wielocechowych i mogą stanowić punkt wyjścia klasyfikacji typologicznej. Ich interpretacja polega na ocenie poziomu zjawisk opisywanych przez zmienne niezależne – im są wyższe, tym wyższa wartość przyjmuje wskaźnik syntetyczny (Nowak, 2004).

Z drugiej strony, zamiast syntetycznego, złożonego miernika należy operować także faktyczną miarą określającą rzeczywistą dostępność (ang. *accessibility* – *dostępność, użyteczność, osiągalność*) sieci. Powinien on mieć charakter wskaźnika mianowanego. Powinien mieć charakter holistyczny i tak skonstruowany aby można było go wyrazić ilościowo oraz zinterpretować jakościowo.

Realizacją dostępności jest faktyczna liczba użytkowników sieci.

Liczba użytkowników sieci w danej jednostce przestrzennej nie jest miarodajnym wskaźnikiem dostępności telekomunikacyjnej. Dlatego należałoby przedstawić ją jako wskaźnik względny – określić znaczenie społeczno-gospodarcze i koncentrację przestrzenną.

Można sformułować jednoznacznie pojęcie: użytkownik funkcjonalnie wyróżnionego medium. Użytkownicy wykorzystują różne artefakty, łącząc się z sieciami telekomunikacyjnymi i sieciami radiodifuzji<sup>4</sup>. Wymiary tak sformułowanego wskaźnika to liczba użytkowników w każdej z wyróżnionych funkcjonalnie sieci: telewizji kablowej, abonentów telefonii stacjonarnej, komórkowej, radiodifuzji programowej – RTV, sieci Internet.

Można wyróżnić szereg aspektów dostępności i tym samym sformułować szereg cech (zmiennych niezależnych, opisujących cechy składnikowe i funkcjonalne badanych sieci). Powinny one ujmować m.in.: subiektywizm użytkowników w ocenie przydatności innowacji, preferencje osobiste dotyczące użyteczności, aspekt przestrzenno-czasowy, czynniki społeczno-ekonomiczne oraz specyficzne uwarunkowania regionalne

Zaproponowany miernik pseudojednocechowy jest właściwie miarą realizacji dostępności badanych sieci.

W badaniach bierze się pod uwagę następujące cechy:

- liczbę abonentów telefonii komórkowej (źródło: URTiP, jednak brak jest jeszcze takich danych),
- liczbę internautów (szacowaną na podstawie badań TNS OBOP),
- liczbę abonentów telewizji kablowej (źródło: GUS),
- liczbę abonentów telefonii stacjonarnej (źródło: GUS),
- liczbę abonentów telewizji (źródło: GUS),
- liczbę abonentów radia (źródło: GUS).

Każdą z sześciu wymienionych wyżej cech można zinterpretować jako liczbę wykorzystywanych artefaktów, które są aktywne w sieci (odbiorników telewizyjnych, radiowych,

<sup>4</sup> Według terminologii T. Hoffa, 1995 (inaczej sieci rozsiewczych).

telefonów stacjonarnych, telefonów komórkowych, komputerów lub hostów). Sprowadzając je do jednego miana – można sformułować jednoznacznie pojęcie: użytkownik funkcjonalnie wyróżnionego medium. Jedna osoba może równocześnie wykorzystywać wszystkie wymienione artefakty. Wymiar tak sformułowanego wskaźnika to liczba użytkowników (w każdej z wyróżnionych funkcjonalnie sieci: telewizji kablowej, telefonii stacjonarnej, komórkowej, radiodifuzji programowej – RTV, Internetu).

Sumując poszczególne wartości można otrzymać wartość, która jest liczbą użytkowników sieci w danej jednostce przestrzennej.

Często stosowanym sposobem określenia znaczenia danego zjawiska jest wyznaczenie jego natężenia w odniesieniu do całkowitej liczby ludności jednostki przestrzennej. W telefonii jest to tzw. gęstość telefoniczna tj. liczba abonentów przypadająca na 100 (lub 1000) mieszkańców. Nic nie stoi na przeszkodzie, aby pozostałe cechy określić w taki sam sposób.

Drugim sposobem konstrukcji miernika dostępności sieci jest ocena koncentracji przestrzennej – wyrażona średnią liczbą użytkowników przypadającą na 1 km<sup>2</sup>.

Należy zbadać cztery różne warianty konstrukcji mierników syntetycznych realizacji dostępności sieci (tab. 1).

**Tabela 1.** Mierniki realizacji dostępności sieci

Mierniki realizacji dostępności sieci	Średnia	
	arytmetyczna	harmoniczna
Gęstość sieci (np. gęstość telefoniczna) – miernik znaczenia społeczno-ekonomicznego	liczba użytkowników sieci przypadająca na 1000 mieszkańców	liczba użytkowników sieci przypadająca na 1000 mieszkańców
Koncentracja sieci – miernik znaczenia koncentracji przestrzennej	liczba użytkowników sieci przypadająca na 1 km <sup>2</sup>	liczba użytkowników sieci przypadająca na 1 km <sup>2</sup>

W ten sposób można zbudować macierz danych przestrzennych badanych cech wg jednostek przestrzennych. Ponieważ wszystkie cechy charakteryzuje jedno miano, można pominąć etap standaryzacji (tab. 2).

Średnią harmoniczną stosuje się przy wyznaczaniu średniej dla wielkości unormowanych, odwrotnych i względnych. W badaniach uwzględniono obydwie miary w celu wyboru bardziej adekwatnej.

W dalszej części zaproponowano i przedstawiono cztery różne warianty konstrukcji syntetycznych mierników dostępności sieci.

#### **Wariant I. Miernik oparty na średniej arytmetycznej badanych cech na 1000 mieszkańców**

Jako miernik syntetyczny dostępności telekomunikacyjnej w regionie przyjęto średnią arytmetyczną. Jest to średnia arytmetyczna liczby osób użytkujących poszczególne urządzenia w sieci w danej jednostce przestrzennej (wg województw) – średnia liczba użytkowników sieci na 1000 mieszkańców, średnia ogólnopolska = 169 os/1000 mieszk.; składowe: liczba abonentów telewizji kablowej, liczba abonentów telefonii stacjonarnej, liczba abonentów TV, liczba abonentów radiowych, liczba internautów.

Interpretacja zróżnicowania przestrzennego miernika (rys.3) wskazuje wyraźny podział Polski na cztery główne obszary – znacznie powyżej średniej dostępności (mazowieckie, śląskie), powyżej średniej dostępności (część północno-zachodnia i zachodnia kraju), poniżej średniej dostępności (część północno-wschodnia, wschodnia i południowa) oraz o najmniejszej dostępności (podkarpackie).

**Tabela 2.** Liczba użytkowników (na 1000 mieszkańców) funkcjonalnie wyodrębnionych sieci wg województw (2003)

Województwo	Abonenci tv kablowej	Abonenci telefonii stacjonarnej	Abonenci telewizji	Abonenci radia	Internauci	Abonenci telefonii komórkowej	Razem	Średnia arytmetyczna	Średnia harmoniczna
	użytkowników na 1000 mieszkańców								
Dolnośląskie	80	311	248	256	80	*	975	195	138
Kujawsko-pomorskie	115	278	249	255	70	*	967	193	145
Lubelskie	71	257	212	219	60	*	819	164	114
Lubuskie	106	282	252	257	30	*	927	185	92
Łódzkie	124	297	251	259	50	*	981	196	127
Małopolskie	57	288	196	204	100	*	845	169	122
Mazowieckie	117	338	227	235	150	*	1067	213	186
Opolskie	55	256	226	230	40	*	807	161	90
Podkarpackie	48	229	151	156	40	*	624	125	79
Podlaskie	76	283	207	212	40	*	818	164	98
Pomorskie	143	305	231	236	60	*	975	195	141
Śląskie	100	289	254	259	110	*	1012	202	165
Świętokrzyskie	60	236	226	234	20	*	776	155	63
Warmińsko-mazurskie	94	267	231	235	40	*	867	173	104
Wielkopolskie	100	277	253	259	80	*	969	194	147
Zachodniopomorskie	121	306	262	267	30	*	986	197	95

\* brak danych

**Wariant II. Miernik oparty na średniej harmonicznej badanych cech na 1000 mieszkańców**

Jako miernik syntetyczny dostępności telekomunikacyjnej w regionie przyjęto średnią harmoniczną. Jest to średnia (harmoniczna) liczby osób użytkujących poszczególne urządzenia w sieci w danej jednostce przestrzennej – średnia liczba użytkowników sieci na 1000 mieszkańców, średnia ogólnopolska = 163 os/1000 mieszk.; składowe: liczba abonentów telewizji kablowej, liczba abonentów telefonii stacjonarnej, liczba abonentów TV, liczba abonentów radiowych, liczba internautów. Zastosowano średnią harmoniczną, gdyż składowe zjawiska są wielkościami względnymi.

Interpretacja zróżnicowania przestrzennego miernika (rys. 4) wskazuje wyraźny podział Polski na pięć głównych obszarów – powyżej średniej dostępności (mazowieckie), o średniej dostępności (pomorskie, wielkopolskie, poznańskie, śląskie), poniżej średniej dostępności (dolnośląskie, łódzkie, lubelskie, małopolskie), znacznie poniżej średniej dostępności (pe-



ryferyjne przygraniczne na północnym zachodzie i południowym wschodzie oraz opolskie) oraz o najmniejszej dostępności (świętokrzyskie i podkarpackie).

### **Wariant III. Miernik oparty na średniej arytmetycznej liczbie użytkowników na 1 km<sup>2</sup>**

Jako miernik syntetyczny dostępności telekomunikacyjnej w regionie przyjęto średnią arytmetyczną liczby użytkowników na 1 km<sup>2</sup>. Jest to średnia (arytmetyczna) liczby osób użytkujących poszczególne urządzenia w sieci w danej jednostce przestrzennej – średnia ogólnopolska = 24 os/km<sup>2</sup>; składowe: liczba abonentów telewizji kablowej, liczba abonentów telefonii stacjonarnej, liczba abonentów TV, liczba abonentów radiowych, liczba internautów (rys. 5).

### **Wariant IV. Miernik oparty na średniej harmonicznnej liczbie użytkowników na 1 km<sup>2</sup>**

Średnia ogólnopolska = 18 os/km<sup>2</sup>, składowe: liczba abonentów telewizji kablowej, liczba abonentów telefonii stacjonarnej, liczba abonentów TV, liczba abonentów radiowych, liczba internautów (rys. 6).

### **Potencjał geograficzny jako miernik dostępności sieci**

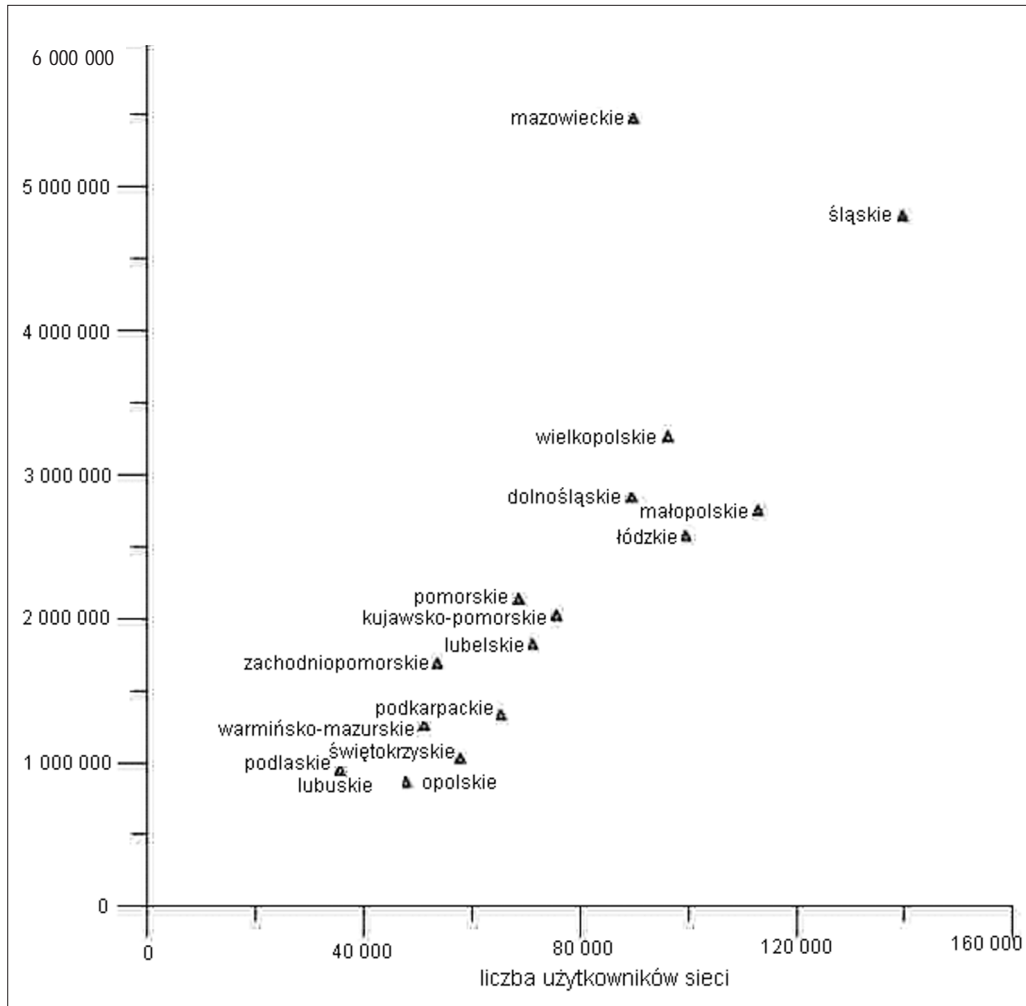
Nasuwa się pytanie – czy jako miernik realizacji dostępności sieci może być także wykorzystany potencjał geograficzny. Z definicji wynika, że tak. Ale należy sprawdzić tę zależność statystycznie. W tym celu wyliczono wartości zmodyfikowanego potencjału geograficznego wg województw (równanie 2, rys. 7).

Aby sprawdzić, czy istnieje związek pomiędzy liczbą użytkowników sieci w województwach (z zastrzeżeniem braku danych dotyczących telefonii komórkowej) a wartościami zmodyfikowanego potencjału geograficznego wg województw wyliczono wskaźnik korelacji liniowej Pearsona, który wyniósł:  $r = 0,813$  (rys. 8).

## **Wnioski**

Powyższe fakty dowodzą, że w przypadku braku danych dotyczących rzeczywistej liczby użytkowników sieci, można wykorzystać z powodzeniem model zmodyfikowanego potencjału geograficznego. W modelu tym należałoby, zamiast ogólnej liczby ludności, uwzględnić pewne wybrane cechy demograficzne związane z poziomem rozwoju cywilizacyjnego społeczeństwa (np. liczba osób o określonym poziomie wykształcenia dla poszczególnych kategorii wiekowych lub liczba osób zatrudnionych w innowacyjnych działach gospodarki). Należy przypuszczać, że stwierdzone zależności dla województw będą także prawdziwe dla mniejszych jednostek przestrzennych.





Rys. 8. Zmodyfikowany potencjał geograficzny a liczba użytkowników sieci wg województw (2003 r.)

### Literatura

- Francuz P., 1991: Funkcja ilościowych i jakościowych cech w kategoryzacji przedmiotów, *Prace Wyd. Nauk Społ.* Nr 24, Tow. Nauk. KUL, Lublin.
- Frenken K., 2005: Technological innovation and complexity theory, Urban and Regional research centre Utrecht (URU), <http://econ.geog.uu.nl/frenken/frenken.html>, Utrecht University, Utrecht, (2 March 2005).
- Haynes K.E, Stough R.R., Kulkarni R.G., 1999: Towards a percolation model of accessibility, 4<sup>th</sup> International Conference on Geocomputation, Fredericksburg, VA.
- Hoff T., 1995: Geograficzne problemy radiodifuzji na świecie, UMCS, Filia w Rzeszowie.
- Łoboda J., 1975: Modele dyfuzji innowacji w badaniach i prognozowaniu struktur społeczno-przestrzennych. *Biul. KPZK PAN*, z. 95.
- Nowak E., 2004: Metody klasyfikacji w badaniach geograficznych, Bogucki Wyd.Nauk., Poznań.
- Ratajczak W., 1999: Modelowanie sieci transportowych, Wyd.Nauk. UAM, Poznań.
- Werner P., 2003: Geograficzne uwarunkowania rozwoju infrastruktury społeczeństwa informacyjnego w Polsce, WGiSR UW, Warszawa.

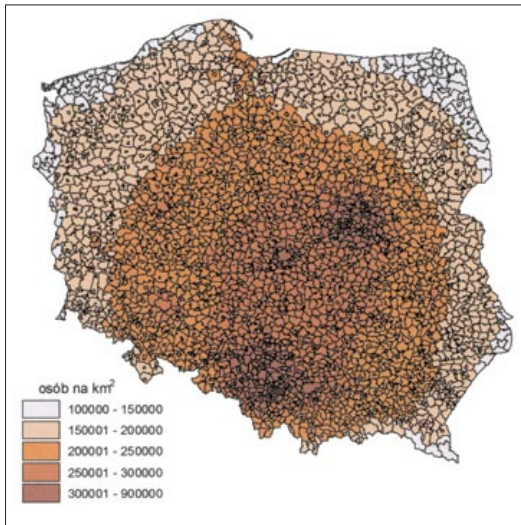
**Summary**

*The paper provides discussion and review of selected features, which are most often used in research and assessment of the degree of development and (social and spatial) accessibility of IT infrastructure, first of all of ICT networks. In the first stage, a list of the categories of (diagnostic) features was constructed. The next step was connected with substantive and formal (statistical and mathematical) analysis of the features aimed at reduction of the number of variables under consideration, based on empirical data in the order of selected spatial units in Poland.*

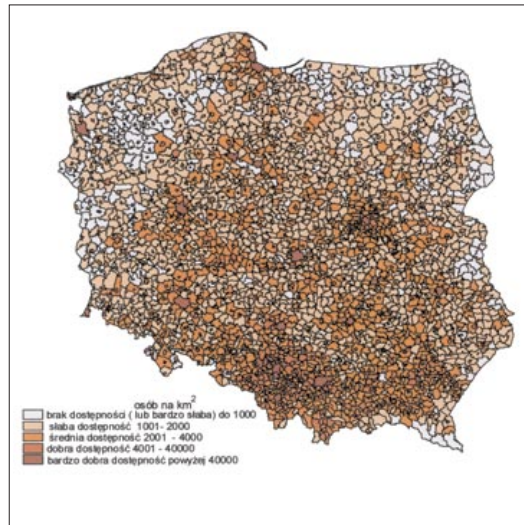
*The objective was to build such a complex measure which would reflect the features both stimulating and hampering development and accessibility of the networks in the order of the spatial units examined. GIS and statistical software was used for the construction and presentation of spatial diversification of selected complex measures of accessibility of networks in Poland.*

dr Elżbieta Kozubek  
elzbieta.kozubek@igik.edu.pl

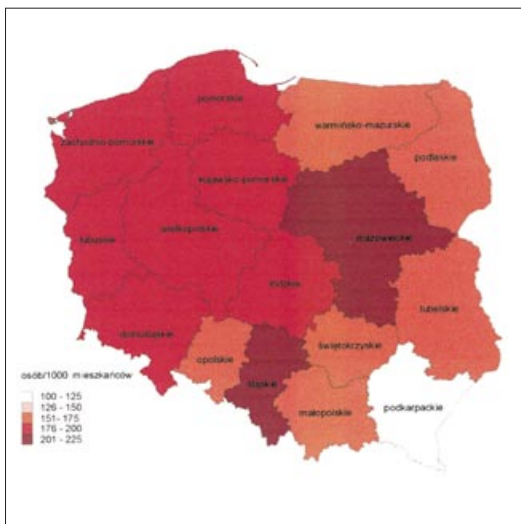
dr. hab. Piotr Werner  
peter@wgsr.uw.edu.pl



**Rys. 1.** Potencjał demograficzny Polski (wg gmin, 2000 r.)



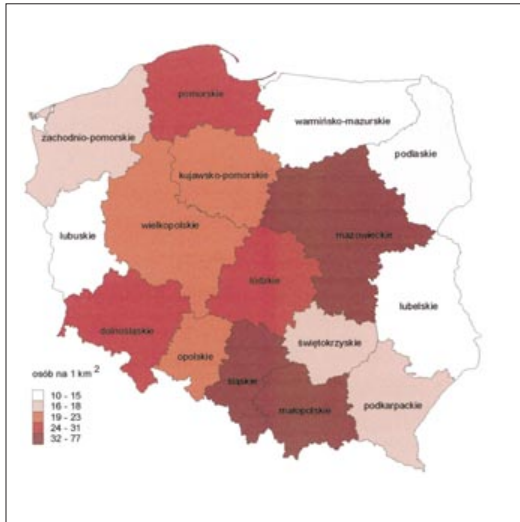
**Rys. 2.** Ocena dostępności sieci na podstawie zmodyfikowanego modelu potencjału geograficznego w Polsce (wg gmin, 2000 r.)



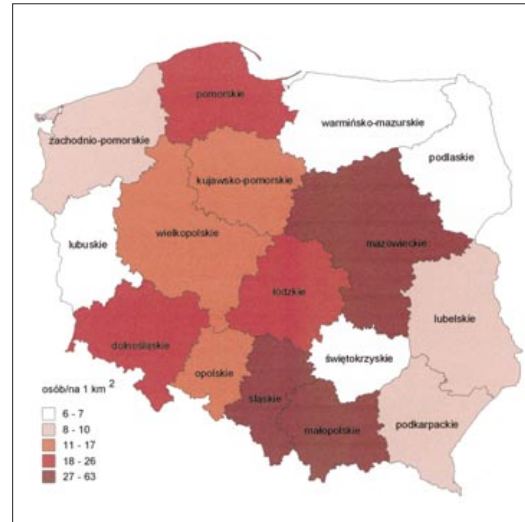
**Rys. 3.** Miernik syntetyczny dostępności sieci oparty na średniej arytmetycznej



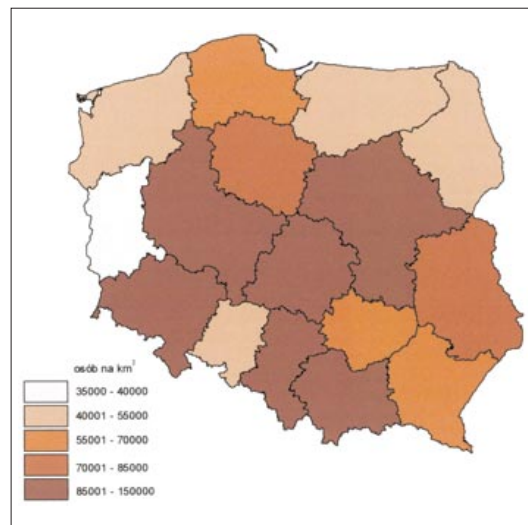
**Rys. 4.** Miernik syntetyczny dostępności sieci oparty na średniej harmonicznej



**Rys. 5.** Miernik dostępności sieci oparty na średniej arytmetycznej liczbie użytkowników na 1 km<sup>2</sup>



**Rys. 6.** Miernik dostępności sieci oparty na średniej harmonicznej liczbie użytkowników na 1 km<sup>2</sup>



**Rys. 7.** Potencjał geograficzny województw Polski ważony przez różnicę rang w hierarchii jednostek przestrzennych (2003 r.)