



Piotr Werner

**SYMULACJA MONTE CARLO ROZWOJU SIECI
TELEINFORMATYCZNYCH, RADIOKOMUNIKACJI
I RADIODYFUZJI W POLSCE
(NA PODSTAWIE MODELI POTENCJAŁU
GEOGRAFICZNEGO)**

**MONTE CARLO SIMULATION OF THE DEVELOPMENT
OF INTERNET AND RADIOCOMMUNICATION IN POLAND
(BASED ON GEOGRAPHIC POTENTIAL MODELS)**

*Uniwersytet Warszawski, Wydział Geografii i Studiów Regionalnych
Warsaw University, Faculty of Geography and Regional Studies*

STRESZCZENIE: Zmodyfikowany model potencjału ludnościowego (geograficznego) wykorzystano w celu symulacji przestrzennej Monte Carlo rozwoju infrastruktury społeczeństwa informacyjnego czyli sieci: teleinformatycznych (telefonii przewodowej, telefonii komórkowej, Internetu) i radiodyfuzji (rtv) w Polsce, z uwzględnieniem zidentyfikowanych czynników geograficznych (jako czynników lokalizacji ogólnej).

Wyniki przeprowadzonych badań (dotyczące problematyki metodologicznej) obejmują propozycję modyfikacji heurystycznej modelu potencjału geograficznego opartą na parametrach: różnicy rang miast i wskaźnika liczbowego definiującego różnicę struktury zatrudnienia w miastach.

W warstwie operacyjnej zaprojektowano i wykonano dla systemu GIS (ArcView) uniwersalne procedury umożliwiające automatyczne oszacowanie modelu potencjału geograficznego oraz zmodyfikowanych, heurystycznych modeli potencjału geograficznego, wykonanie symulacji Monte Carlo opartej na oszacowanym modelu potencjału geograficznego oraz wizualizację kartograficzną wyników.

Wyżej wymienione czynniki geograficzne poddano pozytywnej weryfikacji statystycznej dla różnych części wybranych fragmentów sieci teleinformatycznej i radiodyfuzji – oceniając ich wpływ i przedstawiając ich zróżnicowanie przestrzenne.

SŁOWA KLUCZOWE: symulacja, Monte Carlo, sieci, Internet, radiokomunikacja, radiodyfuzja

Model potencjału ludnościowego (geograficznego, Sheppard, 1974, Ratajczak, 1999) wykorzystano w celu symulacji rozwoju infrastruktury społeczeństwa informacyjnego czyli sieci. Obejmują one:

- Sieci teleinformatyczne¹
 - telefonii przewodowej z cyfrową technologią ISDN
 - telefonii komórkowej
 - Internet (sieci komputerowe)
- Sieci radiodifuzji²
 - nadajniki emitujące cyfrowy sygnał telewizyjny i radiowy
 - sieci kablowe rtv

W badaniach wykorzystano zmodyfikowany model potencjału ludnościowego. Założono wpływ zidentyfikowanych czynników geograficznych (jako czynników lokalizacji ogólnej). Wykorzystując model potencjału uwzględniający wybrane czynniki geograficzne przeprowadzono symulację przestrzenną, konstruując za pomocą symulacji Monte Carlo hipotetyczne rozmieszczenie węzłów, ich powiązania oraz definiując zasięg samej sieci i jej oddziaływanie geograficzne (w granicach Polski) osobno dla każdej z funkcjonalnie wyróżnionych sieci teleinformatycznych i radiodifuzji a następnie porównano z obrazem rzeczywistym tych sieci. Wybór potencjału geograficznego był uzasadniony gdyż uwzględnia liczbę ludności oraz odległość geograficzną. Modyfikacja polegała na uwzględnieniu: hierarchii miast (różnicy rang pomiędzy miastami) oraz oddziaływania wybranych (omówionych) czynników geograficznych. Jednostką przestrzenną badań były poligony Thiessena wokół miast. Statystyki demograficzne oraz dane dotyczące czynników geograficznych zagregowano w granicach poligonów.

Potencjał geograficzny jest miarą dostępności i opisuje zdolność do interakcji danego miejsca względem obszaru go otaczającego.

Tabela 1.
Table 1.

Modele potencjału geograficznego zastosowane w badaniach
Models of geographic potentials applied in research

| Równanie | Model potencjału | Nazwa i interpretacja |
|----------|--|---|
| 1 | $V_i = \sum_{j=1}^n \left(\frac{P_j}{d_{ij}} \right)$ | <i>Model VD – uwzględniający tylko opór odległości. Klasyczna postać modelu potencjału najczęściej wykorzystywana</i> |
| 2 | $V_i = \sum_{j=1}^n \left(\frac{P_j}{d_{ij}} \right) h_{ij}^{-1}$ | <i>Model VDH – model heurystyczny uwzględniający opór odległości i różnice rang miast.</i> |
| 3 | $V_i = \sum_{j=1}^n \left(\frac{P_j}{d_{ij}} \right) h_{ij}^{-1} f_{ij}^{-1}$ | <i>Model VDHF – model heurystyczny uwzględniający opór odległości, różnice rang miast i różnice w strukturze zatrudnienia</i> |

¹ Sieci teleinformatyczne to wszystkie trakty i węzły (urządzenia pasywne i aktywne) sieci telekomunikacyjnej przenoszące drogą kablową lub radiową sygnał cyfrowy, który funkcjonalnie jest wykorzystywany przez użytkowników za pomocą wyspecjalizowanych urządzeń (komputerowych) zdolnych do odkodowania tego sygnału i jego zamianę na sygnał analogowy czytelny dla człowieka. Nośnikami mogą być: technologia połączeń kablowych: miedziany podwójny zwój, kabel koncentryczny, światłowód, droga powietrzna.

² Sieci radiodifuzji – sieci nadajników i kablowe radiowo-telewizyjne.

Proponowana interpretacja modelu potencjału geograficznego (także zmodyfikowanego) wywodzi się zarówno z udokumentowanego w literaturze geograficznej rozumienia potencjału geograficznego – miary dostępności definiowanej jako potencjalnej zdolności interakcji (Chojnicki, 1999, Ratajczak, 1999, Mazurkiewicz, 1986), wynikającej z oceny oddziaływania otoczenia na dane miejsce geograficzne. Miano potencjału geograficznego wynikające ze wzoru – $([os./km])$ – oraz jego interpretacja jako miary dostępności pozwalają w tym przypadku nadać mu znaczenie geograficzne jako miary liczby osób pokonujących „opór przestrzeni” i nawiązujących połączenie z miejscem docelowym z obszaru go otaczającego w sieciach teleinformatycznych (telefonii przewodowej, komórkowej i sieciach komputerowych).

Rozpoznane na podstawie literatury przedmiotu i uwzględnione w badaniach czynniki geograficzne kształtujące rozwój sieci to:

- a) czynniki demograficzne – decydujące o korzyściach skali to:
 - i) liczba ludności – potencjalny rynek zbytu na oferowane usługi,
 - ii) gęstość zaludnienia – obszary o dużej gęstości zaludnienia są najbardziej atrakcyjne z punktu widzenia inwestycji, gdyż pozwalają pozyskać dużą liczbę klientów w krótkim czasie (widzów, radiosłuchaczy, internautów, abonentów) a sami użytkownicy odnoszą już korzyść w miarę zwiększania się ich liczby,
- b) czynniki geograficzno-ekonomiczne decydujące o korzyściach aglomeracji to:
 - iii) stopień urbanizacji i stan rozwoju sieci osadniczej stwarzające korzyści lokalizacji dzięki możliwości pozyskania kwalifikowanej siły roboczej oraz korzyści urbanizacji poprzez wykorzystanie elementów infrastruktury miasta istotny jest także motywacyjny aspekt przeżyć społecznych w miejscu pracy (Warnecke, 1999),
- c) czynniki geograficzno-ekonomiczne decydujące o korzyściach deaglomeracji to:
 - i) czynniki odległości geograficznej ze względu na tłumienie sygnału w sieciach kablowych oraz w radiokomunikacji i radiodyfuzji ze względu na podatność na zakłócenia; im mniejsza jest częstotliwość fal przenoszących sygnał (krótsze fale), tym mniejszy jest zasięg nadajnika ale równocześnie mniejsza podatność na zakłócenia; im większe inwestycje polepszające jakość, tym usługa staje się droższa i równocześnie spada jej dostępność,
 - ii) zabudowa w sieciach kablowych stwarza możliwość wykorzystania infrastruktury natomiast w radiokomunikacji i radiodyfuzji powoduje dyfrakcję, odbicie i interferencja fal (wyłumianie sygnału),
 - iii) istniejące elementy infrastruktury teleinformatycznej i radiokomunikacji w sieciach kablowych powodują wymóg nowych inwestycji ze względu na ograniczoną pojemność. Podobnie w radiokomunikacji i radiodyfuzji ograniczona pojemność dotyczy zakresów częstotliwości nadawania,
- d) inne czynniki geograficzno-ekonomiczne to:
 - i) poziom edukacji społeczeństwa i wykształcenie ludności, które zależy od wiedzy i umiejętności technicznych; wiąże się z poziomem wykształcenia i świadomości technicznej społeczeństwa. W badaniach ujęto ten czynnik jako wskaźnik struktury zatrudnienia gdyż specyfiką działalności w dziedzinie usług staje się ko-

nieczność znajomości funkcjonalności urządzeń telekomunikacyjnych większa niż przeciętnego użytkownika. Istnienie dużego sektora usług wzmacnia korzyści skali. Wzrasta liczba osób, które w większym stopniu umieją wykorzystać urządzenia telekomunikacyjne. Krzywa uczenia się i krzywa doświadczenia zostają w pełni wykorzystane a wolumen przetworzonej informacji ma prawie matematyczny wpływ na koszty (Warnecke, 1999),

- ii) dostępność i zasięg geograficzny usług wpływające na korzyści skali; infrastruktura drogową, kolejową, energetyczną, turystyczną to gotowe maszyny, kanały telefoniczne i budynki, gdzie można zlokalizować urządzenia sieci minimalizując koszty inwestycji,
- e) czynniki fizyczno-geograficzne rozpatrywane w badaniach:
 - i) ukształtowanie terenu (zróźnicowanie spadków) gdyż w sieciach kablowych wydłuża się droga sygnału w terenie pofałdowanym natomiast w radiokomunikacji i radiodyfuzji – jest to bariera propagacji sygnału radiowego na skutek dyfrakcji i odbicia fal,
 - ii) zróźnicowanie roślinności (zalesienie obszaru) w radiokomunikacji i radiodyfuzji – jest to bariera propagacji sygnału radiowego na skutek dyfrakcji i odbicia fal.

Nie uwzględnione w badaniach czynniki to fizyczno – geograficzne: warunki klimatyczne i pogodowe, zróźnicowanie występujących powierzchniowych warstw ziemi (rodzaj gleb i warstw skalnych podłoża) oraz wody powierzchniowe. Inne czynniki nie uwzględnione to czynnik prowadzonej polityki ochrony zdrowia i ochrony środowiska naturalnego oraz polityka państwa w zakresie telekomunikacji.

Czynniki geograficzne uwzględnione w symulacji podzielono na kategorie: stymulujące i destymulujące. Ich oddziaływanie ujęto w ten sposób, że oszacowano ich wagę obliczając odpowiednio:

- a) dla czynników uznanych za stymulujące: sumaryczny udział powierzchni obszarów, które zajmują wszystkie czynniki w stosunku do całej powierzchni poligonu Thiessena (osobno dla każdego poligonu),
- b) dla czynników uznanych za destymulujące: udział dopelnienia powierzchni, którą zajmuje dany czynnik w stosunku do całej powierzchni poligonu Thiessena (osobno dla każdego poligonu i każdego czynnika).

Procedura symulacji Monte Carlo polegała na skonstruowaniu modelu probabilistycznego na podstawie modelu potencjału, który stanowił punkt wyjścia do symulacji zasięgu i rozmieszczenia sieci (w pracy wykorzystano zmodyfikowany model potencjału geograficznego). Kolejne etapy obejmowały:

- 1) Stworzenie modelu probabilistycznego i wykonanie symulacji rozwoju przestrzennego sieci metodą Monte Carlo z uwzględnieniem wybranych czynników geograficznych uznanych za istotne dla zjawiska rozwoju infrastruktury technologii informacyjnych w Polsce.
- 2) Wizualizacja wyników symulacji w postaci map zasięgów i powiązań między węzłami sieci.
- 3) Weryfikację – porównanie uzyskanych, w wyniku symulacji, obrazów zasięgu i powiązań węzłów sieci z sytuacją rzeczywistą – zrekonstruowaną na podstawie zebranych danych.

Wyniki przeprowadzonych badań (dotyczące problematyki metodologicznej) obejmują propozycję modyfikacji heurystycznej modelu potencjału geograficznego opartą na parametrach: różnicy rang miast i wskaźnika liczbowego definiującego różnicę struktury zatrudnienia w miastach, polegającą na wprowadzeniu do wzoru właściwego modelu potencjału geograficznego (niemianowanych) wskaźników: różnicy rang miast i liczbowego definiującego różnicę struktury zatrudnienia w miastach. Interpretacja tych wskaźników jest analogiczna do pojęcia „oporu przestrzeni”, ujętego w modelu potencjału. Brak miana umożliwia potraktowanie tych wskaźników jako parametrów modyfikujących właściwy model a przez to ujęcie w postaci jednego wzoru modelu potencjału geograficznego dodatkowych czynników geograficznych.

W badaniach potwierdzono przydatność zmodyfikowanego, heurystycznego modelu potencjału geograficznego uwzględniającego różnicę rang miast (VDH) do oceny geograficznego zasięgu sieci teleinformatycznych analogicznie do modelu właściwego potencjału geograficznego stosowanego w badaniach rozwoju sieci transportowych (Ratajczak, 1999). Potwierdzeniem była konstrukcja modelu probabilistycznego opartego na modelu VDH oraz symulacja Monte Carlo i porównanie ze stanem rzeczywistym zasięgu sieci teleinformatycznych w Polsce w oparciu o ten model.

Podobieństwa mechanizmów rozwoju przestrzennego funkcjonalnie zróżnicowanych sieci infrastruktury technologii informacyjnych w Polsce dowodzi możliwość zastosowania do symulacji ich zasięgu (wybranych w pracy fragmentów sieci) tego samego modelu potencjału geograficznego uwzględniającego różnicę rang miast (VDH). W przypadku sieci kablowych (Internet) ten model posłużył do symulacji łączy sieci szkieletowej (WAN) i rozmieszczenia węzłów (MAN). W przypadku sieci telefonii komórkowej i radiodifuzji był to ten sam model ale dodatkowo uwzględniający wagi czynników geograficznych – te same dla każdej części sieci. Uzyskane wyniki weryfikujące zgodność zasięgu na poziomie 60–85% świadczą o podobieństwie ich oddziaływania na różną funkcjonalnie infrastrukturę sieci ale jest to logiczna konsekwencja technologii, w której ostatnim ogniwem łączącym abonenta, radiosłuchacza czy widza telewizyjnego jest propagacja sygnału w atmosferze.

Podobieństwo rozwoju geograficznego infrastruktury sieci wynika także z obserwowanych procesów konwergencji funkcjonalnie zróżnicowanych sieci w Polsce (i na świecie) i tworzenia się heterogenicznej sieci umożliwiającej emisję zintegrowanego sygnału cyfrowego. Obserwowane w Polsce procesy konwergencji dotyczą sieci komputerowych, telefonii stacjonarnej i komórkowej.

W warstwie operacyjnej zaprojektowano i wykonano dla systemu GIS (ArcView) uniwersalne procedury umożliwiające dla obszaru Polski automatyczne oszacowanie modelu potencjału geograficznego oraz zmodyfikowanych, heurystycznych modeli potencjału geograficznego uwzględniających różnicę rang lokalizacji (miast) oraz struktury (zatrudnienia), wykonanie symulacji Monte Carlo opartej na oszacowanym modelu potencjału geograficznego oraz wizualizację połączeń pomiędzy parami dowolnych punktów o określonych potencjałach geograficznych opartą na analizie prawdopodobieństwa (progu perkolacji) dla wysymulowanego modelu probabilistycznego (na podstawie jednego z oszacowanych modeli potencjału geograficznego) i wizualizację zasięgu obszaru o określonym potencjale geograficznym opartym na

analizie prawdopodobieństwa (progu perkolacji) dla wysymulowanego modelu probablistycznego (na podstawie jednego z oszacowanych modeli potencjału geograficznego).

Wzrost gospodarczy i stan wiedzy naukowej społeczeństw zależy współcześnie m.in. od możliwości wykorzystania i połączenia dwóch technologii informacyjnych: zautomatyzowanej łączności i techniki komputerowej (Jonscher, 1999). Potocznie – społeczeństwo informacyjne to społeczeństwo wykorzystujące wymienione wyżej technologie informacyjne w celu przezwyciężenia bariery odległości między ludźmi, rozszerzenia naturalnego zakresu zmysłów ludzkich oraz dostarczenia możliwości przetwarzania informacji i pobudzenia potencjału intelektualnego ludzi (tamże, str. 85).

Zjawiska decydujące o rozwoju społeczeństwa informacyjnego to:

- informatyzacja społeczeństwa i rozwój procesów globalnego wzajemnego komunikowania się ludzi,
- projekt scyfrowania i konwergencja elementów infrastruktury,
- interaktywność oraz możliwość przesyłania danych, dźwięku i obrazu.

W skali społeczeństw wytworzyły się tzw. inteligentne sieci telekomunikacyjne umożliwiające świadczenie nowych usług, łączące przedsiębiorstwa produkcyjne, instytucje państwowe i prywatne, naukowe i gospodarcze a także gospodarstwa domowe (Wieloński, 1998). Proces informatyzacji w skali krajowej i globalnej można rozumieć jako: przygotowanie i zdolność do użytkowania systemów informatycznych, komputeryzację społeczeństwa i wykorzystanie usług telekomunikacji do przesyłania i zdalnego przetwarzania informacji.

Środowisko komunikacji społecznej tworzą dostępne różne źródła informacji, które są funkcjonalnie różnymi elementami infrastruktury. Tradycyjne media – środki masowego przekazu to czasopisma, gazety i książki (obecne także poprzez kanały informacyjne WWW w Internecie) oraz radio i telewizja: sieci telewizji cyfrowych – satelitarnych i kablowych, technika cyfrowa w radio (RDS), platformy telewizji cyfrowej. Nowe media to: technika cyfrowa video, DVD i płyt kompaktowych, telefonia komórkowa: analogowa (NMT) i cyfrowa w systemie GSM i DCS, sieci przywoławcze (pager) oraz sieci komputerowe (LAN, WAN) i Internetu w powiązaniu z techniką WWW.

Konwergencja czyli integracja infrastruktury technicznej polega na przejściu od emisji sygnału analogowego do sygnału cyfrowego, konstrukcji procesorów od wyspecjalizowanych do standardowych, ogólnego zastosowania, które można jednak zaprogramować dla określonego celu i stworzenia urządzeń, które można przeprogramować dla wielu różnych celów, powiązaniu techniki cyfrowej i zautomatyzowanej łączności (telekomunikacja, teleinformatyka) oraz integracji dokonującej się dzięki technice komputerowej – przez scyfrowanie wcześniej rozwiniętych gałęzi: telefonii, radio, telewizji, łączności satelitarnej i światłowodowej – medium (kabel lub atmosfera) przenosi jeden sygnał, który jest funkcjonalnie interpretowany przez zaprogramowane do tego celu urządzenia. Istotą dokonujących się współcześnie przemian jest integracja dokonująca się dzięki technice komputerowej – przez scyfrowanie wcześniej rozwiniętych gałęzi: telefonii, radio, telewizji, łączności satelitarnej i światłowodowej. Celem jest szerokopasmowa zintegrowana obsługa cyfrowa. Szerokopasmowość oznacza posiadanie zdolności przystosowywania wszystkich dostępnych w handlu urządzeń wejścia-wyjścia [input-output devices], do których użytkownik ma życzenie się podłączyć.

Stan informatyzacji gospodarki w Polsce można scharakteryzować następująco:

- telefonia stacjonarna to w obecnej chwili ponad 10 mln abonentów (ok. 8 mln w miastach, 2 mln na wsi, 80% abonenci prywatni, 2000 r.), gęstość telefoniczna 261 osób/1000 mieszkańców (Łomianki 664, Cisna 4) co daje 32 abonentów/1 km² (1999). Około 65% łączy TP S.A. to cyfrowe (ISDN). Lokuje to Polskę na jednym z ostatnich miejsc w Europie. Jest to dwukrotnie mniejsza gęstość telefoniczna niż w Niemczech, Francji czy Hiszpanii i półtora raza mniej niż w Portugalii. Analiza kartograficzna dowodzi, że koncentracja geograficzna abonentów telefonii stacjonarnej, związana jest z obszarami zurbanizowanymi, największymi aglomeracjami i ośrodkami je otaczającymi,
- sieci komputerowe – Internetu; W Polsce jest ok. 2,5 mln komputerów PC (więcej niż w Finlandii, Irlandii, Czechach, we Włoszech, Portugalii i na Węgrzech) co daje ok. 62 komputery/1000 mieszkańców (77% zainstalowanych w miejscach pracy). Jest to ok. 1.5–5 razy mniej niż w krajach UE i innych krajach Europy Środkowej. Porównywalnie z Portugalią i Węgrami. W Polsce działa 250 firm ISP (operatorów internetu), 229 tys. serwerów Internetu (hostów – więcej niż w Czechach, Portugalii, Irlandii i na Węgrzech). Jest to 4–6 hostów / 1000 mieszkańców. Liczbę internautów ocenia się na 2.5–4 mln (ok. 400 tys. z domu, porównywalnie tylko z Węgrami, 2000 r.). Sieć ta ma charakter gwiazdzysty, policentryczny i hierarchiczny. Szkielet sieci (WAN) stanowią powiązania pomiędzy największymi aglomeracjami w Polsce tworzących 22 sieci miejskie (MAN). Wokół nich rozwijają się regionalne połączenia do mniejszych ośrodków je otaczających (LAN). Każdy z operatorów tworzy swoją własną niezależną sieć szkieletową (POL34 i Polpak-T), natomiast w ramach sieci miejskich i lokalnych wykorzystywane są często wspólne łącza. Z punktu widzenia procesów przestrzennej dyfuzji innowacji, a Internet jest taką innowacją w Polsce – potrzeba było dziesięciu lat (1991–2001) aby ten sposób interakcji między ludźmi objął duże miasta i większą część mniejszych, a populacja „internautów” wzrosła do ok. 4–5 mln osób (2002 r.),
- sieci telefonii komórkowej w sierpniu 2002 r. liczyły 11,6 mln abonentów (więcej niż telefonii stacjonarnej). Pokrycie obszaru Polski sygnałem wynosi ponad 90%. W Polsce po pięciu latach działania telefonii komórkowej wytworzyła się sytuacja, w której wszyscy operatorzy dążą do pokrycia zasięgiem sygnału GSM/DCS jak największego obszaru (w przeciwieństwie do niektórych krajów świata np.: Japonii, Norwegii – 60%–70%) i równocześnie reprezentują zbliżony potencjał infrastruktury sieci stacji bazowych, a różnica ich liczby abonentów powoli niweluje się. Na skutek silnej konkurencji infrastruktura sieci poszczególnych operatorów duplikuje się na całym obszarze Polski. Jednak uwarunkowania technologiczne, związane z ograniczeniami pojemności urządzeń (*capacity constraints*) wyznaczają kres górny liczby abonentów, których można będzie obsłużyć. W tym kontekście oraz w związku z pojawieniem się działającej technologii telefonii komórkowej trzeciej generacji UMTS (oraz uzyskanych koncesji w 2001 r.) wymuszającej nowe inwestycje, nie jest wykluczona współpraca operatorów w zakresie rozwoju wspólnej infrastruktury sieci bazowych. Dynamika rozwoju telefonii komórkowej w Polsce (i na świecie) wskazuje, że w latach dziewięćdziesiątych pojawiła się, zaakceptowana przez społeczeństwo, innowacja. Wyrazem tego jest fakt, że w ciągu pięciu lat liczba

abonentów telefonii komórkowej w Polsce zrównała się z liczbą abonentów telefonii stacjonarnej, rozwijającej się znacznie dłużej,

- sieci RTV – w Polsce działa 227 publicznych i prywatnych nadawców (28 nadawców TV, 199 nadawców radiowych w 2000 roku). Warunki działania określa: zasięg koncesyjny, faktyczny zasięg geograficzny oraz zasięg społeczny (oglądalność). Koncesje ogólnopolskie mają telewizje TVP i Polsat 1 – pozostałe stacje nadają w ramach koncesji regionalnych. Ogólnopolskie koncesje radiowe posiadają Polskie Radio 1, Radio ZET, RMF FM, Radio Maryja. Zasięgi geograficzne zależą od rozmieszczenia i mocy promieniowanej (ERP) nadajników emitujących sygnał. W pracy przedstawiono tylko zasięgi dwóch największych stacji radiowych i jednej mniejszej. Rozmieszczenie nadajników i zasięg sygnału jest częścią infrastruktury technologii informacyjnych. Nadawcy działający na podstawie koncesji ogólnopolskiej (Radio Zet i Radio Maryja) nie objęli jeszcze swoim zasięgiem całego obszaru kraju. Natomiast najmniejszy nadawca – Radio Eska – koncentruje swój sygnał wokół czterech dużych aglomeracji i pięciu średnich miast w Polsce. Na geograficzny zasięg radiodiffuzji największy wpływ mają czynniki niegeograficzne: polityczne, społeczne i ekonomiczne,
- sieci kablowe TV w dużych miastach – UPC 1,6 mln, Aster City 240 tys. (2000 r.). Obecnie operatorzy telewizji kablowych przekształcają się w operatorów sieci szerokopasmowych (zintegrowany sygnał TV, radio, internetu, telefonii stacjonarnej).

W aspekcie merytorycznym pracy należy podkreślić, że badana infrastruktura sieci teleinformatycznych i radiodiffuzji stanowi tylko jej większą część na podstawie której można wnioskować o procesach jej rozwoju geograficznego w całości.

Czynnikami geograficznymi wpływającymi na rozmieszczenie i zasięg infrastruktury technologii informacyjnych w Polsce są:

- potencjał geograficzny (ludnościowy – oszacowany na podstawie liczby ludności),
- odległość geograficzna miejsc lokalizacji węzłów sieci teleinformatycznych oraz nadajników radiodiffuzji programowej,
- hierarchia miast (ujęta w badaniach jako różnica rang miast).

Wpływają one przede wszystkim na rozwój infrastruktury dla mediów telekomunikacyjnych wykorzystujących sieci kablowe w Polsce.

Czynnikami modyfikującymi rozwój infrastruktury sieci dla mediów telekomunikacyjnych wykorzystujących propagację sygnału radiowego są :

A. Czynniki geograficzno-ekonomiczne:

- zasięg obszarów zurbanizowanych,
- zasięg obszarów zagospodarowanych turystycznie,
- zasięg obszarów w sąsiedztwie szlaków transportowych: drogowych i kolejowych.

B. Czynniki fizyczno-geograficzne:

- wielkość obszaru o zróżnicowanej rzeźbie terenu (ujęta w badaniach jako powierzchnie zmienności geograficznej spadków rzeźby),
- powierzchnia i zasięg obszarów zalesionych.

Wyżej wymienione czynniki poddano pozytywnej weryfikacji statystycznej dla różnych części wybranych fragmentów sieci teleinformatycznej i radiodiffuzji – oceniając ich wpływ i przedstawiając ich zróżnicowanie przestrzenne. Wizualna i

statystyczna ocena map pozwala stwierdzić, że wpływ czynników modyfikujących – stymulujący (najwyższe wartości) rozwój infrastruktury sieci ujawnia się na ok. 23% powierzchni Polski. Dla powierzchni obejmującej 19% – są to wartości niskie, wpływające destymulująco. Ich faktyczne znaczenie zostało zweryfikowane w trakcie symulacji części infrastruktury sieci dla propagacji sygnału radiowego za pomocą ważonego modelu potencjału geograficznego. Geograficzne czynniki modyfikujące działają redukująco na oszacowane wielkości potencjału. W wyniku przeprowadzonych badań można stwierdzić, że poszczególne, wybrane fragmenty infrastruktury sieci teleinformatycznych i radiodyfuzji w Polsce kształtują się w wyniku podobnych procesów losowych o własnościach rozkładu wykładniczego.

Rekonstrukcja zasięgu geograficznego i łączy wybranych fragmentów infrastruktury sieci teleinformatycznych i radiodyfuzji polegała na zastosowaniu modelu symulacyjnego i odtworzeniu sytuacji dla części sieci komputerowej Internet, zasięgu wybranych operatorów telefonii komórkowej i radiodyfuzji w Polsce.

W przypadku sieci Internet zgodność liczebności i lokalizacji łączy symulowanych i rzeczywistych wyniosła 79.9% (tj. 227 z 284). Z drugiej strony nie można wykluczyć oddziaływania czynników innych niż przedstawione w pracy (związanych np. z faktem, że pierwsze międzynarodowe połączenia kablowe polskiego Internetu to były łącza ze Sztokholmem i Wiedniem a nie np. z Berlinem, który jest znacznie bliżej).

Dla zasięgu sygnału operatorów telefonii komórkowej zgodność powierzchni symulowanej i rzeczywistej względem siebie (dla lat 1999–2000) zawarła się w przedziale od 78% do 85%. To świadczy o adekwatności wybranego modelu potencjału geograficznego (uwzględniającego wagę czynników geograficznych). Analogiczne wskaźniki dla nadawców radiowych dysponujących koncesją ogólnopolską to przedział od 77% do 83%.

Dla obydwu części infrastruktury: operatorów telefonii komórkowej i nadawców istnieją powtarzające się obszary, gdzie brak jest sygnału. Są to obszary: pn.-zach. (część Pomorza Zachodniego) oraz pd.-wsch. Polski (Bieszczad) – najmniej zaludnione. Około 20% niezgodność wynika prawdopodobnie z nieobjętych badaniami uwarunkowań.

Zbyt mało jest przesłanek pozwalających na stwierdzenie w jakim kierunku rozwinię się postępowanie technologiczne i jaka ostatecznie funkcjonalność technologii informacyjnych zostanie zaakceptowana przez społeczeństwo. Prognozowanie w tej mierze to czysta futurystyka. Trudno przewidywalna jest także skala rozwoju sieci telekomunikacyjnych i przyszłość większości aspektów sektora informacyjnego, zwłaszcza w kontekście pojawiających się prototypowych technologii umożliwiających przesyłanie sygnału cyfrowego za pomocą sieci energetycznych i bezprzewodowego Internetu.

PIŚMIENNICTWO

- Chojnicki Z., 1999, Podstawy metodologiczne i teoretyczne geografii, Bogucki Wyd. Naukowe, Poznań.
- Jonscher Ch., 2001, Życie okablowane. Warszawskie Wydawnictwo Literackie, MUZA S.A., Warszawa.
- Mazurkiewicz L., 1986, Teoretyczne podstawy modeli przestrzennego oddziaływania, Zakł. Nar. im Ossolińskich, Wyd. PAN, Wrocław, Warszawa, Kraków, Gdańsk, Łódź.
- Ratajczak W., 1999, Modelowanie sieci transportowych., Wyd. Naukowe UAM, Poznań.
- Sheppard E. S. 1979, Geographic potentials, *Annals of American Geographers*, 69, 483–447.

- Warnecke H. J., 1999, Rewolucja kultury przedsiębiorstwa. Przesiębiorstwo fraktalne. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- Werner P., 2003, Geograficzne uwarunkowania rozwoju infrastruktury społeczeństwa informacyjnego w Polsce, Wydz. Geografii i Studiów Regionalnych, Uniwersytet Warszawski, Warszawa.
- Wieloński A., 1998, Od industrializacji do reindustrializacji, Wydział Geografii i Studiów Regionalnych, Uniwersytet Warszawski, Warszawa.

**MONTE CARLO SIMULATION OF THE DEVELOPMENT OF INTERNET
AND RADIOCOMMUNICATION IN POLAND
(BASED ON GEOGRAPHIC POTENTIAL MODELS)**

S u m m a r y

The main thesis presents the idea that all the spreading networks, constituting the infrastructure of the information society in Poland are developing geographically in the same manner. The existing networks are differentiated by the user into the following: telephony and computer networks (Internet), cellular telephony networks and radio and TV diffusion networks. They are developing in the similar way. The main processes, which led to interconnect them, are: digitization of the signal, convergence among them through the gateways and interaction of users. The recognized (in the publication) geographical factors influencing on these processes are: the geographical potential (modified form of the Sheppard's original formula), hierarchy of the cities, geographical distance. Some additional economic and natural geographical factors have been verified: the range of the transportation network, range of the urban areas, range of the tourist areas, relief and the range of forests.

The publication presents the state and the maps of geographical range of different parts of the information society's networks (telephony, Internet, cellular, radio and TV) in Poland. Next, there is attempt to simulate their geographical development. The Monte Carlo (MC) simulation method has been applied. The verification results from the comparison between the simulated and real ranges of the networks. The extensive use of the Geographic Information Systems enabled to obtain the visualization of the results and to reach the objectives of the research.

The main results of the research are: geographical, methodological and operational. The geographical results prove that there is a hierarchical process of a spatial diffusion of innovation of the development all the information society's infrastructure (functionally differentiated networks). Monte Carlo method based of the geographical (population) potential can be used to simulate this process. The methodological results include the original author's formulation of the modified form of geographical potential and the propositions of its interpretation. The geographical potential used in the simulation proved its value. The operational aspect of the research is the application of ArcView GIS making use the scripts (in Avenue programming language), specially written for the research.

KEY WORDS: simulation, Monte Carlo, Internet, radiocommunication, radiodiffusion

Artykuł został opracowany na podstawie streszczenia książki Autora: Werner P., 2003, Geograficzne uwarunkowania rozwoju infrastruktury społeczeństwa informacyjnego w Polsce, WGiSR UW, Warszawa, s. 238.