

ARCHITEKTURA

CZASOPISMO TECHNICZNE  
TECHNICAL TRANSACTIONS

ARCHITECTURE

WYDAWNICTWO

POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

1-A/2010

ZESZYT 3

ROK 107

ISSUE 3

YEAR 107

ELŻBIETA LITWIŃSKA\*

## MODELOWANIE STRUKTUR METROPOLITALNYCH W ASPEKCIE ZJAWISKA *URBAN SPRAWL*

### MODELLING OF METROPOLITAN STRUCTURE IN ASPECT OF URBAN SPRAWL

#### Streszczenie

Zjawisko *urban sprawl* kształtuje nową strukturę obszarów metropolitalnych. Do symulowania tego zjawiska używa się dwóch typów modeli. Automaty komórkowe dobrze odtwarzają dynamikę *urban sprawl*, niską gęstość zagospodarowania oraz fragmentację, ale gorzej radzą sobie z odzwierciedleniem roli transportu w tym procesie. Modele alokacyjno-transportowe natomiast nie są w stanie pokazać *urban sprawl* w skali lokalnej.

*Słowa kluczowe: urban sprawl, obszary metropolitalne, automaty komórkowe, modele alokacyjno-transportowe*

#### Abstract

Phenomenon *urban sprawl* is shaping the new structure of metropolitan areas. Two types of models are employed in simulating this phenomenon. The cellular automata models are well suited to representation dynamics of the *urban sprawl*, a low-density development and fragmentation. But they have difficulties to show the role of transportation in this process. On the contrary the land use-transportation models do not manage to show the local scale of *urban sprawl*.

*Keywords: urban sprawl, metropolitan areas, cellular automata, land use-transportation models*

---

\* Dr Elżbieta Litwińska, Katedra Planowania Przestrzennego, Wydział Architektury, Politechnika Wrocławska.

## 1. Zjawisko *urban sprawl*

Pojęciem *urban sprawl* określa się niekontrolowaną ekspansję dużych miast. Powstałe w ten sposób obszary zurbanizowane stawiane są w opozycji do miasta zwarteo (*compact city*), które cechuje wysoka gęstość zainwestowania i wielofunkcyjność. W Stanach Zjednoczonych Ameryki Północnej zjawisko *urban sprawl* zaczęto obserwować od lat 20. ubiegłego wieku, na naszym kontynencie pojawiło się w latach 70., natomiast w Polsce po 1989 r. [16, 18, 20, 21, 23, 24, 27, 31].

*Urban sprawl* to złożony i wielowymiarowy proces, w którym biorą udział prywatni i publiczni gracze. Na proces ten również wpływają zmiany w transporcie (masowa motoryzacja i zwiększenie zasięgu kontaktów), modyfikacja wzorca potrzeb mieszkaniowych, przenoszenie się przemysłu na peryferie oraz przekształcenia zachodzące w rolnictwie, które nie potrzebuje już tak dużych arealów. Można widzieć w tym zjawisku proces urbanizacyjny, który przekształca dotychczasowy wzorzec zagospodarowania układu metropolitalnego w nowy, odzwierciedlający obecnie „obowiązujące” uwarunkowania dotyczące kontaktów i równowagi [30].

Pomimo że były badane różne aspekty *urban sprawl* (tab. 1), zjawisko nie jest łatwe do zdefiniowania. Zdarza się, że jego skutki mylone są z przyczynami, trzeba jednak przyznać, że czasem trudno je rozdzielić [9].

Tabela 1

### Przykłady opracowań dotyczących *urban sprawl*

Autorzy opracowań	Rozwój	Aspekt socjalny	Estetyka	Decentralizacja	Dostępność	Gęstość	Otwarta przestrzeń	Dynamika	Strata	Korzyść
Bae & Richardson (1994) [2]										
Burchell et al. (1998) [8]										
Ewing (1997) [12]										
Galster et al. (2001) [13]										
Gordon & Richardson (1997) [15]										

Źródło: [26].

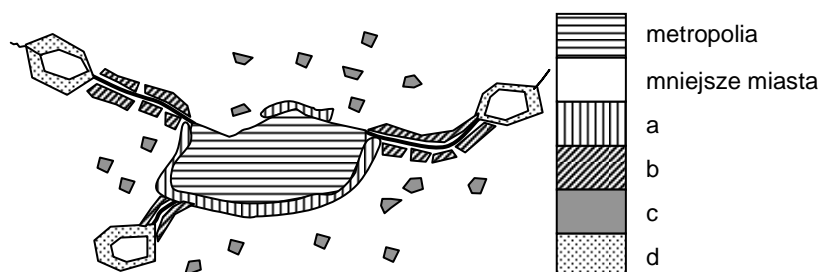
Skutki zjawiska *urban sprawl* [7, 11, 13] mają charakter ekologiczny (zajmowanie terenów rolnych, leśnych, utrata otwartych przestrzeni, wzrost spożycia energii i zwiększona emisja spalin), ekonomiczny (wzrost kosztów transportu i rozbudowy infrastruktury, uzależnienie od transportu indywidualnego, spekulacja gruntami, zmniejszenie inwestycji w centrum miast), społeczny (zanik więzi społecznych, społeczna segregacja, konflikty między ludnością miejscową i napływową) oraz estetyczny (dewastacja krajobrazu, chaos lub monotonia zabudowy).

Zjawisko to również prowadzi do uszczuplenia budżetów miast, z których wyprowadza się lepiej sytuowaną grupę mieszkańców. Wyjątkowo boleśnie odczuwają to miasta amerykańskie, które w odróżnieniu od europejskich otrzymują niskie dotacje z budżetu federalnego [22].

Chociaż dominuje negatywna ocena *urban sprawl*, należy również dostrzec pozytywną stronę tego zjawiska, jaką jest przede wszystkim poprawa warunków mieszkaniowych, za które warto zapłacić dłuższymi dojazdami.

## 2. Wzorce przestrzenne *urban sprawl* i transport

W wyniku rozlewania się miasta powstają takie formy przestrzenne (rys. 1), jak: zagospodarowane w sposób ciągły suburbia na obrzeżach metropolii (a), pasma wzdłuż korytarzy transportowych (b) oraz leżące w pewnej odległości od granic miasta zagospodarowanie rozproszone (c) [9, 11]. Niektórzy autorzy [10] biorą pod uwagę również ciągły rozwój mniejszych ośrodków będących w zasięgu oddziaływania metropolii (d).



Rys. 1. Wzorce przestrzenne *urban sprawl*. Źródło: opracowanie własne

Fig. 1. Spatial patterns defining the urban sprawl. Source: developed by the author

Dominujący na tych obszarach transport indywidualny<sup>1</sup> powoduje [19, s. 30] zatłoczenie dróg prowadzących do centrum. Chociaż poza granicami miasta lokuje się również handel, biura i przemysł, to przeważa mieszkalnictwo, a oferta usług i miejsc pracy jest często niewystarczająca, co generuje ruch w kierunku centrum. Wiele inwestycji jest zlokalizowanych wzdłuż dróg wiejskich, które nie spełniają wymaganych normatywów. Obudowa korytarzy transportowych i rozproszona zabudowa może zakłócić hierarchię systemu transportowego, np. wtedy, gdy dochodzi do wymuszania wjazdów bezpośrednio na drogi o wyższych kategoriach.

Przeważa pogląd, że oprócz wzrostu kosztów utrzymania infrastruktury drogowej, zjawisko to powoduje wydłużenie średniego czasu dojazdu do pracy. Należy jednak zwrócić uwagę, że nie zawsze tak musi być. Analiza danych dla metropolii Bremy z lat 1970–1987 [1] pokazała, że wzrost obszarów *urban sprawl* nie spowodował tam znacznego zwiększenia czasu podróży do pracy. Z jednej strony rozbudowano sensownie transport publiczny, a z drugiej – została zlokalizowana na tym obszarze wystarczająca liczba miejsc pracy i usług, co zminimalizowało skalę podróży do centrum. Przykład ten wskazuje na ważną rolę władz w procesie racjonalnego ograniczania tego zjawiska.

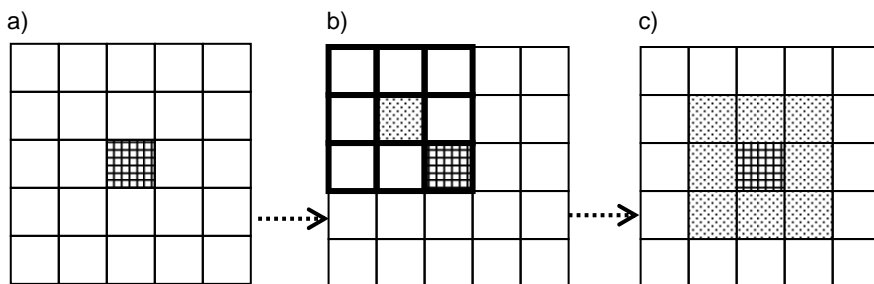
### 3. Modelowanie *urban sprawl*

Podobnie jak nie ma jednoznacznej i powszechnie akceptowanej definicji zjawiska *urban sprawl*, tak również nie ma jednego typu modelu odtwarzającego ten fenomen. Modele jako uproszczone wersje rzeczywistości odzwierciedlają tylko pewne aspekty modelowanego zjawiska. Obecnie główną grupę modeli symulujących to zjawisko stanowią automaty komórkowe i modele wieloagentowe.

#### 3.1. Automaty komórkowe (CA – *Cellular Automata*) i modele wieloagentowe

Zasady działania automatów komórkowych są następujące. Analizowany obszar zostaje pokryty siatką kwadratową. **Komórka** – najmniejsza jednostka przestrzenna – znajduje się w stanie, który określa wartość atrybutu, jest nim np. typ zagospodarowania. Badane jest **sąsiedztwo** każdej komórki, które wpływa na jej stan zgodnie z przyjętymi **regułami**. Analiza wszystkich komórek kończy cykl modelowania.

Rozważmy następujący przykład (rys. 2). Na początku zagospodarowanie jest zlokalizowane jedynie w środkowej komórce (rys. 2a). Przyjęto regułę, która mówi, że w komórce nastąpi rozwój, jeśli w jej otoczeniu znajdzie się przynajmniej jedna komórka zagospodarowana (rys. 2b). Po przeanalizowaniu sąsiedztwa wszystkich komórek otrzymujemy nową strukturę (rys. 2c). Postępowanie to jest powtarzane, by odtworzyć upływ czasu.



Rys. 2. Przykład działania modelu komórkowego. Źródło: [4]

Fig. 2. The example of functioning of the cellulare model. Source: [4]

W opisanym przykładzie nie uwzględnia się ani czynnika losowego, ani heterogeniczności przestrzeni. Po wprowadzeniu bardziej wyrafinowanych sposobów modyfikacji stanu komórki modele te są w stanie wygenerować dość skomplikowane formy [5]. Automaty komórkowe odtwarzają zjawisko, bazując na skali lokalnej, choć oczywiście z upływem czasu rozprzestrzenia się ono coraz bardziej.

Jednak na ekspansję miasta wpływają również decyzje o charakterze ponadlokalnym, dlatego do tego typu modeli wprowadza się tzw. agentów. Są to obiekty zachowujące się w sposób zindywidualizowany, które mają zdolność przemieszczania się w przestrzeni. Mogą podejmować autonomiczne decyzje, reagują na zmiany środowiska, komunikują się z innymi obiektami. Agentami mogą być np. budynki, osoby czy działalności gospodarcze [3].

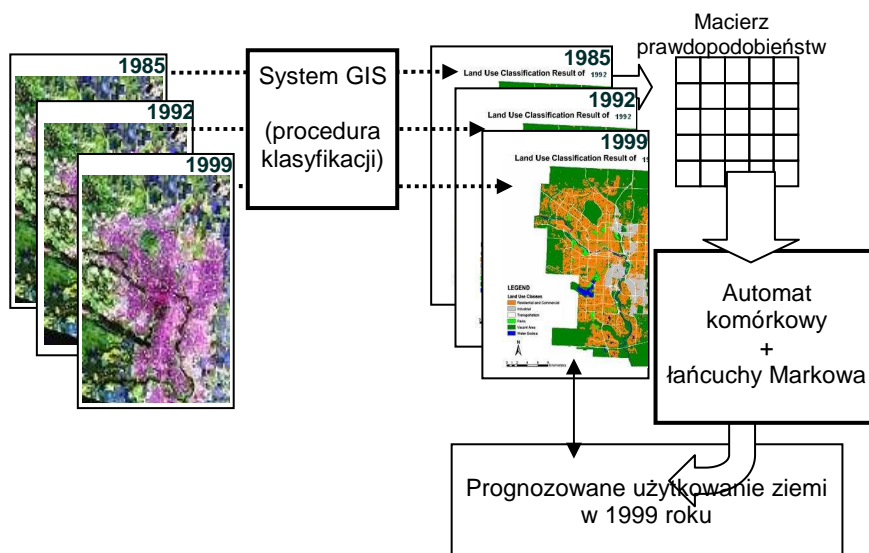
Za pomocą takiego modelu odtworzono rozwój obszaru metropolitalnego Chicago [6]. Sposób zachowania agentów opisywały następujące reguły: rozwój następował tylko tam,

gdzie nie było barier, terenom położonym wzdłuż tras komunikacyjnych przypisano większą atrakcyjność, uwzględniono istnienie sił centralizacji i decentralizacji między podmiotami gospodarczymi oraz wprowadzono mechanizmy odzwierciedlające fragmentację przestrzeni i degradację zabudowy. Okazało się, że wymodelowany w ten sposób obszar metropolitalny Chicago zajął teren większy niż jest w rzeczywistości, natomiast stopień fragmentacji przestrzeni był mniejszy niż się to obserwuje.

W późniejszej pracy Torrens [25] powrócił do tego przykładu. Warianty modelowań różniły wagi przykładane do wymienionych wyżej reguł zachowania agentów. W ten sposób uzyskano różne wzorce rozwoju obszaru metropolitalnego Chicago, m.in. z dominacją rozwoju pasmowego lub o charakterze bardziej policentrycznym. Oprócz tych symulacji zostały przeprowadzone modelowania rozwoju abstrakcyjnego układu metropolitalnego o charakterze monocentrycznym, przy założeniu, że w otoczeniu metropolii znajdują się dwa miasta. Na początku miastu centralnemu przypisano większą „porcję” zagospodarowania. W pierwszej fazie miasta rozwijały się jako układy zwarte, po czym zaczęły zajmować tereny peryferyjne, korytarze wzrostu ujawniły rolę układu transportowego, coraz bardziej rozprzestrzeniały się obszary o niskiej gęstości zagospodarowania – *urban sprawl*. Następnie był modelowany układ policentryczny co uzyskano w ten sposób, że na wstępie założono mniejszą różnicę potencjałów między metropolią a sąsiadującymi ośrodkami. Oprócz tego przypisano większą wagę dostępności oraz mechanizmom prowadzącym do fragmentacji przestrzeni i nietypowych wzorców rozwoju.

### 3.2. Automaty komórkowe i systemy GIS

Stosowany w automatach komórkowych podział przestrzeni na jednostki kwadratowe umożliwia użycie zdjęć satelitarnych jako źródła danych, co wykorzystano w modelowaniu *urban sprawl* w Calgary [17] (rys. 3).



Rys. 3. Schemat modelowania *urban sprawl* dla Calgary. Źródło: [17]

Fig. 3. The scheme of modelling the urban sprawl for Calgary. Source: [17]

Obrazy otrzymane z satelity Landsat (w 1985, 1992 i 1999 roku) dla Calgary poddano metodzie klasyfikacji stosowanej w systemach GIS w trakcie obróbki obrazów rastrowych. Klasyfikacja ta polega na zastąpieniu wartości atrybutu komórki (pikselu) numerem klasy. W tym przypadku każdemu pikselowi obrazu satelitarnego została przypisana kategoria użytkowania ziemi; uwzględniono mieszkalnictwo z usługami, przemysł, transport, parki, tereny wolne i zbiorniki wodne.

Porównanie map z 1985 i 1992 roku pozwoliło wygenerować tabelę zawierającą – poza przekątną – informacje, w ilu komórkach nastąpiła w tym okresie transformacja zagospodarowania. Elementy na przekątnej podawały liczbę komórek, w których rodzaj użytkowania ziemi nie uległ zmianie. Na tej podstawie została wyliczona macierz prawdopodobieństw zmiany użytkowania ziemi, którą następnie wykorzystano do wymodelowania prognozowanego rozmieszczenia działalności w 1999 r. Do tego celu zastosowano moduł CA\_MARKOV systemu Idrisi.

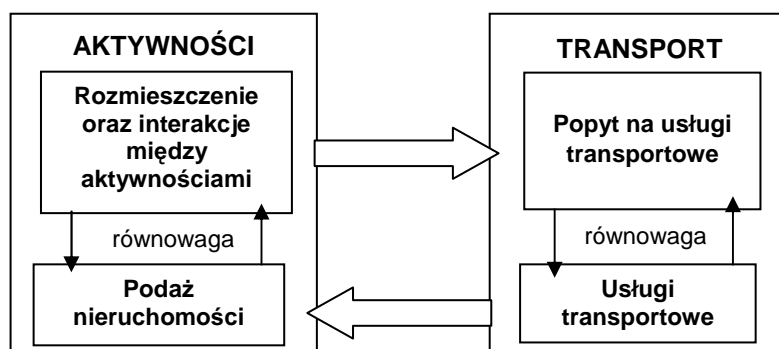
Wymodelowane rozmieszczenie zagospodarowania porównano ze stanem z 1999 r. Chociaż uzyskano wysoki stopień zgodności, to można było wskazać na obrzeżach Calgary miejsca, gdzie nastąpił wzrost, którego się nie spodziewano, i na odwrót. Zresztą sami autorzy przyznają, że trudno przypuszczać, aby prawdopodobieństwa transformacji użytkowania ziemi nie zmieniały się w czasie. Potwierdziła to przeprowadzona przez autorów analiza z wykorzystaniem miary bazującej na pojęciu entropii, która wykazała, że w latach 1992–1999 przyrost terenów zurbanizowanych był szybszy niż w poprzednim okresie 1985–1992.

### 3.3. Modele alokacyjno-transportowe

Modele alokacyjno-transportowe różnią się między sobą podstawami teoretycznymi, budową oraz stopniem złożoności. Kluczowym założeniem leżącym u podstaw ich konstrukcji jest istnienie sprzężenia zwrotnego pomiędzy elementami zagospodarowania a systemem transportowym.

#### 3.3.1. Model TRANUS

Przykładem modelu alokacyjno-transportowego jest model TRANUS (rys. 4).



Rys. 4. Ogólny schemat modelu TRANUS. Źródło: Internet

Fig. 4. The general scheme of TRANUS model. Source: Internet

Model ten integruje ekonomiczne i przestrzenne interakcje między aktywnościami, rynek nieruchomości oraz system transportu. W modelu stosuje się m.in. teorię bazy ekonomicznej i metodę *input-output*. Została również uwzględniona możliwość wykorzystania różnych środków transportu przy pokonywaniu trasy między źródłem a celem podróży.

W ramach projektu SCATTER [14] przeprowadzono za pomocą tego modelu symulacje w celu oceny wpływu wybudowania szybkiej kolei regionalnej w regionie Brukseli. Wielu ekspertów i przedstawicieli władz lokalnych wyrażało obawy, że długookresowym efektem tej inwestycji będzie wywołanie nowej fali *urban sprawl*.

W omawianym opracowaniu uwzględniono 7 rodzajów gospodarstw domowych, 13 działalności gospodarczych i 3 typy użytkowania ziemi. Prognoza została wykonana dla istniejącego systemu transportowego oraz dla systemu uwzględniającego uruchomienie kolei regionalnej. Warianty modelowań odzwierciedlały przedsięwzięcia podejmowane w celu ograniczenia *urban sprawl*, takie jak np. poprawa intermodalności czy wprowadzenie różnych systemów opłat parkingowych i taryf w komunikacji zbiorowej. W rezultacie otrzymano m.in. rozkład długości podróży do pracy dla grup ludności o różnych dochodach i udział publicznego transportu w szczycie rannym. Wyniki pozwoliły ocenić wpływ podejmowanych decyzji na dalsze rozprzestrzenianie się miasta.

### 3.3.2. Model pośrednich możliwości

Podstawą modelu pośrednich możliwości jest hipoteza sformułowana przez Stouffera, mówiąca, że liczba kontaktów między rejonem źródłowym a rejonem celowym zależy nie tylko od liczby celów tego ostatniego, ale również od tych celów, które leżą między miejscem startu a obszarem docelowym. „Przechwytyują” one część relacji, stanowiąc konkurencję dla rejonu celowego.

W probabilistycznej wersji tej idei, której autorem jest M. Schneider, prawdopodobieństwo znalezienia odpowiedniego celu w układzie osadniczym określa rozkład wykładniczy. Wielkość strumienia kontaktów, czyli liczba podróży z obszaru źródłowego do celowego zależy od liczby kontaktów zaczynających się w rejonie źródłowym, liczby celów w rejonie celowym i usytuowanych bliżej niż rejon celowy oraz od parametru selektywności, który charakteryzuje „wybiórczość” podróżującego. W modelu istnieje mechanizm koncentrujący, polegający na tym, że aktywność źródłowa przyciąga do siebie zbiór potencjalnych celów, by można było z wysokim prawdopodobieństwem znaleźć odpowiedni cel.

Okazuje się, że modelując kontakty zgodnie z formułą pośrednich możliwości, nie da się zapewnić zgodności pomiędzy liczbą przyjazdów do rejonu a liczbą zlokalizowanych w nim celów. Fakt powstawania nadwyżek i niedoborów w rejonach leżał u podstaw konstrukcji modeli *przesunięć bilansujących* T. Zipsera. Modele te opierają się na założeniu, że „występująca na danym obszarze selektywność potrzeb oraz określony system dostępności obszaru wywołują potrzebę takiego rozmieszczenia źródeł i celów, aby w możliwie wysokim stopniu była zachowana równowaga układu” [30, s. 101]. Brak równowagi jest wskazówką do przeprowadzenia relokacji zagospodarowania. Postępowanie to jest powtarzane w kolejnych iteracjach tak długo, aż zostanie znaleziona „zrównoważona” struktura przestrzenna.

Wśród tych modeli są takie, jak *przesunięcie celów* (zmiana lokalizacji jedynie aktywności celowej), *przesunięcie ogólne* (korekta zarówno aktywności źródłowej, jak i celowej) czy model *wahadłowy* (modyfikowanie na przemian zarówno liczby źródeł, jak i celów).



Modele te były wielokrotnie używane do symulowania układów osadniczych różnej skali (np. [29]). Odpowiedni dobór wartości parametru selektywności pozwala na wymodelowanie procesu zmniejszania się zaludnienia w centrum i przesuwania się mieszkalnictwa na zewnątrz. Jednak z formuły modelu wynika, że nie jest możliwe zlokalizowanie aktywności w „pustym”, jeszcze nie zagospodarowanym obszarze.

Warto natomiast podjąć próbę wykorzystania modelu symulacyjno-decyzyjnego ORION [28] do symulacji struktur metropolitalnych, ponieważ model ten pozwala na jednoczesne wzięcie pod uwagę wielu kontaktów oraz może uwzględnić predyspozycje terenów podmiejskich do przyjęcia rozproszonej zabudowy.

#### 4. Wnioski

Jednym z celów modelowań zjawiska *urban sprawl* jest zrozumienie tego fenomenu. Bada się, które elementy i jaka ich kombinacja przyczynia się do jego powstania. Symulacje pozwalają również testować różne sposoby ograniczania rozlewania się miast. Natomiast stosunkowo rzadko modele wykorzystywane są jako narzędzie prognozy.

Do symulacji zjawiska *urban sprawl* stosowane są głównie dwa rodzaje modeli – automaty komórkowe i modele alokacyjno-transportowe.

Automaty komórkowe dobrze odtwarzają dynamikę tego procesu oraz takie cechy obszarów w ten sposób urbanizowanych, jak niska gęstość zagospodarowania i fragmentacja przestrzeni. W modelach tych można wykorzystać obrazy satelitarne jako źródło informacji o istniejącym zagospodarowaniu. Oprócz tego modele te mogą współpracować z modułami systemów GIS do przetwarzania danych rastrowych.

Natomiast w modelach komórkowych trudno zapisać informacje o sieci [3], a przecież istnieją silne powiązania między transportem a tym zjawiskiem. Dlatego też modele alokacyjno-transportowe powinny być w szerszym zakresie niż dotychczas wykorzystywane do modelowania tego zjawiska.

Warto by podjąć próbę zbudowania modelu hybrydowego łączącego możliwości obu typów modeli.

#### Przypisy

<sup>1</sup> Warto zauważyć, że w Wielkiej Brytanii nie transport drogowy, a kolejowy był impulsem do powstania zjawiska *urban sprawl* (już w końcu XIX w.).

#### Literatura

- [1] Albers K., Bahrenberg G., *Siedlungsstruktur und Verkehr in der Stadtregion. Eine Analyse der Entwicklung 1970–1987 am Beispiel des Berufsverkehrs in der Region Bremen*, [www.zwe.uni-bremen.de/data/ap37.pdf](http://www.zwe.uni-bremen.de/data/ap37.pdf), 1999.
- [2] Bae Ch.-H., Richardson H.W., *Automobiles, the Environment and Metropolitan Spatial Structure*, Cambridge 1994.



- [3] Batty M., *Agents, Cells and Cities: New Representational Models for Simulating Multi-Scale Urban Dynamics*, CASA Working Paper 65, [www.casa.ucl.ac.uk/paper65.pdf](http://www.casa.ucl.ac.uk/paper65.pdf), 2003.
- [4] Batty M., *Model Cities*, CASA Working Paper 113, [www.casa.ucl.ac.uk/paper113.pdf](http://www.casa.ucl.ac.uk/paper113.pdf), 2006.
- [5] Batty M., Xie Y., Sun Z., *The Dynamic of Urban Sprawl*, CASA Working Paper 15, [www.casa.ucl.ac.uk/paper15.pdf](http://www.casa.ucl.ac.uk/paper15.pdf), 1999.
- [6] Batty M., Torrens P.M., *Modeling Complexity: The Limits to Prediction*, CASA Working Paper 36, [www.casa.ucl.ac.uk/paper36.pdf](http://www.casa.ucl.ac.uk/paper36.pdf), 2001.
- [7] Batty M., Besussi E., Chin N., *Traffic, Urban Growth and Suburban Sprawl*, [www.casa.ucl.ac.uk/paper70.pdf](http://www.casa.ucl.ac.uk/paper70.pdf), 2003.
- [8] Burchell et al., *The Cost of Sprawl Revisited*, Washington 1998.
- [9] Chin N., *Unearthing the Roots of Urban Sprawl: A Critical Analysis of Form, Function and Methodology*, CASA, [www.casa.ucl.ac.uk/paper47.pdf](http://www.casa.ucl.ac.uk/paper47.pdf), 2002.
- [10] Clawson M., Hall P., *Planning and Urban Growth: An Anglo American Comparison*, Baltimore 1973.
- [11] Ewing R., *Causes, Characteristics, and Effects of Sprawl: A literature Review*, *Environmental and Urban Issues* 21 (2): 1-15, 1994.
- [12] Ewing R., *Is Los Angeles Style Sprawl Desirable?*, *Journal of the American Planning Association* 63(1), 1997, 107-127.
- [13] Galster G., Hanson R., Ratcliffe M.R., Wolman H., Cleman S., Freihage J., *Wrestling Sprawl to the Ground: Defining and Measuring an Elusive Concept*, *Housing Policy Debate* 12, 2001, 681-717.
- [14] Gayda S., Boon F., Schailee N., Batty M. et al., *The Scatter Project – Sprawling Cities and Transport: from Evaluation to Recommendations* (5. Ramowy Program finansowany przez Komisję Europejską), 2004.
- [15] Gordon P., Richardson H.W., *Are Compact Cities a Desirable Planning Goal?*, *Journal of the American Planning Association* 63(1), 1997, 95-106.
- [16] Gutry-Korycka M., *Urban Sprawl. Warsaw Agglomeration Case Study*, Warszawa 2005.
- [17] Heng Sun, Forsythe W., Waters N., *Modeling Urban Land Use Change and Urban Sprawl: Calgary, Alberta, Canada*, *Networks and Spatial Economics*, Vol. 7, No. 4, 2007, 353-376.
- [18] Jałowicki B., *Metropolie*, Białystok 1999.
- [19] Kożan A., Balcerek K., *Próba sformułowania metod badania zjawiska „urban sprawl” na przykładzie aglomeracji wrocławskiej*, [w:] *Sieć osadnicza jako przedmiot badań*, E. Bagiński (red.), Wrocław 2006, 25-44.
- [20] Lisowski A., *Procesy centralizacji i decentralizacji w aglomeracji warszawskiej w latach 1950–2002*, *Prace i Studia Geograficzne*, t. 35, 2005, 13-44.
- [21] Litwińska E., *Zjawisko urban sprawl – jeden z wymiarów współczesnych procesów urbanizacji*, [w:] *Współczesne kierunki i wymiary procesów urbanizacji*, J. Słodczyk, M. Śmigielka (red.), Opole 2008, 37-48.
- [22] Nelson A.C., Sanchez T.W., *The Effectiveness of Urban Containment Regimes in Reducing Exurban Sprawl*, *DISP160*, 2005, 42-47.

- [23] Parysek J., *Transformacja społeczno-gospodarcza i jej konsekwencje w miastach*, [w:] *Rozwój miast i zarządzanie gospodarką miejską*, J. Słodczyk (red.), Opole 2004, 29-56.
- [24] Słodczyk J., *Wielkość miast i ich struktura przestrzenna w świetle kryteriów rozwoju zrównoważonego*, [w:] *Przemiany bazy ekonomicznej i bazy przestrzennej miast*, Opole 2002, 323-331.
- [25] Torrens P.M., *Simulating Sprawl*, *Annals of the Association of American Geographers*, 96(2), 2006, 248-275.
- [26] Torrens P.M., *A Toolkit for Measuring Sprawl*, *Appl. Spatial Analysis*, 1, 2008, 5-36.
- [27] Węclawowicz G., *Geografia Społeczna miast. Zróżnicowania społeczno-przestrzenne*, Warszawa 2003.
- [28] Zipser T., Brzuchowska J., Litwińska E., Ossowicz T., Sławski J., *Model symulacyjno-decyzyjny ORION*, Wrocław 1994.
- [29] Zipser T., Dobrowolski M., Głogowski K., Kowalski J., Kwaśniewska K., *Wartościowanie koncepcji planu kierunkowego Krakowskiego Zespołu Miejskiego przy pomocy modeli symulacyjnych*, raport Instytutu Architektury i Urbanistyki Politechniki Wrocławskiej 1972.
- [30] Zipser T., Sławski J., *Modele procesów urbanizacji*, Warszawa 1988.
- [31] Zuziak Z.K., *Strefa podmiejska w architekturze miasta. W stronę nowej architektoniki regionu miejskiego*, [w:] P. Lorens, *Problem suburbanizacji*, Urbanista, Warszawa 2005.