

Zbyszko Pawlak

Modelowanie dynamiki rozwoju społeczeństw informacyjnych miast w ujęciu ekonofizycznego zjawiska przejść fazowych

Ekonomiczne Problemy Usług nr 67, 491-498

2011

Artykuł został opracowany do udostępnienia w internecie przez Muzeum Historii Polski w ramach prac podejmowanych na rzecz zapewnienia otwartego, powszechnego i trwałego dostępu do polskiego dorobku naukowego i kulturalnego. Artykuł jest umieszczony w kolekcji cyfrowej bazhum.muzhp.pl, gromadzącej zawartość polskich czasopism humanistycznych i społecznych.

Tekst jest udostępniony do wykorzystania w ramach dozwolonego użytku.

ZBYSZKO PAWLAK

Wyższa Szkoła Logistyki w Poznaniu

MODELOWANIE DYNAMIKI ROZWOJU SPOŁECZEŃSTW INFORMACYJNYCH MIAST W UJĘCIU EKONOFIZYCZNEGO ZJAWISKA PRZEJŚĆ FAZOWYCH

Wprowadzenie

Miasta całego świata – w tym również ich najważniejszy podmiot, jakim są społeczności je zamieszkujące, podlegają procesom zmian o charakterze liniowym i nieliniowym. Choć większość zjawisk społeczno-gospodarczego życia miast można z zadowalającym przybliżeniem opisywać za pomocą funkcji liniowych¹, to mogą one jednak nie pasować do wyników obserwacji, gdy na przykład wzrost efektu nie jest proporcjonalny do wzrostu któregoś z jego czynników sprawczych. Mogą mieć bowiem one charakter nie tylko ciągły, ale także incydentalny, co komplikuje zawsze dodatkowo wszelkie relacje w układach społecznych i gospodarczych. Identyfikacja zarówno pozytywnych, jak i negatywnych nieliniowości może być zatem pomocna w rekombinacji czynników wpływających na rozwój otoczenia infrastrukturalnego oraz zasobów intelektualnych społeczeństwa informacyjnego². Jest to tym bardziej istotne, że nowe możliwości rozwoju społeczeństw, jak i sam rozwój gospodarczy miast jest możliwy, dzięki na przykład innowacjom technicz-

¹ R. Domański: *Miasto innowacyjne*, Studia Komitetu Przestrzennego Zagospodarowania Kraju PAN, t. CIX, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2000, s. 9.

² Takie podejście jest ścisłym nawiązaniem do definicji społeczeństwa informacyjnego, traktowanego jako wielowymiarowa rzeczywistość, tworzona przez cztery podstawowe substraty: technologiczny, ekonomiczny, społeczny i kulturowy. Por.: M. Łuszczuk, A. Pawłowska: *Stan zaawansowania społeczeństwa informacyjnego w Polsce*, Wyd. Polska Fundacja Spraw Międzynarodowych, „Sprawy Międzynarodowe”, nr 2 (LIII), Warszawa 2000, s. 87–88.

nym i społecznym,³ a zmiany dokonujące się pod ich wpływem są jednym z typów zmian o charakterze nieliniowym – określanym w ujęciu ekonofizycznym⁴ jako przejścia fazowe. Nowa struktura, która wyłania się z każdego przejścia fazowego, ma inne właściwości niż struktura wcześniejsza⁵. Najbardziej oczywistym, a przy tym przejrzystym przykładem takich przeobrażeń w świecie przyrodniczym są zmiany stanu skupienia wody: od stanu stałego (lodu), poprzez ciekły, aż po gazowy (para wodna). Przejścia pomiędzy tymi stanami zachodzą wskutek procesów zamarzania/topnienia, skraplania/parowania oraz sublimacji i resublimacji. Społeczeństwa miast również podlegają analogicznym procesom przeobrażeń społeczno-gospodarczych, w wyniku których zmienia się ich rola, wielkość oraz zakres zadań spełnianych w wymiarze informacyjnym na różnych poziomach, począwszy od lokalnego, a skończywszy na międzynarodowym.

Rozważając w kategoriach ekonofizycznych analogię między stanami skupienia materii a procesami stopnia zaawansowania rozwoju społeczeństw informacyjnych miast, zauważa się, że reakcje termodynamiczne mają opis w postaci równań fizycznych objaśniających, jakie czynniki i w jakim stopniu są odpowiedzialne za zmiany stanów skupienia, i że praktycznie brak w literaturze przedmiotu takiego typu opisu ilościowego w przypadku analizy przejść fazowych dla społeczeństw miast. Innymi słowy, brak jest w próbach modelowania dynamiki rozwoju społeczeństwa informacyjnego miast syntetycznego wskaźnika, który podobnie jak temperatura w termodynamice, pozwalałby określić, skwantyfikować i wyjaśnić, czy społeczność danego miasta podlega lub podlegała przejściu fazowemu, a także czy zmierza ku niemu⁶.

1. Syntetyczny wskaźnik dynamiki rozwoju społeczeństwa informacyjnego miast

Proponowany do modelowania dynamiki rozwoju społeczeństwa informacyjnego miast syntetyczny wskaźnik Ω w roku t będzie definiowany jako średnia ważona tempa wzrostu zmiennych opisujących procesy społeczno-gospodarcze miasta:

³ R. Domański: *Geografia ekonomiczna. Ujęcie dynamiczne*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2006, s. 89–90.

⁴ Pojęcie ekonofizyki jest uściślone jako zastosowanie modelowania procesów fizycznych w ekonomii. Por. P. Ball: *Econophysics: Culture Crash*, „Nature” 2006, vol. 441, www.nature.com/nature/journal/v441, s. 686.

⁵ R. Domański: *Miasto innowacyjne...*, *op. cit.*, s. 17.

⁶ Nie bez znaczenia jest zawsze w takim przypadku również próba identyfikacji czynników odpowiedzialnych za takie przejścia – interpretowane na przykład jako skok jakościowy w rozwoju społeczeństwa informacyjnego.

$$\Omega_t = \sum_{i=1}^N w_i z_i$$

gdzie:

Ω – wartość wskaźnika

w – waga arytmetyczna zmiennej i w roku t

z – tempo wzrostu zmiennej i w roku t

N – ilość zmiennych opisujących dynamikę miasta.

W efekcie podany wskaźnik zawiera w sobie informacje dotyczące dynamiki poszczególnych zmiennych i może stanowić nową (syntetyczną) zmienną opisującą przebieg procesów transformacji miast, tj. spełniać podobną rolę do tej, jaką spełnia temperatura w zjawiskach termodynamicznych.

Na rozwój miasta wpływ ma wiele czynników społeczno-ekonomicznych. Często nie tylko ich własna dynamika, ale również reagowanie z innymi czynnikami prowadzące do tzw. efektów synergicznych, tworzy niezmiernie złożony obraz rozwoju ośrodków miejskich, a tym samym również zamieszkujących je społeczeństw. Zrozumienie, choćby tylko częściowe, tych procesów stanowi zawsze ogromne wyzwanie poznawcze. Ponieważ jednak różne czynniki w odmienny sposób i w odmiennym stopniu wpływają na rozwój ośrodków miejskich, niezbędne jest przyporządkowanie każdemu czynnikowi odpowiedniej wagi arytmetycznej mówiącej o tym, jak wielkie znaczenie w procesie rozwoju miasta mają czynniki reprezentowane przez tą zmienną oraz jaki jest ich potencjał w wywoływaniu przejść fazowych.

Do określenia tych wag zastosowano wielomianowy model logitowy MNL (*Multinomial Logit Model*) o następującej uogólnionej formie⁷:

$$P(i) = \frac{e^{V_i}}{\sum_{j=1}^N e^{V_j}}$$

gdzie:

$P(i)$ – prawdopodobieństwo wystąpienia danego wydarzenia (rezultatu) i

N – liczba możliwych wydarzeń (rezultatów)

V_j – funkcja opisująca właściwości danego wydarzenia j , które mają wpływ na jego szanse zaistnienia, przy czym im wyższa jej wartość, tym większe prawdopodobieństwo wystąpienia

V_i – wartość funkcji V dla wydarzenia i .

⁷ M. Ben-Akiva, S. Lerman: *Discrete Choice Analysis: Theory and application to travel demand*, MIT Press, Cambridge 1985, s. 65.

Wielomianowy model logitowy znajduje szerokie zastosowanie w analizach ekonomicznych, np. dyskretnej analizie decyzji oraz stochastycznej analizie przepływów ludnościowych⁸. Z kolei zastosowanie jej w kontekście objaśnienia wagi arytmetycznej dla zmiennych opisujących dynamikę rozwoju ośrodka miejskiego wynika z użytecznych właściwości takiej formy funkcyjnej, ponieważ suma prawdopodobieństw możliwych rezultatów danego eksperymentu, podobnie jak i wagi arytmetyczne dla danej średniej, musi sumować się do jedności. Umożliwia to opisanie wag arytmetycznych dowolnej liczby zdarzeń – a dla każdego z nich w miarę wzrostu wartości funkcji V_i wartość otrzymanej wagi arytmetycznej będzie dążyć asymptotycznie do jedności, co oznacza, że nie ma ograniczeń wartości funkcji V_i , ponieważ otrzymana waga zawierać się będzie zawsze w przedziale od < 0 do $1 >$. Pozwala to na sporą elastyczność w doborze typu i wartości tej funkcji dla poszczególnych zmiennych oraz obliczeniową dogodność w szacowaniu parametrów.

W świetle powyższych faktów proponuje się następującą wersję opisu matematycznego wag arytmetycznych poszczególnych zmiennych:

$$w_{it} = \frac{e^{\beta_{it}}}{\sum_{i=1}^N e^{\beta_{it}}}$$

gdzie:

w_{it} – waga zmiennej i w roku t

β_{it} – funkcja opisująca znaczenie dynamiki dla dowolnej zmiennej j w roku t

β_{it} – wartość funkcji opisującej znaczenie dynamiki zmiennej i w roku t

N – liczba zmiennych

t – dany rok odniesienia.

Mając skonkretyzowaną już powyższą formę, należy rozważyć, w jaki sposób oszacować wartość funkcji β dla każdej zmiennej w roku t . W praktyce oznacza to estymację, które czynniki posiadają większy potencjał w stymulacji rozwoju. Im wyższy taki potencjał w danym okresie ma zmienna i , tym większą wartość powinna mieć funkcja β_i . Istotna jest też zależność czasowa, bowiem znaczenie poszczególnych czynników stymulujących rozwój ulega zmianie.

Oprócz wagi arytmetycznej samej zmiennej również jej dynamika decyduje o tym, czy i w jaki sposób przebiega rozwój danego miasta. Mając daną zmienną x_i , można dla roku t wyznaczyć wartość jej tempa wzrostu z_i :

$$z_{it} = \frac{d \ln(x_i)}{dt} = \frac{dx_i}{x_i} \approx \frac{\Delta x_i}{x_i}$$

⁸ Z. Pawlak: *An Alternative Application of Logit Modelling in Management of Metropolitan Areas: The Case Study of Poznań Urban Area*, „LogForum” 2008, vol. 4/4/2, www.logforum.net

Przyjmując za okres t wartość jednego roku można zatem uprościć to wyrażenie do postaci:

$$z_t \approx \frac{x_t(t) - x_t(t-1)}{x_t(t-1)}$$

Jest to zatem (wyrażony w postaci ułamka lub procentu) przyrost wartości zmiennej pomiędzy rokiem $t-1$ a rokiem t . Taka forma pozwala na optymalne wykorzystanie dostępnych danych statystycznych przy określeniu ogólnej dynamiki różnych czynników wpływających na rozwój.

2. Uszczegółowiona postać syntetycznego wskaźnika dynamiki rozwoju społeczeństwa informacyjnego miast

Bazując na wcześniejszych rozważaniach, możliwe staje się utworzenie uszczegółowionej postaci syntetycznego wskaźnika dynamiki rozwoju dla danego roku, który można zdefiniować jako funkcję matematyczną zależną od analizowanych zmiennych:

$$\Omega_t(t) = \sum_{i=1}^N w_i z_i = \sum_{i=1}^N \left(\frac{e^{\beta i t}}{\sum_{j=1}^N e^{\beta j t}} * \frac{\partial \ln(x_i(t))}{\partial t} \right) \approx \sum_{i=1}^N \left(\frac{e^{\beta i t}}{\sum_{j=1}^N e^{\beta j t}} * \frac{x_i(t) - x_i(t-1)}{x_i(t-1)} \right)$$

Innymi słowy, wskaźnik jest ważoną średnią arytmetyczną tempa wzrostu zmiennych, dla których wagi wyrażone są za pomocą wielomianowej funkcji logitowej zależnej od czasu oraz parametrów funkcji β objaśniającej znaczenie danej zmiennej w kształtowaniu rozwoju miasta. W praktyce wskaźnik stanowi syntetyczne ujęcie dostępnych zmiennych opisujących rozwój ośrodka miejskiego jako otoczenia dla rozwijającego się społeczeństwa informacyjnego.

Biorąc pod uwagę fakt, że funkcja ta opisuje w uogólniony sposób tempo rozwoju danego miasta, można przyjąć, że funkcja $D(t)$ spełniająca następującą zależność:

$$D(t) = \int_{t=0}^T \Omega dt = \int_{t=0}^T \left[\sum_{i=1}^N \left(\frac{e^{\beta i t}}{\sum_{j=1}^N e^{\beta j t}} * \frac{\partial \ln(x_i)}{\partial t} \right) \right] dt$$

stanowiąc będzie z kolei opis poziomu rozwoju miasta. To znaczy, przyjmując początkowy poziom rozwoju miasta za 0, funkcja ujmuje w syntetyczny sposób zmienność rozwoju.

Ponieważ czynniki społeczno-ekonomiczne podlegają również wahaniom krótkoterminowym, np. jednorocznym, konieczne staje się wytłumienie ich wpływu

za pomocą odpowiednich metod statystycznych. Zastosowanie znajduje tutaj metoda k-średnich, która minimalizując efekt wpływu krótkotrwałych wahań, pozwala na analizę właściwego trendu w rozwoju miasta. Stąd też szereg oszacowanych wartości syntetycznego wskaźnika rozwoju powinien zostać poddany takiemu procesowi, aby w bardziej przejrzysty sposób ujawnić trend w tempie rozwoju danego miasta, a w konsekwencji również zamieszkującego je społeczeństwa.

Mając oszacowane wartości trendu syntetycznego wskaźnika dynamiki rozwoju, należy powtórnie wrócić do metody analizy regresji liniowej. Ponieważ przejścia fazowe są z definicji zjawiskami nieliniowymi, ich wykrycie polega na zlokalizowaniu nieliniowego przebiegu funkcji opisującej rozwój miasta. Można tego dokonać w dwojaki, w praktyce równoważny sposób:

1. Poprzez użycie syntetycznego wskaźnika dynamiki rozwoju Ω . Jeśli rozwój miasta ma charakter liniowy, to funkcja Ω jako opisująca tempo tego rozwoju powinna być funkcją stałą. W takim przypadku w wartości funkcji Ω można wpasować linię regresji prostoliniowej. Linia ta, podobnie jak każda funkcja liniowa, charakteryzować się będzie współczynnikiem kierunkowym oraz współczynnikiem stałym. W przypadku funkcji stałej współczynnik kierunkowy powinien być równy zero. Następnie należy przeprowadzić test hipotezy zerowej o wartości współczynnika kierunkowego różnego od 0 dla takiej linii regresji w oparciu o test t-Studenta. W przypadku odrzucenia takiej hipotezy można uznać, że rozwój danego miasta nie przebiegał liniowo (mogły zajść przejścia fazowe).
2. Przy użyciu funkcji D opisującej znormalizowany poziom rozwoju miasta. Jeśli rozwój przebiegał w sposób liniowy, to funkcja $D(t)$ powinna być funkcją liniową. Dlatego mając oszacowane dla każdego roku wartości funkcji, można dokonać analizy regresji prostoliniowej, a w szczególności istotności statystycznej oszacowanego współczynnika kierunkowego oraz wielkości współczynnika determinacji. Na tej podstawie możliwe jest stwierdzenie, czy zachodziły zjawiska świadczące o nieliniowej dynamice systemu (możliwość zajścia przejść fazowych). W praktyce jednak preferowanym podejściem będzie metoda pierwsza, ponieważ nie wymaga ona wykonania transformacji funkcji dyskretniej w ciągłą – procesu, który byłby konieczny do przeprowadzenia późniejszego całkowania.

Podsumowanie

Zastosowanie modelowania dynamiki rozwoju społeczeństw informacyjnych współczesnych miast za pomocą odpowiednio skonstruowanego syntetycznego wskaźnika pozwala na kwantyfikację rozwoju systemów społeczno-gospodarczych miast oraz przede wszystkim na zidentyfikowanie nieliniowości tych procesów jako przejść fazowych. Mogą one wystąpić na przykład pod wpływem innowacji techno-

logicznych oraz społecznych, co powinno mieć charakter procesu nieodwracalnego oraz prowadzić do przesunięć całego systemu miasta – a tym samym jego mieszkańców, ku nowej jakości, jaką jest społeczeństwo informacyjne. Ujęcie ekonofizyczne pozwala niewątpliwie lepiej poznać naturę tych procesów oraz wyznacza nowe obszary poznawcze dla dalszych badań, wśród których za najistotniejsze wydaje się określenie minimum warunków koniecznych (niezbędnego poziomu) stymulującego przejście fazowe oraz analiza czynników pozwalających na uniknięcie społeczeństwom negatywnych przejść fazowych – zwłaszcza w mniejszych ośrodkach miejskich.

Literatura

1. Ball P.: *Econophysics: Culture Crash*, „Nature” 2006, vol. 441, www.nature.com/nature/journal/v441.
2. Ben-Akiva M., Lerman S.: *Discrete Choice Analysis: Theory and application to travel demand*, MIT Press, Cambridge 1985.
3. Domański R.: *Miasto innowacyjne*, Studia KPZK PAN, t. CIX, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2000.
4. Domański R.: *Geografia ekonomiczna. Ujęcie dynamiczne*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2006.
5. Łuszczuk M., Pawłowska A.: *Stan zaawansowania społeczeństwa informacyjnego w Polsce*, Wyd. Polska Fundacja Spraw Międzynarodowych, Sprawy Międzynarodowe, nr 2 (LIII), Warszawa 2000.
6. Pawlak Z.: *An Alternative Application of Logit Modelling in Management of Metropolitan Areas: The Case Study of Poznań Urban Area*, „LogForum” 2008, vol. 4/4/2, www.logforum.net

MODELLING THE DYNAMICS OF DEVELOPMENT OF URBAN INFORMATION SOCIETIES USING THE ECONOPHYSICAL APPROACH OF PHASE TRANSITIONS

Summary

Urban societies around the world, similarly to substances in physical processes, undergo various transformations. One type of such transformations are transitions between the states of aggregation – phase transitions. In case of modelling the development of urban information societies there appears to be a need for a synthetic indicator

which, similarly to temperature in thermodynamics, would allow to determine, quantify and explain whether society of a given city has undergone, undergoes, or moves towards undergoing a phase transition. The indicator suggested in the paper is defined as a weighted arithmetic mean of the rates of change of explanatory variables, where weights are expressed using multinomial logit function depending on time and parameters describing the significance of the explanatory variable in shaping development of urban information society of a city.

Translated by Zbyszko Pawlak