

Teresa Czyż, Zbyszko Chojnicki¹

*Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu
Instytut Geografii Społeczno-Ekonomicznej i Gospodarki Przestrzennej
e-mail: t.czyz@amu.edu.pl*

Rola poznańskiego ośrodka geograficznego w implementacji metod i modeli matematycznych w geografii społeczno- -ekonomicznej

Zarys treści: Artykuł składa się z trzech części. Część pierwsza zawiera wstępne omówienie relacji między metodami postępowania badawczego a rozwojem geografii jako nauki oraz obejmuje zagadnienie przełomu metodologicznego związanego z kwantyfikacją geografii. W części drugiej przedstawiono w zarysie postęp w rozwoju kierunku ilościowego w geografii światowej. Część trzecia dotyczy aktywności, osiągnięć i roli poznańskiego ośrodka geografii społeczno-ekonomicznej w poszczególnych fazach matematyzacji geografii.

Słowa kluczowe: metody naukowe, kwantyfikacja geografii, kierunek ilościowy w światowej i polskiej geografii, poznańska szkoła naukowa

Wprowadzenie

Ważnym składnikiem rozwoju dyscypliny naukowej są stosowane metody postępowania badawczego. Metody badawcze to sposoby działań badawczych składające się na rozwiązywanie problemów naukowych oraz wyznaczające je zasady. Działania badawcze to tyle, co czynności skierowane na realizację celów badawczych. Działania te mają charakter operacyjny, czyli stanowią czynności polegające na stosowaniu instrumentalnych środków poznawczych. Sposób działań natomiast to dobór i układ czynności przyporządkowanych realizacji celów badawczych.

¹ W artykule wykorzystano również materiały rękopiśmienne oraz teksty niepublikowane po Z. Chojnickim (1928–2015).

Metody naukowe w procesie rozwiązywania problemów naukowych pełnią zarówno funkcje kreatywne, gdy służą wytwarzaniu wiedzy, jak i uprawomocniającej jej charakter poznawczy (prawdziwość), gdy służą uzasadnianiu jej adekwatności. Zawierają więc oba konteksty badania naukowego: odkrycia i uzasadnienia.

Oddziaływanie metod naukowych na rozwój danej dyscypliny naukowej odbywa się poprzez opracowywanie lub stosowanie nowych albo ulepszonych metod umożliwiających uzyskanie nowych i (lub) dobrze uzasadnionych wyników. Brak nowych metod przez dłuższy czas powoduje zwolnienie przyrostu składnika faktograficznego i teoretycznego, a zatem hamuje rozwój dyscypliny jako całości. Zachodzi więc wyraźny związek między rozwojem i stosowaniem metod naukowych a rozwojem wiedzy naukowej.

Postęp w dziedzinie metod stanowi istotny składnik rozwoju każdej dziedziny wiedzy, a więc i geografii, gdyż brak nowych metod powoduje tworzenie się pętli metodologicznych, tj. nawrotu do starych metod, niepozwalających w zmienionej sytuacji na rozwiązywanie nowych zagadnień (Chojnicki, Dziewoński 1978). Warto zwrócić uwagę, że operowanie nowymi metodami umożliwia również weryfikację prawdziwości wyników poznawczych uzyskanych starymi metodami.

W warsztacie metodologicznym geografii głębokie przeobrażenia nastąpiły w drugiej połowie XX w. W latach 50. dokonał się przełom metodologiczny, nazwany przez Burtona (1963) rewolucją ilościową, który stanowił początek procesu kwantyfikacji geografii. Pojęcie kwantyfikacji jest traktowane jako synonim zastosowania zbioru metod statystyki matematycznej i matematyki do badań geograficznych. Kwantyfikacja geografii jest terminem powszechnie stosowanym. Nie jest to jednak określenie zbyt ścisłe, gdyż nie chodzi tu tylko o pojęcia ilościowe, ale również o te właściwości i relacje jakościowe, które znajdują izomorficzną reprezentację w matematycznych właściwościach i relacjach charakteryzowanych w terminach teorii mnogości oraz topologii (Czyż 1973). Komplementarność podejścia ilościowego i jakościowego stanowi znamieny aspekt badań geograficznych w ramach modelu modelu empiryczno-naukowego (Chojnicki 2010).

Nurt ilościowy geografii został oparty na stanowisku scjentyistycznym (w wersji umiarkowanej), które pojmuje wiedzę geograficzną jako wiedzę empiryczną, tj. intersubiektywnie sprawdzalną i komunikowalną. Matematyzacja stała się elementem szerszego programu przebudowy podstaw metodologicznych geografii, zrywającego z koncepcjami idiograficznymi i zmierzającego do nadania geografii charakteru nauki wyjaśniającej i prognostycznej. Zmiany modelu metodologii geografii zwiększyły zapotrzebowanie na metody służące do rozwiązywania problemów teoretycznych w geografii. Rolę tę w pewnym stopniu miały pełnić metody statystyczne i matematyczne.

Rozważania nad współczesnym charakterem procesu matematyzacji metod w geografii, zawarte w niniejszym artykule, sprowadza się do następujących tematów: (1) charakterystyki postępu w rozwoju kierunku ilościowego w geografii światowej i (2) opisu aktywności, osiągnięć i roli poznańskiego ośrodka geografii społeczno-ekonomicznej w poszczególnych fazach matematyzacji polskiej geografii.

Rozwój kierunku ilościowego w geografii światowej

W procesie matematyzacji geografii światowej, ujętym historycznie, główną rolę odegrała geografia amerykańska. Czołowym liderem i propagatorem rewolucji ilościowej w geografii i twórcą amerykańskiej szkoły matematycznej w geografii był Garrison (1956). Później ukształtował się w USA i Kanadzie silny zespół geografów ekonomicznych zajmujących się zastosowaniem statystyki i matematyki w badaniach geograficznych. W jego skład weszli: W.L. Garrison, B.J. Berry, M.F. Dacey, L. Curry, R.L. Morrill. W tym okresie w rozwój matematyzacji geografii twórczy wkład wnieśli geografowie brytyjscy: P. Haggett, R. Chorley, A.G. Wilson, R.J. Johnston, M. Batty oraz szwedzcy: T. Hagerstrand, G. Olsson. Przedstawiciele tego kierunku w ramach tzw. analizy przestrzennej początkowo koncentrowali się głównie na badaniu struktur i procesów przestrzennych z zastosowaniem metod statystyki matematycznej. Po tzw. rewolucji modelowej rozszerzyli zakres swoich zainteresowań na problematykę matematycznego modelowania przestrzennego w dążeniu do nadania wiedzy geograficznej bardziej teoretycznego charakteru.

W latach 1960–1980 matematyzacja geografii, a w szczególności geografii społeczno-ekonomicznej, poczyniła znaczne postępy. Nastąpił szybki wzrost liczby prac z zakresu zastosowania metod statystyki matematycznej: analizy wielozmiennej, autokorelacji przestrzennej, analizy spektralnej, taksonomii numerycznej oraz matematycznych modeli przestrzennych w postaci modeli grawitacji i potencjału, modeli dyfuzji, modeli łańcuchów Markowa, modeli entropii.

Obok geografów społeczno-ekonomicznych problematykę matematyzacji metod rozwinęli ekonomiści regionalni, czyli przedstawiciele tzw. *regional science* ze szkoły naukowej W. Isarda. Jednak ich uwaga skupiała się głównie na budowie modeli matematycznych o charakterze optymalizacyjnym, związanych z planowaniem regionalnym.

W latach 80. i 90. XX w. w geografii światowej nastąpił pewien spadek (*downturn*) zainteresowania matematyzacją geografii. Podejście ilościowe w metodologii geografii zostało poddane krytyce, głównie na gruncie nowych kierunków filozoficznych o antykwantytatywnych orientacjach prezentowanych przez ujęcie humanistyczne i ideologiczno-radykalne (Fotheringham i in. 2007, Chojnicki 2010). Mimo mniejszego zainteresowania metodami matematyczno-statystycznymi, ich zastosowanie w praktyce badawczej utrwaliło się i stało nieodłącznym składnikiem postępowania badawczego i struktury wiedzy geograficznej, bez którego geografia straciłaby charakter nauki empirycznej. Konieczne stało się jednak odejście od konstruowania coraz to nowych modeli matematycznych bez możliwości ich konkretyzacji empirycznej (Chojnicki 1999).

Debata krytyczna, wprowadzenie nowych oraz modyfikacja już wykorzystywanych metod statystyki matematycznej, zastosowanie ulepszonych sformułowań modeli matematycznych, rozwój systemów informacji geograficznej (GIS) oraz zmiana podejmowanych problemów badawczych, ukształtowały charakter kolejnej fazy współczesnej geografii ilościowej (*modern quantitative geography*)².

² Nowe światowe trendy w metodach ilościowych przedstawił Fotheringham (1997, 1998)

Czasopismem o światowej renomie promującym wyrafinowane metody i modele matematyczne oraz najnowsze trendy w geografii ilościowej jest „Geographical Analysis” (Ohio State University, Columbus, USA).

W procesie matematyzacji geografii istotną rolę odegrała rewolucja informacyjna oraz rozwój kartografii komputerowej i systemy informacji geograficznej (GIS). GIS służy informatyzacji wiedzy geograficznej. Informatyzację pojmuję się jako racjonalne wykorzystanie danych uprzednio wprowadzonych do instrumentalnych systemów, które służy nie tylko przetwarzaniu tychże danych, ale także ich produkowaniu w pewnych zgeneralizowanych postaciach. GIS stanowi nowy, ważny składnik instrumentalno-koncepcyjny budowy wiedzy geograficznej (Chojnicki 2010). Standardowymi funkcjami oprogramowania są: agregacja danych w wyniku łączenia jednostek przestrzennych oraz dezagregacja (prezentacja i analiza danych w układzie jednostek geometrycznych, np. siatki kwadratów, heksagonów), analiza sąsiedztwa, interpolacja danych, funkcje gęstości, analiza sieci (i przepływów), zależności przestrzenne.

W oprogramowanie komputerowe GIS wbudowane są zestawy różnych metod ilościowych, zarówno podstawowych, jak i bardziej zaawansowanych. Umiejętność uruchomienia i realizacja funkcji oprogramowania GIS nie oznacza jednak rozumienia przez badacza określonej metody statystycznej i matematycznej oraz jej właściwego zastosowania. Tymczasem konieczna jest gruntowna znajomość wykorzystanej metody, a nawet użycie nowych metod bardziej złożonych lub modyfikacja metod przez wprowadzenie dodatkowych parametrów. Nie należy więc postrzegać GIS jako ekwiwalentu geografii ilościowej. Jednak według Fotheringhama i in. (2007) dalszy rozwój geografii ilościowej wiąże się z postępowaniem w wizualizacji komputerowej, eksploracyjną analizą danych, wnioskowaniem statystycznym na podstawie próby przestrzennej oraz stosowaniem procedur analizy przestrzennej opartych na GIS.

Oceniając dorobek geografii ilościowej, należy stwierdzić, że metody matematyczne stały się skutecznym narzędziem uściślenia wiedzy geograficznej. Prowadzą do rozwoju „twardego” jej składnika. Umożliwia to udział geografii społeczno-ekonomicznej w badaniach multi- i interdyscyplinarnych o funkcjach poznawczych i użytecznych. W ramach refleksji metodologicznej stwierdza się jednak, że trzeba dostrzegać problemy związane ze swoistymi trudnościami i warunkami ich zastosowania w geografii, które nazywa się dylematami kwantyfikacji geografii (Chojnicki 1999).

Podstawowym postulatem formułowanym względem metod matematycznych jest przestroga przed technikocentryzmem, który polega na przystosowaniu problemów do metod, zamiast postępowania odwrotnego. Stosowanie metody matematycznej powinno mieć charakter instrumentalny i zakładać jej komplementarne ujęcie, tj. powiązanie matematyczno-strukturalnego aspektu metody z jego empiryczną interpretacją. W przeciwnym przypadku użycie wyrafinowanych technik statystyczno-matematycznych nie prowadzi do wartościowych poznawczo wyników badawczych.

Należy przyznać, że metody matematyczne nie spełniły wszystkich nadziei co do postępu teoretycznego w geografii, jednak dzięki ich stosowaniu osiągnięto

szereg cennych poznawczo wyników badawczych. Współcześnie stały się trwałym składnikiem postępu badawczego w geografii.

Utrwała się pogląd, że podejście ilościowe nie kształtuje jakiegoś odrębnego działu geografii w postaci geografii ilościowej (Gould 1975). Podejście to jest po prostu zbiorem metod statystycznych i matematycznych stosowanych w badaniach geograficznych oraz w budowie wiedzy geograficznej w ujęciu modelowym i teoretycznym. Matematyka jest według Bungego (1985) *a good servant*, co oznacza, że metody matematyczne w geografii należy traktować jako instrumenty (narzędzia) badawcze, przydatne w procesie ewolucji pola badawczego geografii.

Geografia ilościowa w ośrodku poznańskim

W polskiej geografii intensywna matematyzacja rozpoczęła się w latach 60. XX w., chociaż tradycje badawcze w tym zakresie były dużo starsze. Szczególnie oryginalny charakter miała, opublikowana już w 1908 r., praca B. Janowskiego, będąca jedną z pierwszych prób w literaturze światowej sformułowania geograficznego modelu oddziaływania w postaci modelu grawitacji.

Kolejne fazy kwantyfikacji współczesnej, polskiej geografii wystąpiły z pewnym opóźnieniem w stosunku do geografii światowej. Początkowo główną dziedziną stosowania metod ilościowych była geografia społeczno-ekonomiczna³. Prymat w przyswajaniu kierunku ilościowego w tej dziedzinie badań pełnił ośrodek geograficzny Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu⁴.

Początek i rozwój zastosowań metod statystyki matematycznej i modeli matematycznych w badaniach geograficznych prowadzonych na UAM w Poznaniu wiąże się z działalnością naukową Z. Chojnickiego, który był twórcą tego kierunku metodologicznego we współczesnej polskiej geografii. Głównym przedmiotem jego zainteresowań badawczych była szeroko pojęta geografia społeczno-ekonomiczna. W połowie lat 50. XX w. zajął się problematyką zastosowań metod statystycznych i matematycznych w geografii. Wyrażał pogląd, że metody ilościowe mogą stać się skutecznym narzędziem nie tylko uściślenia wiedzy, ale przede wszystkim nadania wiedzy geograficznej bardziej teoretycznego charakteru. Chojnicki (1970) przeprowadził analizę zasadniczych zmian w zakresie tendencji metodologicznych współczesnej geografii ekonomicznej jako podstawy tworzenia się nowego wzorca badawczego geografii ekonomicznej w Polsce. Jedną z tych tendencji wiązał z matematyzacją metod geografii ekonomicznej.

Wstępne studia z zakresu geografii ilościowej w ośrodku poznańskim prowadzone przez Chojnickiego (1999) miały charakter programowy. Przedstawiły i wskazywały na różnorodne możliwości analityczne, jakie niesie ze sobą kwantyfikacja geografii. Zawierały analizę metodologiczną podstaw zastosowania modeli

³ Omówienie dorobku polskiej geografii społeczno-ekonomicznej w okresie 1960–1980 w dziedzinie zastosowania modeli i metod matematycznych zawierają artykuły Czyż (1973) oraz Czyż i Ratajczak (1986).

⁴ W dalszym tekście artykułu stosuje się terminy: ośrodek poznański lub poznańska szkoła naukowa.

matematycznych w geografii, przegląd zasad budowy i konkretyzacji tych modeli oraz ich nową interpretację w badaniach geograficznych.

Ważnym czynnikiem, który wpłynął na rozwój działalności Z. Chojnickiego w tym kierunku badawczym, był jego pobyt naukowy w roku akademickim 1961/1962 w USA: w Pennsylvania University, Department of Regional Science, w Filadelfii, gdzie zapoznał się z nowymi koncepcjami modelowania i teorii w zakresie analizy przestrzenno-ekonomicznej i rozwoju regionalnego, oraz na wydziałach geografii Northwestern University w Evanston i University of Washington w Seattle, gdzie rozwijały się nowe nurty geografii ekonomicznej, związanej z teorią lokalizacji i metodami matematyczno-statystycznymi. Z. Chojnicki już jako *corresponding member* Komisji Metod Ilościowych Międzynarodowej Unii Geograficznej uczestniczył aktywnie w konferencji tej Komisji, która odbyła się w Londynie w 1969 r.

W latach 60. XX w. działalność inicjatorska i twórcza Z. Chojnickiego w dziedzinie kwantyfikacji geografii oraz prace grona skupionych wokół niego młodych badaczy (uczniów, doktorantów i współpracowników) stały się początkiem kształtowania się poznańskiej szkoły naukowej nowoczesnej geografii społeczno-ekonomicznej, specjalizującej się w zastosowaniu podejścia ilościowego (Czyż 2012).

W pierwszej fazie dynamicznego rozwoju szkoły poznańskiej poważnym osiągnięciem była praca Chojnickiego (1966) o koncepcji i zastosowaniu w geografii modelu grawitacji i potencjału. Nowatorski charakter miała również monografia metody analizy czynnikowej Czyż (1971), zawierająca algorytm jej zastosowania w regionalizacji geograficznej. Powstały również monografie współautorskie: metody czynnikowe w analizie zmian struktury regionalnej (Chojnicki, Czyż 1972), metody taksonomii numerycznej w regionalizacji geograficznej (Chojnicki, Czyż 1973).

Studia i osiągnięcia Z. Chojnickiego w zakresie kwantyfikacji geografii znalazły uznanie w Międzynarodowej Unii Geograficznej – dowodem było powierzenie mu organizacji w Poznaniu Konferencji Komisji Metod Ilościowych MUG w 1970 r. W konferencji udział wzięli m.in. reprezentanci geografii amerykańskiej, kanadyjskiej, brytyjskiej i brazylijskiej oraz wybitni polscy geografowie⁵. Jej tematem były założenia i perspektywy stosowania metod matematycznych w geografii, a w szczególności analizy wielozmiennej, korelacji kanonicznej, analizy harmonicznej, teorii informacji, teorii decyzji, łańcuchów Markowa oraz ocena wyników problemowych zastosowań tych metod w kontekście geograficznym. Rezultaty konferencji zostały opublikowane w pracy: „Perspective on spatial analysis”, 1973, pod red. Z. Chojnickiego i D.F. Marble. Konferencja ta miała dwa cele: zintensyfikować międzynarodowe dyskusje między badaczami zajmującymi się metodami ilościowymi w badaniach geograficznych i stymulować rozwój nowych i wysoce oryginalnych prac w polskiej geografii.

⁵ Uczestnikami konferencji byli: D.F. Marble, M.D. Ray, L.J. King, G. Rushton, R.F. Pitts, G. Chapman, L. Collins, S. Faissol oraz S. Leszczycki, K. Dziewoński i A. Wróbel.

Dla dalszego rozwoju szkoły poznańskiej istotne były indywidualne kontakty naukowe Z. Chojnickiego i członków jego zespołu badawczego, których nawiązanie umożliwiły pobyty i stypendia naukowe w prestiżowych amerykańskich ośrodkach geograficznych⁶. Z. Chojnicki został członkiem *consulting editors* międzynarodowego czasopisma „Geographical Analysis”.

Oddziaływanie szkoły poznańskiej miało zasięg ogólnopolski i odbywało się poprzez organizowane w Poznaniu (w latach 1975–1980) sympozja metodologiczne, poświęcone zastosowaniu metod i modeli matematycznych w geografii społeczno-ekonomicznej. Ważną rolę w przygotowaniu tych sympozjów odegrała współpraca geografów z matematykami z poznańskich wyższych uczelni: M. Krzyśko, Z. Kaczmarkiem, M. Karońskim, E. Malcem, A. Maćkiewiczem⁷. Do programu sympozjów wprowadzono wykłady, które przyczyniły się do dyskusji na temat relacji metod matematycznych z charakterem badań geograficznych. Sympozja umożliwiały prezentację dorobku metodologicznego również innych ośrodków geograficznych w Polsce, przede wszystkim wrocławskiego i warszawskiego. Stały się impulsem do stosowania metod matematycznych nie tylko w geografii społeczno-ekonomicznej, ale także w geografii fizycznej.

Rezultatem tych sympozjów były prace publikowane pod redakcją naukową Z. Chojnickiego i artykuły w czasopismach „*Quaestiones Geographicae*” i „*Concepts and Methods in Geography*”. Ukazały się prace zbiorowe: „Metody ilościowe w geografii” (1977), „Analiza regresji” (1980), „Metody taksonomiczne w geografii” (1980), które przedstawiają podstawy i nowe podejścia do zastosowania w geografii następujących metod i modeli: korelacji cząstkowej, analizy regresji, analizy kanonicznej, analizy wariancji, analizy dyskryminacyjnej i analiz głównych składowych, modeli dyfuzji przestrzennej, łańcuchów Markowa, symulacyjnych, optymalizacyjnych, metod taksonomicznych i metod grafowych. Prace te stanowiły wynik współpracy matematyków i geografów ekonomicznych z kilku ośrodków naukowych w Polsce i były przykładem, zainicjowanej przez Z. Chojnickiego, pewnej platformy tej współpracy w dążeniu do rozwoju wyrafinowanych metod matematycznych w geografii. Dużym osiągnięciem było również opublikowanie artykułu na temat problemów metodologicznych związanych z zastosowaniem analizy czynnikowej w geografii w prestiżowym „*Geographical Analysis*” (Chojnicki, Czyż 1976).

Kolejnymi oryginalnymi pracami, które przyczyniły się do pogłębiania problematyki zastosowania metod ilościowych w geografii i umożliwiły włączenie się w nurty badawcze geografii światowej, były monografie modeli matematycznych z określonymi możliwościami ich konkretyzacji w kontekście geograficznym oraz opracowania empiryczno-diagnostyczne z szeroką gamą zastosowań metod matematyczno-statystycznych. Warto tu wymienić prace takich autorów, jak: Czyż

⁶ Pobyty naukowe: Z. Chojnickiego – w University of Michigan, Ann Arbor; State University of New York, Brockport; T. Czyż – w Northwestern University, Evanston; Ohio State University, Columbus; Clark University, Worcester; Z. Chojnickiego, K. Polarczyka, W. Ratajczaka – w Florida University, Gainesville.

⁷ W późniejszych fazach rozwoju szkoły poznańskiej stałymi pracownikami ośrodka zostali matematycy: B. Kotkowski i J. Hauke.

(1978) – modele trendu powierzchniowego; Bivand (1981) – modelowanie układów czasoprzestrzennych; Parysek (1982) – modele klasyfikacji przestrzennej; Chojnicki, Czyż, Parysek, Ratajczak (1978) – metoda głównych składowych; Ratajczak (1980) – metody grafowe, analiza kanoniczna; Kamiński (1982) – modele dyfuzji przestrzennej; Czyż, Kotkowski (1987) – analiza Q; Rogacki (1988) – modele regresji; Stryjakiewicz (1988) – modele teorii gier.

Dokonania szkoły poznańskiej w zakresie implementacji metod matematycznych wywołały w polskiej geografii społeczno-ekonomicznej wielki rezonans. Stały się wzorcem metodologicznym, są do dziś aktualne i cytowane.

W procesie rozwoju kierunku matematycznego w ośrodku poznańskim ważną rolę odgrywał dorobek Z. Chojnickiego w zakresie teorii metodologii geografii oraz modeli wyjaśniania i predykcji⁸. Poważnym jego osiągnięciem było opracowanie nowej koncepcji metodologicznej geografii społeczno-ekonomicznej jako podstawy określenia przedmiotu i zadań geografii z punktu widzenia jej udziału w rozwiązywaniu naczelných problemów współczesnej nauki. Istotny wkład do metodologii geografii stanowią jego studia nad modelami wiedzy geograficznej. Zajmował się również problemami metodologicznymi *regional science*. Chojnicki (1989) na gruncie podejścia systemowego sformułował koncepcję terytorialnego systemu społecznego, która stała się nowym paradygmatem postępowania badawczego i ujęcia przedmiotowego we współczesnej geografii społeczno-ekonomicznej. W 1983 r. był organizatorem i twórcą programu naukowego ogólnopolskiej konferencji geograficznej w Rydzynie na temat aspektów metodologicznych rozwoju polskiej geografii.

W drugiej fazie, w latach 1990–2010, rozwój kierunku matematycznego w ośrodku poznańskim był ściśle związany z rozwiązywaniem nowych problemów badawczych geografii społeczno-ekonomicznej w Polsce. W okresie transformacji systemu społeczno-gospodarczego, włączenia się w proces globalizacji i akcesji Polski do Unii Europejskiej na główny kierunek badań ośrodka poznańskiego złożyły się badania o charakterze problemowym z zakresu: rozwoju społeczno-gospodarczego i zmian struktury regionalnej w warunkach integracji europejskiej, rekonfiguracji organizacji przestrzennej gospodarki, gospodarki opartej na wiedzy i rozwoju sektora kreatywnego, metropolizacji i współczesnych mechanizmów rozwoju miast, zrównoważonego rozwoju i ładu przestrzennego, współczesnych problemów ludnościowych i społecznych. Ten program badawczy był realizowany z dużym udziałem już trzech pokoleń naukowców wywodzących się ze szkoły naukowej Z. Chojnickiego.

W badaniach problemowych, w nowym kontekście badań empirycznych z zakresu geografii społeczno-ekonomicznej i gospodarki przestrzennej, wykorzystano znane klasyczne oraz modyfikowane metody i modele matematyczne. Do najczęściej stosowanych należą: metody wskaźnikowe, metody taksonomii numerycznej, modele regresji, autokorelacja przestrzenna, analiza wielozmienna, metody filtrowania przestrzennego, modele potencjału, modele dyfuzji. Ważną

⁸ Dorobek Z. Chojnickiego w zakresie metodologii geografii, obejmujący zbiór jego rozpraw i artykułów, zawierają prace: „Podstawy metodologiczne i teoretyczne geografii” (1999) i „Koncepcje i studia metodologiczne i teoretyczne w geografii” (2010).

rolę odgrywa również wprowadzenie nowych metod. Na szczególne wyróżnienie zasługuje: wprowadzenie nowych algorytmów numerycznych w analizie głównych składowych oraz procedur testowania głównych składowych (A. Maćkiewicz, Ratajczak 1993), opracowanie problemów regionalizacji geograficznej na płaszczyźnie metodologicznej (Czyż red. 1996), nowatorskie zastosowanie zbiorów rozmytych do wyznaczania granic regionalnych (A. Maćkiewicz, Ratajczak 1996), koncepcja zastosowania geometrii fraktalnej do stochastyczno-dynamicznego modelowania struktur przestrzennych (Ratajczak 1998, 2013), model probabilistyczny sieci transportowych (Ratajczak 1999). Na uwagę zasługują również: analiza głównych składowych w ujęciu techniki T jako metoda badania zmian w strukturze przestrzennej bezrobocia (Churski 1999), zastosowanie ekonometrycznego modelu grawitacyjnego w analizie rozkładu przestrzennego obrotów handlu zagranicznego (Maćkowiak 2003), modyfikacja algorytmu metod wielozmiennych w modelowaniu sieci transportowych (Kossowski 2006), zastosowanie metody automatów komórkowych w analizie procesów suburbanizacyjnych (Beim, 2009), analiza geograficznie ważonej regresji (GWR) w badaniu miejskiego rynku nieruchomości (B. Maćkiewicz 2007), metody konwergencji w badaniu ewolucji nierówności regionalnych (Czyż, Hauke 2010). Do ważnych osiągnięć należy zaliczyć również pracę Chojnickiego, Czyż, Ratajczaka (2011), stanowiącą zbiór studiów dotyczących problematyki i oceny wartości poznawczej modelu potencjału i wykorzystania go w badaniach przestrzenno-ekonomicznych i regionalnych. Przejawem dalszej aktywności ośrodka poznańskiego w zakresie postępu metodologicznego było wznowienie w latach 2000–2004, po wielu latach przerwy, sympozjów metodologicznych, organizowanych przez H. Rogackiego, i publikowanie serii wydawniczych (Rogacki red. 2001, 2002, 2003).

Trzecia, aktualna faza matematyzacji badań prowadzonych w ośrodku poznańskim związana jest z intensywną cyfryzacją w geografii i operowaniem GIS. GIS daje możliwość rozwoju badań empirycznych i uzyskania nowej wiedzy geograficznej, jednak pod warunkiem, że punktem wyjścia w przebiegu postępowania badawczego jest ustalenie problemu naukowego, a jego rozwiązania dokonuje się przy umiarkowanej fascynacji trendem *big data* (dużych zbiorów różnorodnych danych czasoprzestrzennych podlegających przetwarzaniu), ocenie wykorzystania możliwości ukrytych w *big data* oraz przy dalszym postępie w zakresie doboru metod matematyczno-statystycznych.

Problematyka badawcza podejmowana w związku z wykorzystaniem GIS wymaga nowych podejść badawczych, m.in. przesunięcia ze statyki porównawczej na badanie rozwoju w ujęciu diachronicznym, wprowadzenia nowych konstruktywów przedmiotowych (sieci, gron itd.).

Dorobek ośrodka poznańskiego w trzeciej fazie rozwoju kierunku matematycznego w geografii społeczno-ekonomicznej prezentują trzy grupy prac: (1) prace przedstawiające nowe lub ulepszone metody statystyczno-matematyczne do zastosowania w studiach geograficznych, (2) prace oceniające zasoby informacji (*big data*) zawarte w GIS pod kątem projektowanych badań oraz (3) prace realizujące pełen cykl postępowania badawczego od sformułowania problemu badawczego poprzez wykorzystanie funkcji oprogramowania GIS w zakresie bazy

danych przestrzennych i zastosowanie właściwych metod matematycznych do rozwiązania problemu.

Jako reprezentatywne dla tych trzech grup przyjmuje się następujące prace. Do **pierwszej grupy** należą: (1) praca Czyż, Hauke (2015), która przedstawia zastosowanie entropii do badania zmian w zróżnicowaniu regionalnym przy uwzględnieniu dekompozycji w intra- i inter nierówności i określeniu relacji między nimi, (2) praca Perdała (2018) z zakresu taksonomii numerycznej, w której stosuje się innowacyjną metodę lasów losowych (*random forests*) Breimana (2001) w procedurze weryfikacji wstępnej klasyfikacji jednostek przestrzennych na skali poziomu rozwoju społeczno-gospodarczego (dokonanej metodą analizy skupień wg algorytmu k-średnich), (3) nowa wersja metody nieliniowych głównych składowych (NPCA), przedstawiona w pracy współautorskiej Ratajczaka i in. (2018). Stanowi ona rozszerzenie metody NPCA na analizę danych czasoprzestrzennych ważonych geograficznie. Procedura ta testowana w badaniach empirycznych z zakresu geografii społeczno-ekonomicznej daje wyniki bardziej wartościowe poznawczo niż metoda NPCA.

Do **drugiej grupy** zalicza się studia T. Kossowskiego i J. Wilk prowadzone w ramach projektu „Infrastruktura, organizacja i udostępnianie baz danych na przykładzie IPUMS-CED w Barcelonie” oraz programu InGRID-2, których celem jest integracja i harmonizacja danych demograficznych, społecznych i ekonomicznych z 14 krajów UE w układach regionalnych. Przewidywany autorski temat badawczy: „Przestrzenne studia polityki społecznej i jej efekty na Półwyspie Iberyjskim 1981–2011” (z zastosowaniem 18 zmiennych).

Trzecią grupę reprezentuje praca Stachowiaka (2018), który w ramach studiów dotyczących udziału zasobów przestrzeni publicznej w strukturze przestrzennej polskich miast na tle innych miast europejskich, prezentuje następującą wieloetapową strategię postępowania badawczego: (1) przyjęcie operacyjnej definicji dużego miasta według Eurostatu oraz wprowadzenie pojęcia zasobów przestrzeni publicznej, (2) rozpoznanie podstawowych zasobów informacji statystycznej oraz konstrukcja zbioru wskaźników, (3) dobór 27 polskich miast i 22 innych miast europejskich uwarunkowany dostępnością danych, głównie w bazie GMES (*Global Monitoring for Environment and Security*), (4) analiza przestrzenna miast z użyciem GIS, która obejmuje operowanie mapami użytkowania terenu z podziałem na tzw. jednostki podstawowe przypisane do określonych kategorii użytkowania, tj. z układem mozaikowym użytkowania terenu, zastosowanie techniki przetwarzania danych przestrzennych, głównie w postaci operacji na zbiorach jednostek przestrzennych (iloczyn mnogościowy, różnica symetryczna, suma, dopełnienie zbiorów), (5) ujęcie ilościowe struktury przestrzennej badanych miast (określenie wielkości powierzchni wg poszczególnych kategorii użytkowania, intensywności użytkowania w zależności od odległości od centrum miasta), które stanowi punkt wyjścia w analizie porównawczej miast europejskich i ustaleniu pozycji miast Polski na skali zasobów przestrzeni publicznej.

Należy zaznaczyć, że aktualnie istotny wkład w rozwój nowatorskich zastosowań metod matematycznych w poznańskim ośrodku geografii społeczno-ekonomicznej wnoszą profesorowie: Peter Nijkamp (Tinbergen Institute, Amsterdam)

i Roger Bivand (Norwegian School of Economics, Bergen), od kilku lat regularnie wizytujący w Instytucie Geografii Społeczno-Ekonomicznej i Gospodarki Przestrzennej UAM. P. Nijkamp jest jednym ze współtwórców i najwybitniejszych przedstawicieli ekonomii przestrzennej. R. Bivand, geograf ekonomiczny, jest specjalistą w zakresie metod analizy przestrzennej, matematycznego modelowania przestrzennego i programowania statystycznego. W Instytucie wizytujący profesorowie odgrywają ważną rolę w propagowaniu nowych trendów w metodologii badań przestrzenno-ekonomicznych, prezentują nowoczesne wzorce warsztatu naukowego oraz biorą aktywny udział w kształceniu młodej kadry naukowej.

Konkluzja

Ośrodek poznański z prawie 60-letnią tradycją w szerokim stosowaniu metod i modeli matematycznych w geografii społeczno-ekonomicznej utrzymuje silną pozycję w zakresie tej działalności badawczej. Stanowi źródło inspiracji badawczych w zakresie metod ilościowych w geografii, oddziaływał i oddziałuje na orientację metodologiczną polskiej geografii społeczno-ekonomicznej. Dorobek ośrodka stanowi istotny wkład do rozwoju metodologii geografii polskiej i światowej. Prace badaczy z ośrodka poznańskiego są publikowane w prestiżowych polskich i międzynarodowych wydawnictwach i czasopismach naukowych i często cytowane. W dobie upowszechnienia cyfryzacji i operowania GIS ośrodek poznański odgrywa istotną rolę w propagowaniu i dalszym upowszechnianiu innowacyjnych metod i modeli matematycznych w badaniach geograficznych.

Literatura

- Beim M. 2009. Modelowanie procesu urbanizacji w aglomeracji poznańskiej. Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań.
- Bivand R. 1981. Modelowanie geograficznych układów czasoprzestrzennych. PAN, seria Geografia, 7. PWN, Warszawa.
- Breiman L. 2001. Random forests. *Machine Learning*, 45: 5–32.
- Bunge M. 1985. *Treatise on basic philosophy*. Vol. 7. D. Reidel, Dordrecht.
- Burton L. 1963. Quantitative revolution and theoretical geography. *Canadian Geographer*, 7(4): 151–162.
- Chojnicki Z. 1966. Zastosowanie modeli grawitacji i potencjału w badaniach przestrzenno-ekonomicznych. KPZK PAN, Studia, 14. Warszawa.
- Chojnicki Z. 1970. Podstawowe tendencje metodologiczne współczesnej geografii ekonomicznej. *Przegląd Geograficzny*, 42, 2: 199–214.
- Chojnicki Z. (red.) 1977. *Metody ilościowe i modele w geografii*. PWN, Warszawa.
- Chojnicki Z. (red.) 1980. *Analiza regresji w geografii*. PAN, seria Geografia, 3. PWN, Warszawa.
- Chojnicki Z. (red.) 1980. *Metody taksonomiczne w geografii*. PAN, seria Geografia, 5. PWN, Warszawa.
- Chojnicki Z. 1989. Koncepcja terytorialnego systemu społecznego. *Przegląd Geograficzny*, 60, 3: 491–510.
- Chojnicki Z. 1999. *Podstawy metodologiczne i teoretyczne geografii*. Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań.

- Chojnicki Z. 2010. Koncepcje i studia metodologiczne i teoretyczne w geografii. Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań.
- Chojnicki Z., Czyż T. 1972. Zmiany struktury regionalnej Polski w świetle przepływów towarowych w latach 1958–1966. KPZK PAN, Studia, 40. Warszawa.
- Chojnicki Z., Czyż T. 1973. Metody taksonomii numerycznej w regionalizacji geograficznej. PWN, Warszawa.
- Chojnicki Z., Czyż T. 1976. Some problems in the application of factor analysis in geography. *Geographical Analysis*, 8(4): 416–427.
- Chojnicki Z., Czyż T., Parysek J. J., Ratajczak W. 1978. Badania przestrzennej struktury społeczno-ekonomicznej Polski metodami czynnikowymi. PAN, seria Geografia, 2. PWN, Warszawa.
- Chojnicki Z., Czyż T., Ratajczak W. 2011. Model potencjału. Podstawy teoretyczne i zastosowanie w badaniach przestrzenno-ekonomicznych oraz regionalnych. Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań.
- Chojnicki Z., Dziewoński K. 1978. Podstawowe zagadnienia metodologiczne rozwoju geografii ekonomicznej. *Przegląd Geograficzny*, 50, 2: 205–221.
- Chojnicki Z., Marble D.F. (red.) 1973. Perspectives on spatial analysis. *Geographia Polonica*, 25.
- Churski P. 1999. Lokalne rynki pracy w województwie poznańskim w okresie transformacji społeczno-gospodarczej. Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań.
- Czyż T. 1971. Zastosowanie metody analizy czynnikowej do badania ekonomicznej struktury regionalnej Polski. IG PAN, Prace Geograficzne, 92, Wrocław.
- Czyż T. 1973. Zastosowanie metod i modeli matematycznych w geografii polskiej. *Przegląd Geograficzny*, 45, 1: 29–49.
- Czyż T. 1978. Metody generalizacji układów przestrzennych. PAN, seria Geografia, 1. PWN, Warszawa.
- Czyż T., (red.) 1996. Podstawy regionalizacji geograficznej. Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań.
- Czyż T. 2012. Powstanie szkoły metodologii geografii (1961–1984). [W:] *Dzieje nauk geograficznych i geologicznych na Uniwersytecie w Poznaniu*. T. 1. Wydawnictwo PTPN, Poznań, s. 185–188.
- Czyż T., Hauke J. 2010. Nierówności regionalne w Polsce. [W:] W. Ratajczak, K. Stachowiak (red.), *Gospodarka przestrzenna społeczeństwu*. T. 1. Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań, s. 13–31.
- Czyż T., Hauke J. 2015. Entropy in regional analysis. *Quaestiones Geographicae*, 34, 4: 69–78.
- Czyż T., Kotkowski B. 1987. Zastosowanie analizy Q do badania struktury systemu regionalnego. *Przegląd Geograficzny*, 59, 3: 219–258.
- Czyż T., Ratajczak W. 1986. Mathematical methods in economic geography. *Concepts and Methods in Geography*, 1: 99–126.
- Fotheringham A.S. 1997. Trends in quantitative methods. I. Stressing the local. *Progress in Human Geography*, 21: 88–96.
- Fotheringham A.S. 1998. Trends in quantitative methods. II. Stressing in computational. *Progress in Human Geography*, 22, 2: 283–292.
- Fotheringham A.S., Brundson Ch., Charlton M. 2007. *Quantitative geography. Perspectives in spatial data analysis*. Sage Publication, London.
- Garrison W. 1956. Applicability of statistical inference in geographical research. *Geographical Review*, 46: 427–429.
- Gould P. 1975. Mathematics in geography: conceptual revolution or new tool? *International Social Science Journal*, 2: 303–328.
- Janowski B. 1908. O odległościach jako czynnika kultury. *Archiwum Naukowe*, 4, 2. Lwów.
- Kamiński Z. 1982. *Przestrzenna dyfuzja innowacji rolniczych*. UAM, seria Geografia, 25. Poznań.
- Kossowski T. 2006. Modelowanie struktury sieci transportowej regionu wielkopolskiego. Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań.
- Krzyśko M., Łukaszonek W., Ratajczak W., Wołyński W. 2018. Nonlinear principal components analysis for geographical weighted temporal-spatial data. *Folia Oeconomica, Acta Universitatis Lodziensis*, 4(337): 169–181.
- Maćkiewicz A., Ratajczak W. 1993. Principal components analysis. *Computers and Geosciences*, 19, 3: 303–342.
- Maćkiewicz A., Ratajczak W. 1996. Wyznaczanie rozmytych granic regionalnych. [W:] T. Czyż (red.), *Podstawy regionalizacji geograficznej*. Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań, s. 97–125.

- Maćkiewicz B. 2007. Rynek nieruchomości niezabudowanych w Poznaniu i powiecie poznańskim w latach 1995–2000. Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań.
- Maćkowiak H. 2003. Zmiany przestrzenno-strukturalne w handlu zagranicznym Polski. Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań.
- Parysek J.J. 1982. Modele klasyfikacji w geografii. UAM, seria Geografia, 31. Poznań.
- Perdał R. 2018. Zastosowanie analizy skupień i lasów losowych w klasyfikacji gmin w Polsce na skali poziomu rozwoju społeczno-gospodarczego. *Metody Ilościowe w Badaniach Ekonomicznych*, 19, 3: 263–273.
- Ratajczak W. 1980. Analiza i modele wpływu czynników społeczno-gospodarczych na kształtowanie się sieci transportowych. PAN, seria Geografia, 5. PWN, Warszawa.
- Ratajczak W. 1988. Metodologiczne aspekty fraktalnego modelowania rzeczywistości. UAM, Poznań.
- Ratajczak W. 1999. Modelowanie sieci transportowych. UAM, seria Geografia, 60. Poznań.
- Ratajczak W. 2013. Obiekty, struktury i procesy przestrzenne. Analiza fraktalna. Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań.
- Rogacki H. 1988. Czynniki koncentracji przemysłu w Polsce. UAM, seria Geografia, 41. Poznań.
- Rogacki H. (red.) 2001. Koncepcje teoretyczne i metody badań geografii społeczno-ekonomicznej i gospodarki przestrzennej. Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań.
- Rogacki H. (red.) 2002. Możliwości i ograniczenia zastosowań metod badawczych w geografii społeczno-ekonomicznej i gospodarce przestrzennej. Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań.
- Rogacki H. (red.) 2003. Problemy interpretacji wyników metod badawczych stosowanych w geografii społeczno-ekonomicznej i gospodarce przestrzennej. Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań.
- Stachowiak K. 2018. Zasoby przestrzeni publicznej w miastach polskich na tle miast europejskich. *KPZK PAN, Biuletyn*, 271: 93–124.
- Stryjakiewicz T. 1988. Czynniki lokalizacji i funkcjonowania przemysłu rolno-spożywczego oraz jego struktura przestrzenna w regionie poznańskim. UAM, seria Geografia, 36. Poznań.

Role of the Poznań geographical centre in the implementation of mathematical methods and models in socio-economic geography

Abstract: The article is composed of three parts. The first part is an introductory description of relations between methods of research and the development of geography as a science and covers the issue of a methodological breakthrough related to the quantification of geography. The second section outlines the progress in the development of the quantitative direction in global geography. The third part includes the description of the activities, achievements and the role of the Poznań socio-economic geographical centre in the particular phases of the mathematisation of geography.

Key words: scientific methods, quantification of geography, quantitative direction in global and Polish geography, Poznań scientific school