

Małgorzata Sej-Kolasa

METODY TAKSONOMICZNE W BADANIACH ŚRODOWISKA NATURALNEGO

1. Wstęp

Wzrostowi dobrobytu materialnego społeczeństw towarzyszy zwiększające się zagrożenie dla ludzkiego zdrowia, stanu ekosystemów i zasobów naturalnych. Ocena efektywności wszelkich działań zmierzających do poprawy stanu środowiska naturalnego wymaga kompleksowej i wiarygodnej informacji o stanie środowiska oraz o warunkach i tendencjach w jego kształtowaniu. Decydenci różnych szczebli, politycy w równym stopniu ponoszą odpowiedzialność za bezrobocie, ochronę zdrowia, jak i za jakość środowiska. Problemy te przenikają się wzajemnie.

Ochrona środowiska jest problemem interdyscyplinarnym. Badaniem otaczającej nas rzeczywistości zajmuje się wiele dyscyplin naukowych, stosujących często różne metody badawcze. System społeczno-gospodarczy tworzy wraz ze środowiskiem naturalnym zwartą całość. Elementy systemu społeczeństwo–gospodarka–środowisko oddziałują na siebie oraz są od siebie wzajemnie uzależnione.

Jednym z istotniejszych symptomów złożoności zjawisk ekonomiczno-ekologicznych jest konieczność zastosowania do ich opisu dużej liczby cech diagnostycznych. W literaturze fachowej trudno jest znaleźć definicję pojęcia zjawiska złożonego. K. Kukula [2000] określa zjawisko złożone jako abstrakcyjny twór obrazujący stan jakościowy bezpośrednio niemierzalny rzeczywistych obiektów, opisywany przez pewną liczbę (większą od jeden) zmiennych diagnostycznych.

Cechy diagnostyczne opisujące badany problem zmieniają się pod wpływem różnorodnych czynników, w tym także czynników o charakterze losowym, a ponadto są od siebie wzajemnie uzależnione, dlatego właśnie możemy mówić o wielowymiarowości systemu społeczeństwo–gospodarka–środowisko.

Szczególnie przydatne do przestrzennych badań dotyczących środowiska i jego ochrony wydają się metody taksonomiczne. Taksonomia jest bowiem dziedziną wielowymiarowej analizy porównawczej, której przedmiotem zainteresowania są zasady i metody porównywania, tj. porządkowania i klasyfikacji obiektów wielowymiarowych w przestrzeni cech. Celem artykułu jest syntetyczne omówienie metod taksonomicznych oraz wskazanie na użyteczność tych metod w badaniach dotyczących środowiska naturalnego i jego ochrony.

Nazwa „taksonomia” pochodzi od dwóch greckich określeń: *taksis* (układ, porządek) i *nomos* (prawo) i oznacza naukę o zasadach porządkowania i klasyfikacji. Od dawna porządkowanie i klasyfikowanie stanowiły jeden z podstawowych elementów zdobywania wiedzy o otaczającym człowieka świecie. Pierwsze próby porządkowania o wyraźnie taksonomicznym charakterze pojawiły się w naukach biologicznych i właśnie na gruncie biologii sformułowano podstawowe postulaty, jakim powinna odpowiadać taksonomia. Za R.R. Sokalem i P.H. Sneathem można je określić następująco:

- 1) najlepszą taksonomią jest taka, w której dana wyodrębniona klasa zawiera największą ilość informacji i opiera się na możliwie największej liczbie cech,
- 2) każda cecha ma równą *a priori* wagę przy tworzeniu naturalnej klasy,
- 3) ogólne podobieństwo obiektów w zbiorze jest funkcją podobieństwa według wszystkich uwzględnionych cech,
- 4) odrębną klasę można tworzyć na podstawie odmiennego charakteru zależności między obiektami należącymi do różnych klas,
- 5) podobieństwo między obiektami badane jest bez uwzględniania historycznych zmian obiektów [Becla, Zielińska 2003].

W taksonomii upatrywano bardzo ważnej formy aktywności badawczej. W.S. Jevons sformułował kilka postulatów logicznych, które należy brać pod uwagę w trakcie procedury klasyfikacyjnej:

- 1) klasyfikacja jest elementarną przesłanką wszelkich rozważań leżących u podstaw wiedzy,
- 2) wyodrębnione grupy powinny umożliwiać dokonywanie uogólnień indukcyjnych,
- 3) każda klasyfikacja powinna być dokonywana na podstawie jednoznacznie określonych kryteriów,
- 4) najbardziej wartościowa jest taka klasyfikacja, która jest zgodna z systemem naturalnym (odpowiada jak największej liczbie celów),
- 5) każda klasyfikacja jest związana z polem obserwacji, co oznacza, że istnieje wiele systemów klasyfikacji badanego zjawiska¹.

¹ <http://www-gap.dcs.st-and.ac.uk/~history/Mathematicians/Jevons.html>, por. też [Becla, Zielińska 2003].

2. Metody taksonomiczne – podstawowe informacje

Metody taksonomiczne znalazły zastosowanie w przestrzennych, porównawczych badaniach społeczno-ekonomicznych. Modelowanie zjawisk ekonomiczno-ekologicznych z zastosowaniem metod taksonomicznych może być krokiem na drodze do ich wyjaśnienia, przewidywania i sterowania nimi.

Podstawowe zagadnienia, które powinny być wzięte pod uwagę przy kompleksowej analizie obiektów ekologicznych², obejmują jakość środowiska, stopień wdrożenia zasad ekorozwoju oraz jakość życia. W każdym z tych obszarów można wyróżnić odmienne jakościowo zjawiska ekonomiczno-ekologiczne, stanowiące odrębne kryteria porównań obiektów ekologicznych.

Ze względu na cel prowadzonego badania metody taksonomiczne można podzielić następująco (por. [Nowak 1990; Grabiński, Wydymus, Zeliaś 1983]):

1. Metody porządkowania obiektów:
 - a) porządkowanie liniowe – rzutowanie przestrzeni wielowymiarowej na prostą,
 - b) porządkowanie nieliniowe – rzutowanie przestrzeni wielowymiarowej na płaszczyznę.
2. Metody grupowania badanych obiektów:
 - a) grupowanie bezpośrednie – uzyskanie grup obiektów bez przesuwania tych obiektów między grupami na kolejnych etapach grupowania,
 - b) grupowanie iteracyjne – wstępny podział na grupy obiektów, wybór funkcji kryterium „dobroci” grupowania, wybór zasady przesuwania obiektów pomiędzy grupami, pozwalającej uzyskiwać coraz większą „dobroć” grupowania, ustalenie reguły kończącej iterację.
3. Metody wyboru reprezentantów obiektów oraz zmiennych diagnostycznych:
 - a) opierające się na macierzy odległości między porównywanymi obiektami,
 - b) opierające się na macierzy współczynników korelacji pomiędzy potencjalnymi cechami diagnostycznymi.
4. Metody konstrukcji agregatowych (syntetycznych) zmiennych diagnostycznych:
 - a) wzorcowe, wymagające zdefiniowania wzorca rozwoju i opierające się na wyznaczaniu odległości badanych obiektów od wzorca,
 - b) bezwzorcowe, nie wymagające definiowania wzorca rozwoju.

Badanie wykorzystujące metody taksonomiczne przebiega w następujących etapach:

1. Sformułowanie celu analizy (wstępnych hipotez badawczych).
2. Określenie zakresu merytorycznego, terytorialnego i czasowego badań, a w szczególności wyspecyfikowanie elementów zbioru obiektów oraz zbioru cech wyjściowych.

² W niniejszym opracowaniu obiektem ekologicznym będziemy nazywać wszelkie obiekty poddawane badaniu taksonomicznemu, a będące elementami systemu społeczeństwo–gospodarka–środowisko.

3. Zebranie kompletnych, aktualnych, istotnych i wiarygodnych danych statystycznych³:
 - ustalenie źródeł danych i zebranie danych źródłowych,
 - doprowadzenie danych do wzajemnej porównywalności,
 - eliminacja obserwacji o skrajnych poziomach,
 - interpolacja brakujących informacji.
4. Analiza statystyczna danych wejściowych:
 - wyznaczenie i analiza parametrów opisowych (miary przeciętne, miary dyspersji, miary asymetrii, miary koncentracji),
 - ocena stopnia i kierunku współzależności między zmiennymi wyjściowymi.
5. Dobór optymalnego podzbioru zmiennych diagnostycznych:
 - wyeliminowanie zmiennych quasi-stałych,
 - wyeliminowanie zmiennych skorelowanych,
 - ustalenie końcowej listy zmiennych.
6. Porządkowanie i grupowanie obiektów w przestrzeni cech:
 - wybór algorytmów klasyfikacji,
 - ustalenie metryk odległości,
 - określenie sposobu normalizacji i agregacji zmiennych,
 - realizacja obliczeń.
7. Analiza i interpretacja wyników, sformułowanie wniosków końcowych.

Procedura badania taksonomicznego wymaga przede wszystkim określenia przedmiotu i przestrzeni porządkowania i/lub klasyfikacji oraz dokładnego określenia celu badania.

3. Przedmiot i przestrzeń badania taksonomicznego

Podstawową kategorią występującą w analizie taksonomicznej jest obiekt. W badaniach dotyczących środowiska rodzaj obiektów poddawanych analizie zależy od poziomu zarządzania ochroną środowiska. W Polsce zarządzanie środowiskiem jest realizowane na trzech poziomach administracyjnych: rządu, administracji szczebla wojewódzkiego oraz administracji szczebla lokalnego (powiatowego i gminnego). Trzem poziomom zarządzania odpowiadają zbiory obiektów: kraj (w przypadku porównań międzynarodowych), województwa, powiaty i gminy.

Zarządzanie ochroną środowiska odbywa się nie tylko na poziomie obiektów wynikających z podziału administracyjnego kraju. Przedmiotem badania mogą być także inne grupy obiektów, np. przedsiębiorstwa czy obszary chronione.

Wszystkie procesy zachodzące w środowisku, tak jak w całej gospodarce, odbywają się w czasie. Zmienność w czasie zjawisk ekonomiczno-ekologicznych

³ O pomiarze ilości i jakości informacji statystycznej czytaj w pracy M. Sej-Kolasy [2002].

powoduje konieczność dynamicznej analizy porównawczej obiektów, obserwowania przebiegu zjawisk ekonomiczno-ekologicznych w różnych okresach. Analiza źródeł informacji dotyczących środowiska wskazuje, że okresami tymi powinny być wybrane lata, gdyż taki jest zasadniczy cykl udostępniania informacji ekologicznej⁴. Badanie dynamiczne umożliwia uwzględnienie zmian i wahań występujących w przebiegu zjawisk ekonomiczno-ekologicznych przy ocenie stanu środowiska. Badania porównawcze powinny mieć charakter analizy przekrojowo-dynamicznej, będącej najpełniejszą formą wielowymiarowej analizy porównawczej.

Specyficzną właściwością systemu ekonomiczno-ekologicznego jest także wielorakie uwarunkowanie działań dotyczących środowiska i jego ochrony. To powoduje, że nie jest możliwa analiza porównawcza zbioru obiektów ekologicznych w jednej, jakościowo jednorodnej przestrzeni cech, lecz konieczne jest prowadzenie jej jednocześnie w wielu przestrzeniach zmiennych, odpowiadających różnym zjawiskom ekonomiczno-ekologicznym. Zjawiska te są wzajemnie powiązane, niezmiennie istotne jest więc określenie przestrzeni badania taksonomicznego (klasyfikacji), czyli zbioru własności (cech diagnostycznych) najpełniej opisujących badane obiekty.

Od właściwego doboru tych cech zależą ostateczne wyniki badania: trafność ocen i analiz, dokładność przewidywań, a co za tym idzie, trafność podejmowanych na ich podstawie decyzji. Zestaw cech diagnostycznych powinien być tak sporządzony, by w sposób możliwie pełny charakteryzował najważniejsze aspekty badanego zjawiska. Zazwyczaj mamy do czynienia z taką sytuacją, że poszczególne cechy mają różną wartość informacyjną z punktu widzenia analizowanego problemu. Podstawowym kryterium oceny przydatności różnych wielkości powinny być ich wartości merytoryczne, zależne od celu badania. Należy pamiętać, że badania taksonomiczne przeprowadzone na podstawie zbioru cech nie zawierającego najbardziej istotnych charakterystyk badanego zjawiska nie posiadają większych wartości poznawczych i mogą doprowadzić do błędnej oceny rzeczywistości.

Wykorzystywane w badaniach taksonomicznych źródła informacji powinny zapewniać możliwie pełną porównywalność danych w układzie przestrzennym i czasowym; jako źródło informacji o największych zasobach informacyjnych na poziomie regionalnym i lokalnym proponuje się Bank Danych Regionalnych⁵.

Bank Danych Regionalnych (BDR) jest uporządkowanym zbiorem informacji o sytuacji społeczno-gospodarczej, demograficznej, społecznej i środowiskowej,

⁴ Szczegółową analizę źródeł informacji ekologicznej oraz sposobów jej udostępniania zawiera opracowanie M. Sej-Kolasy [2002].

⁵ Informacje na temat budowy i zasobów informacyjnych Banku Danych Regionalnych zawarte są m.in. w [Opracowanie modelu... 2001; Sej-Kolasa 2002].

opisującym województwa, powiaty oraz gminy jako podmioty systemu organizacji społecznej i terytorialnej państwa. Zakres podmiotowy BDR jest wypadkową identyfikacji użytkowników oraz analizy ich potrzeb; o zakresie BDR zdecydował przede wszystkim podział administracyjny kraju (gmina jako podstawowa jednostka terytorialnego podziału kraju i siedziba władz samorządu).

Baza danych tworzona na potrzeby BDR została zbudowana w postaci katalogu cech. Katalog cech jest zbiorem danych standardowych (prostych), umożliwia wyliczenie szeregu wartości pochodnych (złożonych) – istnieje więc możliwość tworzenia modułów pochodnych. Organizacja Banku umożliwia tworzenie agregatów danych oraz zapewnia możliwość ich dezagregacji w układzie czasowym i przestrzennym.

Celem badań taksonomicznych może być porządkowanie zbioru obiektów lub podziału (grupowanie) zbioru. W porządkowaniu zbioru obiektów ze względu na poziom wyróżnionych zjawisk wykorzystuje się taksonomiczne mierniki rozwoju, będące zmiennymi syntetycznymi, konstruowanymi na podstawie szczegółowych cech diagnostycznych. Zastosowanie mierników syntetycznych umożliwia numeryczny opis zjawiska złożonego za pomocą jednej wielkości.

Klasyfikacja porównywanych obiektów polega na podziale zbioru obiektów na grupy typologiczne obiektów podobnych ze względu na poszczególne kryteria lub wyodrębnieniu zwartych przestrzennie regionów. Podstawą klasyfikacji są zazwyczaj odległości między porównywanymi obiektami, stanowiące miary ich podobieństwa. Możliwe jest także przeprowadzenie klasyfikacji obiektów na podstawie utworzonych uprzednio mierników syntetycznych.

Należy pamiętać, że porządkowanie czy grupowanie obiektów nie jest celem samym w sobie. Zweryfikowane wyniki badania taksonomicznego powinny być przedmiotem merytorycznej analizy, głównym bowiem celem porządkowania czy wyodrębnienia grup obiektów podobnych jest ułatwienie takiej analizy i jej uwiatrygodnienie.

Literatura

- Becla A., Zielińska A. (2003), *Elementy statystyki i metod ilościowych*, I-Bis, Wrocław.
- Grabiński T., Wydymus S., Zeliaś A. (1983), *Metody prognozowania rozwoju społeczno-gospodarczego*, PWE, Warszawa.
- Kukuła K. (2000), *Metoda unitaryzacji zerowanej*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- Nowak E. (1990), *Metody taksonomiczne w klasyfikacji obiektów społeczno-gospodarczych*, PWE, Warszawa.
- Opracowanie modelu wdrożeniowego wskaźników zrównoważonego rozwoju na poziomie lokalnym w ramach Banku Danych Regionalnych (2001), Ministerstwo Środowiska, Warszawa.
- Sej-Kolasa M. (2002), *Podstawy zarządzania informacją o środowisku*, AE, Wrocław.

TAXONOMIC METHODS FOR NATURAL ENVIRONMENT RESEARCH

Summary

An indispensable tool for managing the environment is the possibly most detailed and most accessible information. Society-economy-environment system is described by many diagnostic features. The objective of this article is to emphasise the particular usefulness of the taxonomic methods for environmental research.

Dr inż. Małgorzata Sej-Kolasa jest pracownicą Katedry Ekonometrii i Informatyki Akademii Ekonomicznej we Wrocławiu.