

# Darya Filatova

---

## Aspekty metodologiczne dynamicznych metod ilościowych w badaniach społecznych: budowa modeli

---

Studia Pedagogiczne. Problemy Społeczne, Edukacyjne i Artystyczne 23, 25-33

---

2014

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](http://bazhum.muzhp.pl), gromadzącej zawartość polskich czasopism humanistycznych i społecznych.

Tekst jest udostępniony do wykorzystania w ramach dozwolonego użytku.

## Aspekty metodologiczne dynamicznych metod ilościowych w badaniach społecznych: budowa modeli

The methodological aspects of dynamics quantitative methods in social sciences: the model selection

### Wprowadzenie

Często badacz jest zainteresowany ustaleniem prawidłowości zachodzących w obiekcie badań. Do osiągnięcia tego stosuje się różne podejścia analizy obiektu<sup>1</sup>. W zależności od upodobań badacza może być to podejście naturalistyczne, systemowe lub redukcyjne<sup>2</sup>. Wspólną cechą każdego z nich jest zastępowanie obiektu subiektywnym modelem, który pozwala na wyjaśnienie istotnych cech obiektu badań. Każdy taki model jest z różnych powodów uproszczeniem rzeczywistości.

Opisując społeczeństwo jako system mówi się, między innymi, o działaniach celowych i ukierunkowanych, wykorzystywane są sprzężenia zwrotne i procesy informacyjne<sup>3</sup>. Przy modelowaniu każdego procesu zachodzącego w społeczeństwie często trzeba w specyficzny sposób opisać procedury obróbki uzyskanej informacji<sup>4</sup>. Wiąże się to nie tylko z tym, że te procesy mogą być dostatecznie długotrwałe i złożone z powodu ilości informacji funkcjonującej w systemie, ale również z tym, że

<sup>1</sup> A. A. Самарский, А. П. Михайлов, *Математическое моделирование*, Москва 2001, s. 320.

<sup>2</sup> Н. Моисеев, *Математические задачи системного анализа*, Москва 1981, s. 488.

<sup>3</sup> В. В. Лебедев, *Математическое моделирование социально – экономических процессов*, Москва 1997, s. 224.

<sup>4</sup> A. M. Salama, *Knowledge and Design: People-Environment Research for Responsive Pedagogy and Practice*, "Procedia – Social and Behavioral Sciences" 2012, nr 49, pp. 8–27.

człowiek, będący elementem systemu społecznego, na podstawie dostępnej informacji podejmuje decyzję, która w odróżnieniu od reakcji systemu technicznego lub biologicznego, może nie mieć refleksywnego charakteru<sup>5</sup>. Mając to na uwadze, stwierdzenie „*każde działanie powoduje reakcję*” nie jest do końca prawdziwe, ponieważ każda decyzja nie jest jednoznaczna i wymaga uwzględnienia wielu subiektywnych czynników<sup>6</sup>. Te uwarunkowania nie wyczerpują wszystkich trudności budowy modeli opisujących funkcjonowanie społeczeństwa<sup>7</sup>.

Każdy system społeczny w postaci dowolnej grupy ludzi posiada własne cele i środki do ich osiągnięcia. Interesy poszczególnych grup mogą bardzo się różnić. W skrajnym przypadku interesy te mają antagonistyczny charakter. Adekwatny opis dowolnego procesu zachodzącego w społeczeństwie wymaga umiejętności rozróżnienia złożonych interesów pełnych antagonizmów<sup>8</sup>. Cele różnych grup są związane z ich homeostazą, tj. ze zdolnością stabilnego utrzymywania parametrów wewnętrznych systemu, i dlatego można mówić o wspólnotach homeostatycznych nie mających jakiegokolwiek refleksywności<sup>9</sup>.

Analizując współczesne trendy badań społecznych koniecznym jest opis społeczeństwa pozwalający uwzględnić nierefleksyjną dynamikę jego rozwoju<sup>10, 11</sup>. Dotychczasowe ilościowe metody badań pedagogicznych i społecznych nie pozwalają na osiągnięcie takiego celu. Z tego wynika konieczność podania zasad doboru modeli dynamicznych systemów nierefleksyjnych oraz sposobów ich analizy.

---

<sup>5</sup> М. Ф. Романов, М. П. Федоров, *Математические модели в экологии*, Санкт-Петербург 2001, с. 232.

<sup>6</sup> L. Ezechil, *Social Pedagogy – A New Paradigm in Romanian School Education?*, “Procedia – Social and Behavioral Sciences” 2013, nr 76, pp. 336–340.

<sup>7</sup> I. Somerville, A. Purcell, F. Morrison, *Public relations education in a divided society: PR, terrorism and critical pedagogy in post-conflict Northern Ireland*, “Article Public Relations Review” 2011, nr 37 (5), pp. 548–555.

<sup>8</sup> А. Г. Ивахненко, *Индуктивный метод самоорганизации моделей сложных систем*, Киев 1982, с. 296.

<sup>9</sup> Ю. В. Косачев, *Экономико-математические модели эффективности финансово-промышленных структур*, Москва 2004, с. 247.

<sup>10</sup> A. M. Salama, *Knowledge and Design: People-Environment Research for Responsive Pedagogy and Practice*, “Procedia – Social and Behavioral Sciences” 2012, nr 49, pp. 8–27.

<sup>11</sup> M. Walsh, *Narrative pedagogy and simulation: Future directions for nursing education*, “Nurse Education in Practice” 2011, nr 11(3), pp. 216–219.

## Problemy opisu obiektów badań

Analiza zachowania się wielu układów dynamicznych, do których zaliczamy systemy społeczne i zachodzące w nich procesy, pozwala prognozować tendencje ich rozwoju i podejmować odpowiednie decyzje dotyczące zarządzania nimi<sup>12</sup>. Takie decyzje każdorazowo związane są z ryzykiem popełnienia błędów, ponieważ zachowanie się realnego obiektu charakteryzuje się pewną nieokreślonością<sup>13,14</sup>. Zastosowanie klasycznych metod teoretycznych dla wykrycia i objaśnienia istoty badanego zjawiska z określoną dokładnością nie zapewnia rozwiązania postawionego zadania. W związku z tym powstaje konieczność budowy modelu konceptualnego opartego na takich cechach obiektu badań, jak<sup>15</sup>:

- duża ilość elementów składowych (cech) i powiązań pomiędzy nimi o nierozpoznanej strukturze,
- charakterystyki ilościowe i jakościowe,
- brak pełnej informacji o oddziaływaniu środowiska zewnętrznego,
- błędy w otrzymanych danych.

Obiekt badania posiadający wyżej wymienione cechy będziemy nazywać *obiektem stochastycznym*.

Po zbudowaniu modelu konceptualnego można przystąpić do budowy modelu przybliżonego charakteryzującego się wymaganym stopniem podobieństwa i adekwatnego do celów badania sformułowanych przez subiekta (rys. 1). Model ten powinien spełniać antagonistyczne wymagania: najdokładniej odwzorowywać podstawowe własności obiektu, przy tym brać pod uwagę obowiązujące normy etyczne<sup>16</sup>.

Stosując ogólnie przyjęte podejście analizy systemowej do opisu systemów nierefleksywnych, dynamikę dowolnego systemu społecznego charakteryzują sygnał wejściowy  $X_{input}$  i sygnał wyjściowy  $X_{output}$ . Celowo nie używa się termi-

---

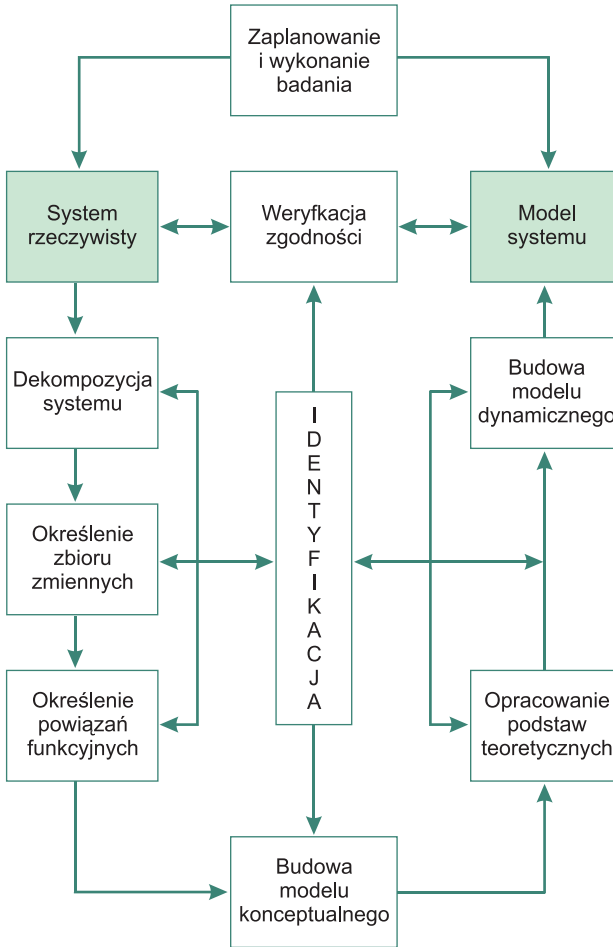
<sup>12</sup> M. Suditu, *Students' Professional Values Perception Inventory – Important Dimensions of Career Orientation*, "Procedia – Social and Behavioral Sciences" 2012, nr 69, pp. 1993–1997.

<sup>13</sup> Y. M. Terry-McElrath, P. M. O'Malley, L. D. Johnston, *Simultaneous alcohol and marijuana use among US high school seniors from 1976 to 2011: Trends, reasons, and situations*, "Drug and Alcohol Dependence" 2013, nr 133 (1), pp. 71–79.

<sup>14</sup> В. В. Лебедев, *Математическое моделирование социально – экономических процессов*, Москва 1997, с. 224.

<sup>15</sup> А. Г. Ивахненко, *Долгосрочное прогнозирование и управление сложными системами*, Киев 1975, с. 312.

<sup>16</sup> А. Г. Ивахненко, *Системы эвристической самоорганизации в технической кибернетике*, Киев 1971, с. 372.



Rys. 1. Schemat doboru modelu obiektu

nów „zmienna zależna” i „zmienna niezależna” dopóki nie zostanie wykonany zaplanowany eksperyment badawczy w oparciu o wyniki którego będzie można scharakteryzować zbiór zmiennych (rys. 1)<sup>17, 18</sup>. Sygnały  $X_{input}$  i  $X_{output}$  umożliwiają opis systemu poprzez następujące wyrażenie logiczne

$$\text{System} \subset X_{input} \times X_{output} \quad (1)$$

<sup>17</sup> М. Ф. Романов, М.П. Федоров, *Математические модели в экологии*, Санкт-Петербург 2001, с. 232.

<sup>18</sup> В. Г. Репин, Г.П. Тартаковский, *Статистический синтез при априорной неопределенности и адаптация информационных систем*, Москва 1977, с. 432.

Wyrażenie (1) jest punktem wyjścia do opisu dynamiki procesów charakteryzujących obiekt badań. W tym celu wprowadza się pojęcie stanu obiektu  $S$  będącego zestawem wartości cech określających jednoznacznie kolejne zmiany w systemie. Wtedy zmiany w czasie  $t$  można zapisać jako:

$$S(t + \Delta t) = T(t) \cdot S(t), \quad (2)$$

gdzie  $\Delta t$  – przyrost czasu,  $T(t)$  – model systemu.

Jeśli model  $T(t)$  jest znany to pojawia się możliwość prognozowania stanów obiektu badań, czyli opisu dynamiki systemu.

Kolejnym krokiem jest wybór postaci modelu matematycznego systemu<sup>19</sup>. Modelem matematycznym  $M$  będzie pewien zbiór stanów systemu  $S^*$  z zadanymi w nim relacjami  $R$ :

$$M = \langle S^*, R \rangle = \langle S^*, \{r_1, \dots, r_n\} \rangle, \quad (3)$$

gdzie  $S^*$  – zbiór stanów systemu,  $S \in S^*$ ,  $R$  – zbiór relacji pomiędzy stanami systemu, gdzie relacje stanowią pewien podzbiór iloczynu kartezjańskiego.

Wprowadzenie relacji w zbiorze stanów pozwala na wykrycie powiązań w systemie i na ich strukturyzację. Pod pojęciem struktury systemu rozumie się ustalone relacje pomiędzy cechami opisującymi system. Wtedy pierwsze przybliżenie modelu matematycznego systemu dynamicznego (3) można zapisać jako

$$M = \langle S(t), C \rangle, \quad (4)$$

gdzie  $S(t)$  – struktura systemu w postaci zbioru tworzących go cech i zależności pomiędzy nimi;  $C$  – zbiór wartości parametrów liczbowych systemu.

Rozwiązanie zadania formalizacji modelu matematycznego obiektu jest związane z wyborem

- zestawu cech, opisujących model konceptualny i powiązań wzajemnych pomiędzy nimi (wybór struktury),
- matematycznego przedstawienia wybranego modelu konceptualnego,
- metody wyznaczenia parametrów modelu.

---

<sup>19</sup> А. Г. Ивахненко, Й. А. Мюллер, *Самоорганизация прогнозирующих моделей*, Киев 1985, с. 225.

Powyższe problemy stanowią zadanie strukturalno-parametrycznej syntezy modelu matematycznego. Mimo to, że zadanie to jest szeroko znane obecnie może być ono rozwiązane za pomocą bardzo ograniczonego zestawu metod matematycznych.

## Wybór postaci modelu matematycznego

Badacz posiada ograniczone możliwości analizowania i przewidywania zachodzących w społeczeństwie procesów, ponieważ reakcja społeczeństwa na zachodzące zmiany zawsze jest nie jednoznaczna. W takiej sytuacji wykorzystanie modelu matematycznego ze sprzężeniem zwrotnym, często stosowanego w technice i biologii, nie jest adekwatne. Do opisu procesów społecznych wykorzystuje się wyniki identyfikacji parametrycznej modeli matematycznych otrzymane na podstawie przeprowadzonych eksperymentów. Nieokreśloności zachowania społeczeństwa, z którymi przychodzi się spotykać badaczom, prowadzą do konieczności budowy specjalnych modeli matematycznych oraz technik ich analizy<sup>20</sup>.

Wybierając model matematyczny trzeba pamiętać o tym, że w naukach społecznych ma on służyć nie tylko do otrzymania dokładnych charakterystyk ilościowych badanego procesu, ale przede wszystkim do otrzymania ocen dopuszczalnych granic działań badacza lub tendencji rozwoju badanego procesu. Tenże model musi pozwolić na strukturalizację i uogólnienie wyników podobnych badań. Uwzględniając cele badań społecznych, można wprowadzić następujący podział modeli matematycznych, opisujących dynamikę procesów społecznych:

- modele bez sterowania, które służą do prognozowania zachowania społeczeństwa<sup>21, 22, 23</sup>;

---

<sup>20</sup> Л. С. Лэсдон, *Оптимизация больших систем*, Москва 1975, с. 432.

<sup>21</sup> S. K. Berdibayeva, A. M. Kalmatayeva, S. A. Tulebayeva, *Research of Formation of Personal-Professional Capacities at Higher Education Institutes Students of Pedagogical Specialties*, "Procedia – Social and Behavioral Sciences" 2012, nr 69 (24), pp. 1174–1177.

<sup>22</sup> M. Hofer, C. Kuhnle, B. Kilian, S. Fries, *Cognitive ability and personality variables as predictors of school grades and test scores in adolescents*, "Learning and Instruction" 2012, nr 22 (5), pp. 368–375.

<sup>23</sup> N. Özer, K. Beycioglu, *The relationship between teacher professional development and burnout*, "Procedia – Social and Behavioral Sciences" 2010, nr 2(2), pp. 4928–4932.

- modele ze sterowaniem, które służą do optymalnego ukierunkowania zachodzących zmian zgodnie z wybranym kryterium<sup>24, 25</sup>;
- modele sytuacji antagonistycznych, które mogą być wykorzystane do rozwiązywania konfliktów lub ich zapobieganiu<sup>26, 27, 28, 29</sup>.

Obiekt stochastyczny charakteryzuje się niejednoznacznością odpowiedzi  $X_{\text{output}}$  na jeden i ten sam sygnał wyjściowy  $X_{\text{input}}$ , co powoduje nierefleksyjność. Nawet dla najprostszego obiektu stochastycznego na deterministyczny sygnał wejściowy  $X_{\text{input}}$  zmienna wyjściowa  $X_{\text{output}}$  nie jest zmienną zdeterminowaną a stochastyczną. Rozrzut tej zmiennej zależy od stopnia nierefleksyjności obiektu. Dlatego nieokreśloność zachowania się takiego obiektu można wyjaśnić wpływem zakłóceń, co prowadzi do braku pełnej informacji a priori o układzie.

Analogicznie jak przy badaniu dynamicznych obiektów deterministycznych, analiza obiektów stochastycznych w wielu wypadkach opiera się na modelach matematycznych w postaci układu równań różniczkowych. Jednym ze sposobów zbudowania dynamicznego modelu stochastycznego obiektu jest przekształcenie odpowiedniego modelu deterministycznego pozwalające włączyć do modelu stochastyczność obiektu poprzez wprowadzenie<sup>30</sup>:

- losowych warunków początkowych;
- losowych funkcji niejednorodności;
- losowych współczynników.

---

<sup>24</sup> I. Nyklíček, V. J. Pop, *Past and familial depression predict current symptoms of professional burnout*, "Journal of Affective Disorders" 2005, nr 88(1), pp. 63–68.

<sup>25</sup> R. Rodrigues, D. Guest, *Alexandra Budjanovcanin, From anchors to orientations: Towards a contemporary theory of career preferences*, "Journal of Vocational Behavior" 2013, nr 83 (2), pp. 142–152.

<sup>26</sup> C. Harber, *Review essay: Education in and after violent conflict: Stability and the status quo or transformation and peace?*, "International Journal of Educational Development" 2013, nr 33 (2), pp. 213–216.

<sup>27</sup> M. Hofer, S. Schmid, S. Fries, F. Dietz, M. Clausen, H. Reinders, *Individual values, motivational conflicts, and learning for school*, "Learning and Instruction" 2007, nr 17(1), pp. 17–28.

<sup>28</sup> S. B. Özgülük, Ö. Erdur-Baker, *Gender and grade differences in children's alternative solutions to interpersonal conflict situations*, "Procedia – Social and Behavioral Sciences" 2010, nr 5, pp. 511–514.

<sup>29</sup> G. D. Pflum, Robert D. Brown, *The effects of conflict, quality, and time on small group information use and behavior in evaluative decision makingsituations*, "Evaluation and Program Planning" 1984, nr 7 (1), pp. 35–43.

<sup>30</sup> A. A. Самарский, А.П. Михайлов, *Математическое моделирование*, Москва 2001, с. 320.



Rozważmy taką możliwość. Niech obiekt badania obserwowany w czasie  $t \in [t_0, t_1]$  charakteryzuje się sygnałem wyjściowym  $X$  z wartością początkową  $X(t_0) = X_0$ . Model stanu obiektu  $M$  będzie opisany równaniami różniczkowymi zwyczajnymi

$$\frac{dX}{dt} = f(X, t), \quad (5)$$

gdzie  $X$  można uznać za zmienną zależną,  $t$  jest zmienną niezależną,  $f(X, t)$  jest funkcją o nieznannej postaci, która pokazuje trend rozwoju badanego układu,  $dx/dt$  jest przyrostem sygnału wyjściowego w czasie  $dt$ . Do odzwierciedlenia nierefleksywności systemu społecznego do modelu (5) należy wprowadzić następujące zmiany

$$dX = f(X, t) dt + g(X, t) dB_t, \quad (6)$$

gdzie  $g(X, t)$  jest funkcją o nieznannej postaci, która opisuje różnorodność reakcji systemu na zachodzące zmiany,  $B_t$  jest nieznanym procesem stochastycznym,  $dB_t$  jest przyrostem procesu stochastycznego.

Model (6) opisuje dynamikę większości procesów społecznych. W matematyce jest on nazywany stochastycznym równaniem różniczkowym<sup>31</sup> i wymaga określenia postaci funkcji  $f(X, t)$  i  $g(X, t)$  oraz wyboru typu procesu stochastycznego  $B_t$ . Po uzyskaniu takich informacji na podstawie danych (najczęściej statystycznych) można dokonać identyfikacji parametrów modelu (4) i zweryfikować zgodność systemu rzeczywistego z jego modelem. Taką procedurę można powtarzać aż do uzyskania zadawalającej badacza zgodności (rys. 1).

## Podsumowanie

W pracy uzasadniono niezbędność wprowadzenia teoretycznych podstaw dynamicznych metod ilościowych w badaniach społecznych. Szczególną uwagę skupiono na obiekcie badania. Wprowadzono pojęcie stochastycznego obiektu badania jako uogólnienia złożonych procesów społecznych. Do opisanego dynamiki stochastycznego obiektu badania zaproponowano stochastyczne równa-

<sup>31</sup> B. Oksendal, *Stochastic Differential Equations*, New York 1998, pp. 332.

nie różniczkowe. Uniwersalność tego modelu pozwala na opisanie szerokiego spektrum zagadnień społecznych. Jest to kluczowy aspekt w budowie metodologii dynamicznych metod ilościowych w badaniach społecznych i pedagogicznych. Samo badanie dynamiki procesów jest to tylko pierwszy krok badań. Następny polega na tym, aby w świetle dynamiki coraz to bardziej złożonych zmian społecznych zaproponować nowe metody badawcze do zrealizowania wyznaczonych celów badania oraz sformułowania łańcuch rozwiązań biorąc pod uwagę międzydyscyplinarność problemów badawczych.

## STRESZCZENIE

W pracy uzasadnia się konieczność opracowania podstaw metodologicznych dynamicznych metod ilościowych, które mają służyć do badania coraz to bardziej złożonych procesów społecznych. Wprowadza się pojęcie stochastycznego obiektu badania. Na podstawie analizy typowych celów badań społecznych do opisu dynamicznego modelu stochastycznego obiektu zaproponowano stochastyczne równanie różniczkowe.

**SŁOWA KLUCZOWE:** metody ilościowe; stochastyczny obiekt badań; metodologia badań.

## SUMMARY

This paper motivates the necessity of the dynamics qualitative methods methodological backgrounds development. These methods have to face to the complexity of the social processes nature. A concept of a stochastic object is introduced. Taking into account the typical research objectives a stochastic differential equation is selected as a dynamics model of a stochastic object.

**KEY WORDS:** quantitative methods; stochastic object; methodology

DARYA FILATOVA – Uniwersytet Jana Kochanowskiego w Kielcach

e-mail: [daria\\_filatova@interia.pl](mailto:daria_filatova@interia.pl)

Data przysłania do redakcji: 17.02.2013

Data recenzji: 04.02.2014

Data akceptacji do publikacji: 05.03.2014