

10. Инновационное развитие социо-экономических систем на основе методологий предвидения и когнитивного моделирования. Коллективная монография / Под ред. Г.В. Гореловой, Н.Д. Панкратовой. Киев: «Наукова Думка», 2015. 464 с.
11. Ибрагимова П.И., Дадаева Б.Ш. Качество жизни населения как основной показатель социально-экономического развития страны // Современные тенденции в образовании и науке. Тамбов, 2013. С. 74–76.
12. Кисуркин А.А. Качество жизни населения: региональные социально-экономические аспекты. Абакан: ГОУ ВПО «Хакасский государственный университет им. Н.Ф. Катанова», 2010. 216 с.
13. Козлова Т.Н. Качество жизни населения как важный показатель состояния общества. Материалы всероссийской научно-практической конференции «Экономика и менеджмент: проблемы и перспективы развития». Махачкала: МавраевЪ, 2012. С. 165–175.
14. Кульба В.В., Кононов Д.А., Ковалевский С.С., Косяченко С.А., Нижегородцев Р.М., Чернов И.В. Сценарный анализ динамики поведения социально-экономических систем. М.: ИПУ РАН, 2002. 122 с.
15. Моделирование систем и процессов: учебник для академического бакалавриата / В. Н. Волкова, Г. В. Горелова, В. Н. Козлов и др. Под ред. В. Н. Волковой, В. Н. Козлова. М.: Изд-во Юрайт, 2014. 592 с.
16. Программа для когнитивного моделирования и анализа социально-экономических систем регионального уровня. Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ № 2018661506 от 07.09.2018.
17. Roberts F.S. Graph Theory and its Applications to Problems of Society. Philadelphia, PA: Society for Industrial and Applied Mathematics, 1978.
18. Филюков И. А. Качество жизни населения как показатель эффективности социально-экономического управления в регионе: дис. ... канд. социол. наук: спец. 22.00.08. М.: Российская академия государственной службы при Президенте Российской Федерации, 2009. 174 с.

УДК 004.942

doi:10.18720/SPVPU/2/id20-201

*Исмиханов Заур Намединович,*  
канд. экон. наук, доцент, декан

## **СИСТЕМА ВЗАИМОЗАВИСИМЫХ УРАВНЕНИЙ КАК ИНСТРУМЕНТ КОГНИТИВНОГО АНАЛИЗА СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Дагестанский государственный университет», Махачкала, Россия,  
zaur\_7979@mail.ru

*Аннотация.* Статья посвящена изучению особенностей построения систем взаимозависимых уравнений как метода выявления структуры связей и зависимостей между показателями развития социально-экономической системы для решения задач организационного управления и прогнозирования. Система взаимозависимых уравнений в работе рассматривается как один из важных этапов анализа сложных ситуаций, выявления

причинно-следственных связей между различными показателями развития социально-экономической системы, построения когнитивной карты. В рамках такой системы может быть проведена оценка количественных взаимосвязей показателей развития системы, а также получить статистически значимые идентифицируемые структурные модели взаимосвязи показателей развития изучаемой системы, позволяющие оценивать прогнозные значения эндогенных показателей в зависимости от изменения экзогенных. Результаты построения моделей могут быть применены при разработке когнитивных карт для анализа и прогнозирования поведения сложной социально-экономической системы.

**Ключевые слова:** когнитивная карта, структурная форма модели, проблема идентификации, прогнозирование, статистическая значимость, система взаимозависимых уравнений, причинный анализ.

**Zaur A. Ismikhhanov,**

Candidate of Economic Sciences, Associate Professor

## **SYSTEM OF INTERDEPENDENT EQUATIONS AS AN INSTRUMENT OF COGNITIVE ANALYSIS OF SOCIO-ECONOMIC SYSTEMS**

Dagestan State University, Makhachkala, Russia,

zaur\_7979@mail.ru

**Abstract.** The article is devoted to the study of the features of constructing systems of interdependent equations as a method for identifying the structure of relations and dependencies between the indicators of the development of a socio-economic system for solving organizational management and forecasting problems. The system of interdependent equations in the work is considered as one of the important stages of the analysis of complex situations, the identification of cause-effect relationships between various indicators of the development of the socio-economic system, and the construction of a cognitive map. The paper assesses the quantitative relationships of agricultural development indicators in the regions based on interdependent equations. We obtained statistically significant identifiable structural models of the relationship between indicators of agricultural development, allowing us to estimate the predicted values of endogenous indicators depending on changes in exogenous ones. The results of building models can be applied in the development of cognitive maps for analysis and prediction of the behavior of a complex socio-economic system.

**Keywords:** cognitive map, structural form of the model, identification problem, forecasting, statistical significance, system of interdependent equations, causal analysis.

### **Введение**

На современном этапе развития российского общества особенно актуальными становятся проблемы, связанные с методами организационного управления и прогнозирования поведения сложных социально-экономических систем [1, 2]. В связи с этим особую значимость приобретает применение формализованных методов анализа структуры, поведения таких систем для принятия эффективных управленческих решений [3].

В последние годы хорошо зарекомендовали себя когнитивные технологии исследования сложных организационных систем и





$$\begin{cases} Y_1 = \delta_{11} * X_1 + \delta_{12} * X_2 + \mu_1, \\ Y_2 = \delta_{21} * X_1 + \delta_{22} * X_2 + \mu_2, \end{cases} \quad (4)$$

где  $\delta_{11}, \delta_{12}, \delta_{21}, \delta_{22}$  – параметры приведенной формы модели;

$Y_1, Y_2$  – эндогенные (зависимые) переменные;

$X_1, X_2$  – экзогенные (предопределенные) переменные;

$\mu_1, \mu_2$  – случайная компонента.

Вопросы построения структурных моделей сталкиваются с проблемой идентификации, когда необходимо найти единственное решение оценки структурных коэффициентов на основе приведенных параметров. Необходимо, чтобы было соблюдено важное условие, когда количество структурных коэффициентов не было больше числа коэффициентов приведенной модели. В случае нарушения этого условия говорим о невозможности оценки структурных коэффициентов и построения структурной модели.

Проверка идентификации структурной модели подразумевает проверку каждого уравнения. Мы говорим об идентифицируемой структурной модели, когда каждое уравнение является идентифицируемым. В таблицах 1 и 2 приведены алгоритмы проверки идентифицируемости каждого уравнения структурной модели по необходимому и достаточному условиям.

Таблица 1

**Алгоритм проверки необходимого условия идентифицируемости структурной модели**

Уравнение	Входные данные проверки идентификации	Счетные правила идентифицируемости	Вывод
Номер уравнения	$H$ – число эндогенных переменных в уравнении; $D$ – число экзогенных переменных модели, не входящих в данное уравнение.	$D+1=H$	Идентифицируемо
		$D+1>H$	Сверхидентифицируемо
		$D+1<H$	Неидентифицируемо

Таблица 2

**Алгоритм проверки идентифицируемости структурной модели (достаточное условие)**

Уравнение	Переменная / коэффициенты	Входные данные проверки идентификации	Проверка условия	Вывод
	$X_j$			
Номер уравнения	$a_{ij},$ $i = \overline{1, n}, j = \overline{1, m}$	$A = (a_{ij})$ – матрица коэффициентов при переменной $X_j$ ; $P$ – число эндогенных переменных модели без одного.	$\det A =  a_{ij}  \neq 0$ и $r(A) = P$ .	Идентифицируемо

Полученные в результате такого анализа модели можно изобразить в виде схемы причинно-следственных связей (рис. 1), которая похожа по своей форме когнитивную карту (модель). По сути, она и есть когнитивная карта (модель), поскольку по ней можно определить цепочки причинно-следственных связей между различными переменными.



Рис. 1 Структурная модель (система одновременных уравнений)

### Заключение

В работе было изучено возможности систем взаимозависимых уравнений как инструмента причинного анализа структуры сложных организационных систем. Подобный анализ является значимым этапом моделирования тенденций поведения изучаемого объекта или системы на основе когнитивных карт. Система взаимозависимых уравнений позволяет описывать структурные связи между различными показателями системы, оценить количественные характеристики их взаимовлияния. Это можно применить для прогнозирования траектории развития эндогенных (зависимых) показателей структурной модели в зависимости от изменения экзогенных (предопределенных).

### Список литературы

1. Горелова Г.В., Захарова Е.Н., Гинис Л.А. Когнитивный анализ и моделирование устойчивого развития социально-экономических систем. Ростов н/Д.: Изд-во Рост. ун-та, 2005. 288 с.
2. Горелова Г.В., Захарова Е.Н., Радченко С.А. Исследование слабоструктурированных проблем социально-экономических систем: когнитивный подход. Ростов н/Д.: Изд-во РГУ, 2006. 332 с.
3. Исмиханов З.Н., Магомедбеков Г.У. Исследование современных экологических, социальных и экономических проблем устойчивого развития региона: когнитивный подход // Юг России: экология, развитие. 2017. Т. 12. № 4. С. 46–56.
4. Исмиханов З.Н. Идентифицируемые регрессионные модели взаимосвязи показателей развития сельского хозяйства в регионах // Региональная экономика: теория и практика. 2020. Т. 18. Вып. 7, июль 2020. С. 1357–1373.