

УДК 519.7

DOI: 10.35330/1991-6639-2021-4-102-73-79

JEL: C81, C83

К ВОПРОСУ МОДЕЛИРОВАНИЯ ОПТИМАЛЬНЫХ ПРОГРАММ УСТОЙЧИВОГО СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ РЕГИОНА

Д.А. КАНАМЕТОВА

Институт прикладной математики и автоматизации –
филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр
«Кабардино-Балкарский научный центр Российской академии наук»
360000, КБР, г. Нальчик, ул. Шортанова, 89 А
E-mail: ipma@niipma.ru

В настоящей работе предлагается метод комплексной оценки множества моделей экономического развития для выявления наиболее оптимальной из предложенных или построения оптимальной в результате синтеза и коррекции уже существующих. Данный метод основан на логико-математическом аппарате, адаптированном для решения поставленной задачи.

Ключевые слова: устойчивое развитие, программа развития, регион, данные, база знаний, предметная область, переменнo-значная логика, устойчивое развитие, классификатор программы экономического развития.

Поступила в редакцию 19.07.21

Для цитирования. Канаметова Д.А. К вопросу моделирования оптимальных программ устойчивого социально-экономического развития региона // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2021. № 4(102). С. 73-79.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время существует множество определений термина «устойчивое развитие» для социальной, экономической и экологической систем. В современной литературе данный термин означает выбор стратегии, которая может обеспечить баланс между сохранением окружающей среды и экономическим развитием таким образом, чтобы удовлетворять жизненные потребности нынешнего поколения людей без лишения будущих поколений такой возможности [1].

Модели управления региональным развитием априори сводятся к решению задач математического моделирования и охватывают широкий класс как устойчивых, так и неустойчивых задач, которые принято формулировать в соответствующих пространствах [2].

Задачи, связанные с оценкой программ социально-экономического развития, требуют особого подхода. Надо заметить, что отсутствие единой модели в этих вопросах приводит к разнообразию рекомендаций, которые не всегда могут оказаться согласованными. Для достижения устойчивого прогноза необходимо провести комплексную оценку природно-ресурсного потенциала и уровня экономического развития анализируемой территории, рассмотреть совокупность ранее разработанных моделей, оценить преимущество и недостатки каждой из них.

В настоящей работе предлагается метод комплексной оценки множества моделей экономического развития для выявления наиболее оптимальной из предложенных или построения оптимальной в результате синтеза и коррекции уже существующих. Данный метод основан на логико-математическом аппарате, адаптированном для решения

поставленной задачи. В рамках предлагаемого подхода каждая модель развития выступает в качестве алгоритма. Решение данной задачи состоит в построении такой оптимальной программы развития, которая включает в себя преимущества исследуемых программ экономического развития и при этом лишена их недостатков. Построенная оптимальная программа и будет выступать в качестве искомой модели оптимального развития.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Методы математической логики могут служить основой для синтеза устойчивых программ экономического развития целого ряда регионов на базе уже существующих. Это дает возможность автоматизированного построения программ развития регионов, по качеству близких к тем, которые разрабатывают группы экспертов [6].

Поскольку каждый рассматриваемый регион имеет определенный набор ресурсов, измеряемых своей шкалой развитости этого ресурса в данном регионе, то удобно кодировать каждый признак предикатами разной значности, соответствующей шкале, используемой для рассматриваемого ресурса.

Постановка задачи

Сферы развития в формальной постановке задачи будут именоваться свойствами или характеристиками объекта. Все объекты (отрасли данного региона) обладают своими характерными признаками. Например, ресурсный потенциал любого региона определяется земельными, водными, биологическими, энергетическими, трудовыми и прочими. Поскольку признаки обладают разнообразием и различными шкалами измерения, представляется удобным кодировать их переменными значными предикатами. В рамках предлагаемого подхода задачу поиска оптимальной программы развития можно сформулировать на языке математической логики.

Описание каждого региона будет представлено m -мерным вектором $X = \{x_1, x_2, \dots, x_m\}$, где m – число используемых в данном регионе ресурсов [4].

Множество заданных регионов и ресурсов, рассматриваемых для построения концепции устойчивого развития, представляют собой предметную область, на которой было рассмотрено n программ экономического развития (предлагаемых моделей развития). Для всех существующих программ экономического развития имеется экспертная оценка, которую можно представить булевой функцией, принимающей значение или плохо, или хорошо. Можно предположить, что ни одна из рассматриваемых программ экономического развития не является идеальной. Поэтому предлагается применить методы логической коррекции существующих программ для построения наиболее успешной по отношению к исследуемым регионам [3, 7].

Математическая постановка задачи

Будем рассматривать предметную область, состоящую из множества регионов и их ресурсов, а также ряд программ экономического развития A_1, A_2, \dots, A_n .

$X = \{x_1, x_2, \dots, x_m\}$, $x_i \in \{0, 1, \dots, k_r - 1\}$, где $k_r \in [2, \dots, N]$, $N \in \mathbb{Z}$ – множество ресурсов заданного региона, представленных предикатами, значность которых соответствует шкале для оценки данного ресурса; $X_i = \{x_1(y_i), x_2(y_i), \dots, x_m(y_i)\}$, $i = 1, \dots, l$ – вектор признаков региона $y_i \in Y$, $Y = \{y_1, y_2, \dots, y_l\}$ – множество регионов; $A = \{A_1, A_2, \dots, A_n\}$ – множество программ экономического развития, $a_j(X_i, y_i) \in \{0, 1\}$; $i = 1, 2, \dots, l$; $j = 1, 2, \dots, n$ – качество данной программы на заданном наборе ресурсов $X_i = \{x_1(y_i), x_2(y_i), \dots, x_m(y_i)\}$, $i = 1, 2, \dots, l$, определяемое формулой

$$a_j(y_i) = \begin{cases} 1, & A_j(X_i) = y_i \\ 0, & A_j(X_i) \neq y_i \end{cases}, \quad i=1,2,\dots,l, \quad j=1,2,\dots,n,$$

т. е.: 1 – программа развития A_j хороша для региона y_i по заданным ресурсам X_i ,
 0 – программа развития A_j не хороша для региона y_i по заданным ресурсам X_i .
 Все ранее описанное может быть представлено таблице 1.

Таблица 1

ВХОДНЫЕ ДАННЫЕ И ОЦЕНКИ ПРОГРАММЫ ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ

x_1	x_2	...	x_m	Y	A'_1	A'_2	...	A'_n
$x_1(y_1)$	$x_2(y_1)$	...	$x_m(y_1)$	y_1	$a_1(y_1)$	$a_2(y_1)$	...	$a_n(y_1)$
$x_1(y_2)$	$x_2(y_2)$	...	$x_m(y_2)$	y_2	$a_1(y_2)$	$a_2(y_2)$	...	$a_n(y_2)$
...
$x_1(y_l)$	$x_2(y_l)$	...	$x_m(y_l)$	y_l	$a_1(y_l)$	$a_2(y_l)$	...	$a_n(y_l)$

$A'_i = \{a_i(y_1), a_i(y_2), \dots, a_i(y_l)\}$, $i=1,2,\dots,n$ – вектор, представленный столбцом значений оценки качества работы программы A_j в каждом из заданных регионов.

Некоторые из заданных регионов не имеют оценки ни одной программы экономического развития. Математически это выглядит так:

$$\exists y_i \in Y | A_1(X_i) \neq y_i, A_2(X_i) \neq y_i, \dots, A_n(X_i) \neq y_i, \quad i=1,2,\dots,l, \quad j=1,\dots,n.$$

Необходимо разработать концепцию на основе уже существующих, которая обеспечит устойчивое развитие всех регионов, представленных в заданной предметной области. Т. е. найти $A_{n+1}(X_i) | A_{n+1}(X_i) = y_i$ и $A_{n+1}(X) | A_{n+1}(X) = Y$.

Функция оценки программы развития [2]

Определение: Решающим правилом назовем

$$\&_{j=1}^m x_j(y_i) \rightarrow y_i, \quad i=1,\dots,l, \quad x_j(y_i) \in \{0,1,\dots,k_i-1\}, \quad k_i \in [2,\dots,N], \quad N \in \mathbb{Z}.$$

Пусть имеется n программ экономического развития $\{A_1, A_2, \dots, A_n\}$, частично успешных на заданном множестве регионов. Для каждого заданного множества ресурсов X_i строим оценку успешности программы развития и получаем набор векторов $A'_j = \{a_j(y_1), a_j(y_2), \dots, a_j(y_l)\}$, $j=1,2,\dots,n$ в виде столбца A'_j . Получаем результат оценки программы развития на каждой заданной строке, соответствующей региону y_i , которому соответствует продукционное правило

$$\&_{s=1}^m x_s(y_i) \rightarrow y_i, \quad x_s(y_i) \in \{0,1,\dots,k_r-1\}, \quad i=1,\dots,l, \quad s=1,\dots,m.$$

Очевидна целесообразность выбора программы развития, имеющей свойства: $A_j(X_i) = y_i$, $a_j(X_i, y_i) = 1$. В случае, если хотя бы одна концепция развития нашла

решение вида $A_j(X_i) = y_i$, то $\bigvee_{j=1}^n a_j(y_i) = 1$. Если ни одна из рассматриваемых программ не сработала в регионе y_i , то $\bigvee_{j=1}^n a_j(y_i) = 0$.

Представим всю заданную область в виде решающих правил:

$$\&_{s=1}^m x_s(y_i) \rightarrow y_i, \quad i = 1, \dots, l, x_s(y_i) \in \{0, 1, \dots, k_r - 1\}, k_r \in [2, \dots, N], N \in \mathbb{Z}.$$

Для каждой программы экономического развития выберем те правила, по которым концепция успешна в данном регионе, если $\exists a_j(y_i) = 1$, то $\&_{s=1}^m x_s(y_i) \rightarrow y_i$, $i = 1, \dots, l, x_s(y_i) \in \{0, 1, \dots, k_r - 1\}, k_r \in [2, \dots, N], N \in \mathbb{Z}$.

Составим функцию, которая будет являться конъюнкцией таких правил для рассматриваемой концепции:

$$F_j(X_i) = \&_{a_j(y_i)=1} (\&_{s=1}^m x_s(y_i) \rightarrow y_i) = \&_{a_j(y_i)=1} (\overline{\bigvee_{s=1}^m x_s(y_i)} \vee y_i).$$

В результате данная булева функция может быть записана в виде СДНФ и сокращена. Для заданной программы экономического развития A_j мы получили функцию F_j , значение которой равно единице там, где данная концепция развития является устойчивой, и ноль в случае, когда концепция неустойчива.

Эта булева функция играет роль оценочного функционала качества и обладает рядом свойств [5, 11].

Добавим в предыдущую таблицу требования к устойчивости $A_{n+1}(X)$ и получим таблицу следующего вида:

РЕЗУЛЬТАТЫ

Таблица 2

ВХОДНЫЕ ДАННЫЕ И ОЦЕНОЧНАЯ ФУНКЦИЯ КОРРЕКТИРУЮЩЕЙ КОНЦЕПЦИИ

x_1	x_2	...	x_m	Y	A'_1	A'_2	...	A'_n	A'_{n+1}
$x_1(y_1)$	$x_2(y_1)$	...	$x_m(y_1)$	y_1	$a_1(y_1)$	$a_2(y_1)$	...	$a_n(y_1)$	1
$x_1(y_2)$	$x_2(y_2)$	...	$x_m(y_2)$	y_2	$a_1(y_2)$	$a_2(y_2)$	...	$a_n(y_2)$	1
...
$x_1(y_l)$	$x_2(y_l)$	...	$x_m(y_l)$	y_l	$a_1(y_l)$	$a_2(y_l)$	...	$a_n(y_l)$	1

Т. е. для $A_{n+1}(X)$ все значения $a_{n+1}(y_i) = 1, i = 1, 2, \dots, l$.

Поскольку $a_j(y_i)$ является булевой переменной, то $A'_{n+1}(A'_1, A'_2 \dots A'_n)$ – булева функция, принимающая значения 1 на всех заданных в предметной области наборах $(A'_1, A'_2 \dots A'_n)$. Запишем это в следующем виде:

$$A'_{n+1}(A'_1, A'_2 \dots A'_n) = \bigvee_{i=1}^l \&_{j=1}^n A'^{\sigma'_j}(y_i), \quad i = 1, 2, \dots, l, \quad j = 1, 2, \dots, n.$$

$$A'^{\sigma'_j}(y_i) = \begin{cases} A'_j, & a_j(y_i) = 1 \\ \overline{A'_j}, & a_j(y_i) = 0 \end{cases}$$

Понятно, что A_j' – это совокупность решающих правил, на которых программа работает, $\overline{A_j'}$ – совокупность решающих правил, на которых программа не работает.

$$A_j' = \&_{i=1}^l (\&_{s=1}^m x_s(y_i) \rightarrow y_i), \text{ когда } a_j(y_i) = 1,$$

$$\overline{A_j'} = \overline{\&_{i=1}^l (\&_{s=1}^m x_s(y_i) \rightarrow y_i)}, \text{ когда } a_j(y_i) = 0,$$

Можно записать в следующем виде:

$$A_j' = \&_{i=1}^l (\vee_{s=1}^m \overline{x_s(y_i)} \vee y_i), \text{ когда } a_j(y_i) = 1,$$

$$\overline{A_j'} = \&_{i=1}^l (\&_{s=1}^m x_s(y_i) \& \overline{y_i}), \text{ когда } a_j(y_i) = 0.$$

ОБСУЖДЕНИЕ

В работе были рассмотрены: метод, основанный на многозначных логиках предикатов, для исследования перспективности программ экономического развития, а также подходы к построению наиболее эффективной программы на основе всех рассматриваемых. Использование многозначных логик позволяет более выразительно представить возможности по ресурсам и условиям осуществления программ, а предлагаемые алгоритмы – повысить качество реализации и найти перспективные стратегии.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенного исследования можно сделать вывод о целесообразности использования математической логики для интеллектуального анализа качества программы экономического развития. Проведены синтез и коррекция уже существующих программ. Полученный результат можно применить для выработки высокоэффективных экспертных оценок и рекомендаций с целью построения оптимальной программы развития.

ЛИТЕРАТУРА

1. Канаметова Д.А. Анализ инвестиционного потенциала Кабардино-Балкарской Республики // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2019. № 4 (90). С. 46-53.
2. Канаметова Д.А. Исследование пространства качества жизни как параметра региональной социально-экономической системы // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2013. № 5(55). С. 13-16.
3. Журавлев Ю.И. Об алгебраическом подходе к решению задач распознавания или классификации // Проблемы кибернетики. 1978. Т. 33. С. 5–68.
4. Shibzukhov Z.M. Correct aggregation operations with algorithms (2014) Pattern Recognition and Image Analysis. 24 (3). Pp. 377–382. <http://www.springer.com/sgw/cda/frontpage/0,11855,1-40109-70-62708648-0,00.html>. DOI: 10.1134/S1054661814030171.
5. Лютикова Л.А. Моделирование и минимизация баз знаний в терминах многозначной логики предикатов. Препринт. Нальчик, НИИ ПМА КБНЦ РАН, 2006. 33 с.
6. Воронцов К.В. Оптимизационные методы линейной и монотонной коррекции в алгебраическом подходе к проблеме распознавания // Журнал вычислительной математики и математической физики. 2000. Т. 40, № 1. С. 166–176.
7. Журавлев Ю.И., Рудаков К.В. Об алгебраической коррекции процедур обработки (преобразования) информации // Проблемы прикладной математики и информатики. 1987. С. 187–198.

8. Svetlana A. Tumenova, Marina M. Kandrokova, Salima A. Makhosheva, Gumar H. Batov, Svetlana V. Galachieva. Organizational Knowledge and its Role in Ensuring Competitiveness of Modern Socio-Economic Systems // Revista Espacios. 2018. Vol. 39. No 26. P. 12. URL: <http://www.revistaespacios.com/a18v39n26/18392633.html>
9. Salima A. Makhosheva, Natalia Y. Rud, Marina M. Kandrokova, Magamed V. Israilov, Fatimat B. Shinahova. The paradigm of sustainable development and innovation in the region // Revista Espacios. 2018. Vol. 39. No 47. P. 28. URL: <http://www.revistaespacios.com/a18v39n47/18394728.html>
10. Mesiar R., Komornikova M., Kolesarova A., Calvo T. Aggregation Functions: A Revision Fuzzy Sets and Their Extensions: Representation, Aggregation and Models. Springer, Berlin, Heidelberg, 2008.
11. Grabich M., Marichal J.-L., Pap E. Aggregation Functions: Encyclopedia of Mathematics and Its Applications. 2009. P. 127.
12. Calvo T., Beliakov G. Aggregation functions based on penalties (2010) // Fuzzy Sets and Systems. 2010. 161 (10). Pp. 1420–1436. DOI: 10.1016/j.fss.2009.05.012.
13. Mesiar R., Komornikova M., Kolesarova A., Calvo T. Fuzzy Aggregation Functions: A revision. Sets and Their Extensions: Representation, Aggregation and Models. Springer-Verlag, Berlin, 2008.

REFERENCE

1. Kanametova D.A. *Analiz investitsionnogo potentsiala Kabardino-Balkarskoy Respubliki* [Analysis of the investment potential of the Kabardino-Balkarian Republic] // News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS. 2019. № 4 (90). Pp. 46-53.
2. Kanametova D.A. *Issledovaniye prostranstva kachestva zhizni kak parametra regional'noy sotsial'no-ekonomicheskoy sistemy* [Study of the quality of life space as a parameter of the regional socio-economic system] // News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS. 2013. No. 5(55). Pp. 13-16.
3. Zhuravlev Yu.I. *Ob algebraicheskom podkhode k resheniyu zadach raspoznavaniya ili klassifikatsii* [On an algebraic approach to solving recognition or classification problems] // Problems of cybernetics. 1978. Vol. 33. Pp. 5–68.
4. Shibzukhov Z.M. Correct aggregation operations with algorithms (2014) Pattern Recognition and Image Analysis. 24 (3). Pp. 377-382. <http://www.springer.com/sgw/cda/frontpage/0,11855,1-40109-70-62708648-0,00.html>". DOI: 10.1134/S1054661814030171.
5. Lyutikova L.A. *Modelirovaniye i minimizatsiya baz znaniy v terminakh mnogoznachnoy logiki predikatov* [Modeling and minimization of knowledge bases in terms of multivalued predicate logic]. Preprint-Nalchik, Research Institute of Applied Mathematics and Automation of KBSC RAS, 2006. 33 p.
6. Vorontsov K.V. *Optimizatsionnyye metody lineynoy i monotonnoy korrektsii v algebraicheskom podkhode k probleme raspoznavaniya* [Optimization methods of linear and monotonic correction in an algebraic approach to the recognition problem] // Zhurnal vychislitel'noy matematiki i matematicheskoy fiziki [Journal of Computational Mathematics and Mathematical Physics]. 2000. Vol. 40. № 1. Pp. 166–176.
7. Zhuravlev Yu.I., Rudakov K.V. *Ob algebraicheskoy korrektsii protsedur obrabotki (preobrazovaniya) informatsii* [On algebraic correction of information processing (transformation) procedures] // Problemy prikladnoy matematiki i informatiki [Problems of Applied Mathematics and Computer Science]. 1987. Pp. 187–198.
8. Svetlana A. Tumenova, Marina M. Kandrokova, Salima A. Makhosheva, Gumar H. Batov, Svetlana V. Galachieva. Organizational Knowledge and its Role in Ensuring Competitiveness of Modern Socio-Economic Systems // Revista Espacios. 2018. Vol. 39. No 26. P. 12. URL: <http://www.revistaespacios.com/a18v39n26/18392633.html>

9. Salima A. Makhosheva, Natalia Y. Rud, Marina M. Kandrokova, Magamed V. Israilov, Fatimat B. Shinahova. The paradigm of sustainable development and innovation in the region // Revista Espacios. 2018. Vol. 39, No 47. P. 28. URL: <http://http://www.revistaespacios.com/a18v39n47/18394728.html>

10. Mesiar R., Komornikova M., Kolesarova A., Calvo T. Aggregation Functions: A Revision Fuzzy Sets and Their Extensions: Representation, Aggregation and Models. Springer, Berlin, Heidelberg, 2008.

11. Grabich M., Marichal J.-L., Pap E. Aggregation Functions: Encyclopedia of Mathematics and Its Applications. 2009. P. 127.

12. Calvo T., Beliakov G. Aggregation functions based on penalties (2010) // Fuzzy Sets and Systems. 2010. 161 (10). Pp. 1420–1436. DOI: 10.1016/j.fss.2009.05.012.

13. Mesiar R., Komornikova M., Kolesarova A., Calvo T. Fuzzy Aggregation Functions: A revision. Sets and Their Extensions: Representation, Aggregation and Models. Springer-Verlag, Berlin, 2008.

ON THE ISSUE OF MODELING OPTIMAL PROGRAMS FOR SUSTAINABLE SOCIO-ECONOMIC DEVELOPMENT OF THE REGION

D.A. KANAMETOVA

Institute of Applied Mathematics and Automation –
branch of the FSBSE «Federal Scientific Center
«Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences»
360000, KBR, Nalchik, 89 A Shortanov str.
E-mail: ipma@niipma.ru

In this paper, we propose a method for a comprehensive assessment of a variety of models of economic development to identify the most optimal of the proposed ones or to build the optimal one as a result of synthesis and correction of existing ones. This method is based on a logical and mathematical apparatus adapted to solve the problem.

Keywords: sustainable development, development program, region, data, knowledge base, subject area, variable-valued logic, classifier of the economic development program.

Received by the editors 19.07.21

For citation. Kanametova D.A. On the issue of modeling optimal programs for sustainable socio-economic development of the region // News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS. 2021. No. 4 (102). Pp. 73-79.

Сведения об авторе:

Канаметова Дана Асланбиевна, к.э.н, н.с. лаборатории синергетических проблем Института прикладной математики и автоматизации – филиала Кабардино-Балкарского научного центра РАН.
360000, КБР, г. Нальчик, ул. Шортанова, 89 А.
E-mail: danocha_999@mail.ru

Information about the author:

Kanametova Dana Aslanbievna, Candidate of Economics, researcher at the Laboratory of Synergetic Problems, Research Institute of Applied Mathematics and Automation of KBSC RAS.
360000, KBR, Nalchik, 89 A Shortanov str.
E-mail: danocha_999@mail.ru