

УДК 338.2
JEL: E02, E60, O10, O30

DOI: 10.18184/2079-4665.2018.9.2.222-231

Информационное моделирование процессов развития на основе системного анализа «узких мест»

Николай Иванович Комков¹, Артем Алексеевич Лазарев²,
Владимир Сергеевич Романцов³

¹⁻³Институт народнохозяйственного прогнозирования Российской академии наук, Москва, Россия
117418, Москва, Нахимовский проспект, д. 47

E-mail: komkov_ni@mail.ru; romantsov@ecfor.ru

Поступила в редакцию: 15.01.2018; одобрена: 11.04.2018; опубликована онлайн: 28.06.2018

Аннотация

Цель: Цель представленного исследования заключается в расширении возможностей применения информационно-логических моделей для анализа прогнозирования «узких мест» и количественной оценки способов их устранения в развитии социально-экономических систем.

Методология проведения работы: Проведение данного исследования базируется на использовании основных принципов, свойств и правил построения поэтапных информационно-логических моделей решения сложных проблем. Их развитие предполагает введение количественных оценок способов снижения негативного потенциала «узких мест» и сопоставление ожидаемых результатов их устранения с исходным состоянием.

Результаты работы: Авторами настоящей статьи представлен способ аналитического направленного поиска и устранения «узких мест» процессов развития сложных систем, который основан на использовании правил построения информационно-логических моделей. Количественный анализ возможностей уменьшения потенциала выявленных «узких мест» предполагает построение линейного графа на основе информационно-логической модели, а также расчет интегральных оценок ожидаемой компенсации исходного потенциала «узких мест».

Выводы: Разработанный способ аналитического представления возможностей устранения «узких мест» в развитии социально-экономических систем применим для анализа перспектив устранения «узких мест» на основе построения схемы полного цикла принятия решения. Апробация представленного подхода на примере анализа известных проблемных ситуаций показала, что предложенный инструментальный позволяет априори оценивать результативность предлагаемых механизмов, имитировать их расширение и эффективность с точки зрения влияния на конечный результат. Это увеличивает возможности поиска эффективных решений сложных научно-технологических и социально-экономических проблем, а кроме того, будет весьма полезным при экспертизе различных проектов и программ.

Ключевые слова: информационно-логическая модель, проблема, проблемная ситуация, «узкие места», прогнозирование, развитие

Благодарность. Статья подготовлена на основе научных исследований, выполненных при финансовой поддержке гранта Российского научного фонда (проект №14-38-00009). Программно-целевое управление комплексным развитием Арктической зоны РФ. Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

Для цитирования: Комков Н. И., Лазарев А. А., Романцов В. С. Информационное моделирование процессов развития на основе системного анализа «узких мест» // МИР (Модернизация. Инновации. Развитие). 2018. Т. 9. № 2. С. 222–231. DOI: 10.18184/2079-4665.2018.9.2.222-231

© Комков Н. И., Лазарев А. А., Романцов В. С., 2018

Information Modeling of Development Processes based on the System Analysis of “Bottlenecks”

Nikolai I. Komkov¹, Artem A. Lazarev², Vladimir S. Romantsov³

¹⁻³Institute of Economic Forecasting of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation
47, Nakhimovsky prospect, Moscow, 117418

E-mail: komkov_ni@mail.ru; romantsov@ecfor.ru

Submitted 15.01.2018; revised 11.04.2018; published online 28.06.2018

Abstract

Purpose: the purpose of the presented research is to expand the possibilities of using information-logical models for the analysis of forecasting "bottlenecks" and quantitative assessment of ways to eliminate them in the development of socio-economic systems.

Methods: the implementation of this research is based on the use of basic principles, properties and rules of construction of phased information-logical models for solving complex problems. Their development involves the introduction of quantitative assessments of ways to reduce the negative potential of "bottlenecks" and comparing the expected results of their elimination with the initial state.

Results: the authors presented a method of analytical directed search and elimination of "bottlenecks" in the development of complex systems. This method is based on the use of rules for building information-logical models. A quantitative analysis of the potential for reducing the potential of identified "bottlenecks" assumes the construction of a linear graph based on the information-logical model, as well as the calculation of integral estimates of the expected compensation of the initial potential of "bottlenecks".

Conclusions and Relevance: the developed method of analytical representation of the possibilities of eliminating "bottlenecks" in the development of socio-economic systems is applicable for the analysis of the prospects of eliminating "bottlenecks" on the basis of building a scheme of a full cycle of decision-making. Testing of the presented approach on the example of analysis of known problem situations showed that the proposed tools allow a priori to evaluate the effectiveness of the proposed mechanisms, simulate their expansion and effectiveness in terms of impact on the final result. This increases the possibilities for finding effective solutions to complex scientific, technological and socio-economic problems. In addition, it will be very useful in the examination of various projects and programs.

Keywords: information-logical model, problem, problem situation, "bottlenecks", forecasting, development

Acknowledgments. The article is based on research carried out with financial support from a grant from the Russian Science Foundation (project no. 14-38-00009). Program-objective management of integrated development of the Arctic zone of the Russian Federation. Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University

For citation: Komkov N. I., Lazarev A. A., Romantsov V. S. Information Modeling of Development Processes based on the System Analysis of "Bottlenecks". *MIR (Modernizatsiia. Innovatsii. Razvitie) = MIR (Modernization. Innovation. Research)*. 2018; 9(2):222–231. DOI: 10.18184/2079-4665.2018.9.2.222–231

Введение

Исследование состояния сложных социально-экономических проблем предполагает проведение анализа с использованием количественных и качественных (содержательно заданных) данных, а также целей анализа и применяемых критериев оценки. С точки зрения процессов развития, важное значение при анализе имеют так называемые «узкие места», препятствующие сложившимся процессам развития.

Исследование «узких мест», проблемных ситуаций и проблем является начальным звеном анализа процессов развития сложных систем, к которым относятся производственно-экономические объекты и комплексы, социально-экономические системы, технические и природно-экологические системы, и др. В качестве инструмента исследования начального этапа и прогнозирования процессов развития могут быть использованы информационно-логические модели (ИЛМ) целевого управления решением проблем.

Обзор литературы и исследований. Основы и базовые принципы построения информационно-логических моделей целевого управления решением проблем изложены в работах Р. Акофф и Ф. Эмери; С.А. Оптнера; Г.Г. Балаян, Г.Г. Жариковой и Н.И. Комкова [1–3]. Эти модели обеспечивают возможности целевой структуризации процессов решения проблем в виде моделей принятия решений [4] удобным для количественного анализа использовании аппарата теории графов [5].

Материалы и методы. Представленное исследование опирается на применение основных прин-

ципов, правил и свойств построения поэтапных ИЛМ решения сложных проблем. В частности, использовано выделение основных компонент процессов (по крайней мере, начальной и конечной компоненты, характеризующих начальное и конечное состояние процесса), определение логических отношений между ними и установление порядка формирования содержания этих компонент.

Последующая доработка информационно-логических моделей конкретных объектов позволяет перейти к сетевым моделям процессов развития, а введение временных и стоимостных оценок работ дает возможность получения количественных оценок этих процессов.

Результаты исследования

При подготовке прогнозов среднесрочного и долгосрочного развития важно не только получить информацию о состоянии исследуемых процессов и систем, но также, с учетом закономерностей развития, получать в концентрированном виде информацию о наличии «узких мест» в развитии, проблемных ситуаций и трудностей в их устранении, образующих трудноразрешимые проблемы.

Недостатки в развитии системы предпочтительно рассматривать в виде порядковой шкалы (рис. 1), где:

- «Узкое место» – препятствие увеличению производительности (пропускной способности, объема выпуска, росту качества, повышению производительности труда, системы), устранимое известными способами;
- Проблемная ситуация – совокупность препятствий («узких мест») увеличению производитель-

ности системы, устранимых только на основе модернизации с использованием известных инновационных решений и технологий;

- Проблема – совокупность препятствий (проблемных ситуаций) увеличению производительности системы, росту качества, повышению производительности труда, неустранимых на основе известных способов и модернизации производства, и требующих разработки новых способов, основанных на инновационных решениях и новых технологиях.

Увеличение сложности и масштабов недостатков в развитии системы и несвоевременное их устранение приводит к накоплению «узких мест» и их превращению в проблемные ситуации, а затем в проблемы, устранимые только на основе инновационных решений и новых технологий. Если использовать предложенную классификацию недостатков, то «узкие места» в развитии отечественной экономики в 90-х годах (т.е. низкий ВВП, отсутствие валютных запасов и др.) были устранимы в основном за счет увеличения добычи и экспорта углеводородов. В начале XXI века восстановление промышленного потенциала было возможно путем модернизации отечественной экономики на основе импорта технологий, что не было достигнуто из-за отсутствия необходимой правительственной поддержки и высоких мировых цен на углеводороды, доходы от экспорта которых

поддерживали экономический рост. Следовательно, период первого десятилетия XXI века ознаменовался накоплением проблемных ситуаций, которые не были своевременно разрешены, а с 2014 года Россия вынуждена была решать совокупность проблемных ситуаций, т.е. проблем, решение которых возможно только на основе инноваций и новых технологий.

В качестве общего подхода к построению ИЛМ поиска решения проблем развития может быть использовано четыре компонента:

P – проблема (problem);

C – причины ее формирования (cause);

W – способ (way);

R_W – ожидаемый результат (result).

Порядок поиска ожидаемого результата вполне очевиден:

$$P > C > W > R_W, \quad (1)$$

где $>$ – символ предшествования.

Одноуровневое представление ИЛМ в виде (1) не всегда удобно для поиска способа устранения «узких мест», решения проблемных ситуаций и проблемы в целом, а сама проблема на первом этапе построения ИЛМ часто представляется совокупностью «узких мест» или проблемных ситуаций, т.е.

$$P_S = \bigcup_{i=1}^m P_S^i, \quad (2)$$

где P^i – i -я проблемная ситуация;

m – множество номеров проблемных ситуаций и «узких мест»;

P_s – s -я проблема.

На втором этапе для устранения «узких мест» и (или) проблемных ситуаций формируется состав причин, порождающих «узкие места» и проблемные ситуации:

$$C_\alpha = \bigcup_{J=1}^N C_\alpha^J, \quad (3)$$

где C_α^J – J -я причина, формирующая α -ю проблемную ситуацию.

Полнота и достоверность перечня сформированных



Разработано авторами

Рис. 1. Схема взаимосвязей недостатков, «узких мест», проблемных ситуаций и проблем

Developed by the authors

Fig. 1. Scheme of interrelations of shortcomings, “bottlenecks”, problem situations and problems

причин возникновения «узких мест» и проблемных ситуаций зависит от квалификации экспертов-аналитиков в области поиска известных способов (в том числе, и за счет импорта) исследуемых проблемных ситуаций.

Затем формируется состав возможных способов W_k устранения k -й причины возникновения проблемных ситуаций:

$$W_k = \bigcup_{h=1}^H W_k^h, \tag{4}$$

где W_k^h – h -й способ устранения k -й причины;

h – множество номеров способов устранения k -й причины.

Так же, как и при определении причин, формирование способов устранения препятствий при отсутствии достоверных банков данных о прогнозах и способах определяется экспертами, а их результативность может быть оценена на заключительном четвертом этапе, где находится состав и содержание ожидаемых результатов процесса поиска решения исследуемой проблемы:

$$R_n = \bigcup_{g=1}^G R_n^g, \tag{5}$$

где R_n^g – g -й ожидаемый результат и использования n -го (или нескольких) способа устранения причины (или причин) возникновения проблемной (или проблемных) ситуации.

Перечисленные в (1) компоненты взаимосвязаны так, что они образуют ориентированный граф $\Gamma = \Gamma(S, U)$, без циклов и петель, где S – множество вершин, U – множество дуг. Начальным вершинам графа могут быть присвоены некоторые действительные числа, соответствующие значимости, «весу» каждой проблемной ситуации. Дуга, ведущая из какой-либо проблемной ситуации в связанную с ней вершину, соответствующую определенной причине, означает долю переноса потенциала исходной вершины в соседнюю с ней. Оценки потенциала исходных начальных вершин нормируются:

$$S_{li} = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M \bar{S}_{li}, \tag{6}$$

$$S_{li}^c = \frac{\bar{S}_{li}}{\sum_{j=1}^M \bar{S}_{lj}}. \tag{7}$$

Если первоначально заданные оценки \bar{S}_{li} потенциала различны, то, \bar{S}_{li} – нормированная средняя оценка, S_{li}^c – нормированная средневзвешенная оценка.

Для вершин, исходящих в более чем в одну смежную вершину, оценка потенциала, переносимого в смежную с ней вершину, находится в соответствии с устанавливаемым весом для каждой входящей, либо прямо пропорциональна числу вершин, связанных с исходной. Так, для вершин, изображенных на рис. 3, оценки входящего потенциала находятся как:

$$P_{i+1} = \frac{1}{2} P_i f_{i+1}, \tag{8}$$

$$P_{i+2} = \frac{1}{2} P_i f_{i+2} \tag{9}$$

либо:

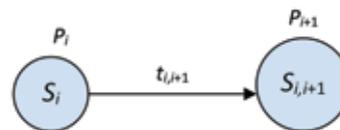
$$P_{i+1} = \alpha_i P_i f_{i+1}, \tag{10}$$

$$P_{i+2} = \beta_i P_i f_{i+2}, \tag{11}$$

$$\alpha_i + \beta_i = 1,0, \tag{12}$$

где $f_{i,i+1}$ – доля переноса потенциала по дуге $(i, i+1)$.

Можно предположить, что $0 \leq f_{i,i+1} \leq 1,0$.

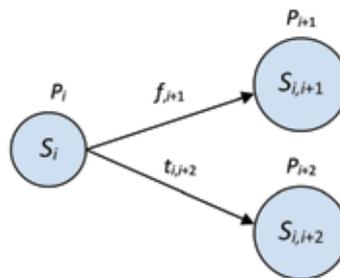


Разработано авторами

Рис. 2. Взаимосвязи одной исходящей и одной входящей вершины

Developed by the authors

Fig. 2. The interrelations of one outgoing and one incoming vertex



Разработано авторами

Рис. 3. Взаимосвязи одной исходящей и двух входящих вершин

Developed by the authors

Fig. 3. The interrelations of one outgoing and two incoming vertices

Возможно расширение аналитического потенциала модели за счет включения временного параметра

тра, и расчета переноса потенциала предшествующей вершины в смежную с ней за определенный промежуток времени. Тогда вместо (6) – (9) будем иметь:

$$P_{i+1}(t_{i+1,j+2}) = P_i(t_i) f_{i,j+1}(t_{i,j+1}), \quad (13)$$

$$P_{i+1}(t_{i,j+1}) = \frac{1}{2} P_i(t_i) f_{i,j+1}(t_{i,j+1}), \quad (14)$$

$$P_{i+1}(t_{i,j+2}) = \frac{1}{2} P_i(t_i) f_{i,j+2}(t_{i,j+2}). \quad (15)$$

При использовании экспертных оценок переноса потенциала временной фактор также может быть учтен путем уменьшения или увеличения значения первоначальных оценок, задаваемых без учета временного фактора.

Оценки потенциала смежных с начальными вершинами, связанных с каждой из них одной дугой, вычисляются как:

$$S_{2q} = \frac{1}{N} \sum_{r=1}^N S_{1r} f_{1r}, \quad (16)$$

а интегральные оценки вершин третьего уровня находятся как:

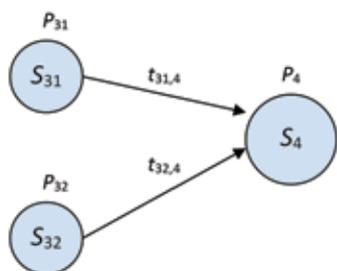
$$S_{3q} = \frac{1}{H} \sum_{h=1}^H S_{2h} f_{2h}, \quad (17)$$

где N и H – множество номеров дуг, входящих в вершины 2-го и 3-го уровней соответственно.

Пользуясь соотношениями (8) – (17) можно найти интегральные оценки для конечной вершины (рис. 4):

$$S_4 = \left(\sum_{k=1}^k S_{sk} f_{sk} \right) \frac{1}{k}, \quad (18)$$

где K – множество номеров вершин, смежных с конечной вершиной.



Разработано авторами

Рис. 4. Взаимосвязи двух входящих в одну общую вершину

Developed by the authors

Fig. 4. The interrelations of two incoming into one common vertex

Полученные нормированные оценки S_4 используются для сравнения с потенциалом «узких мест» и (или) проблемных ситуаций, а также для принятия (либо отказа) решения о выборе предложенного варианта устранения «узких мест» и (или) проблемных ситуаций.

Оценка целесообразности принятия решения при наличии вариантов построения ИЛМ осуществляется с учетом критерия (18).

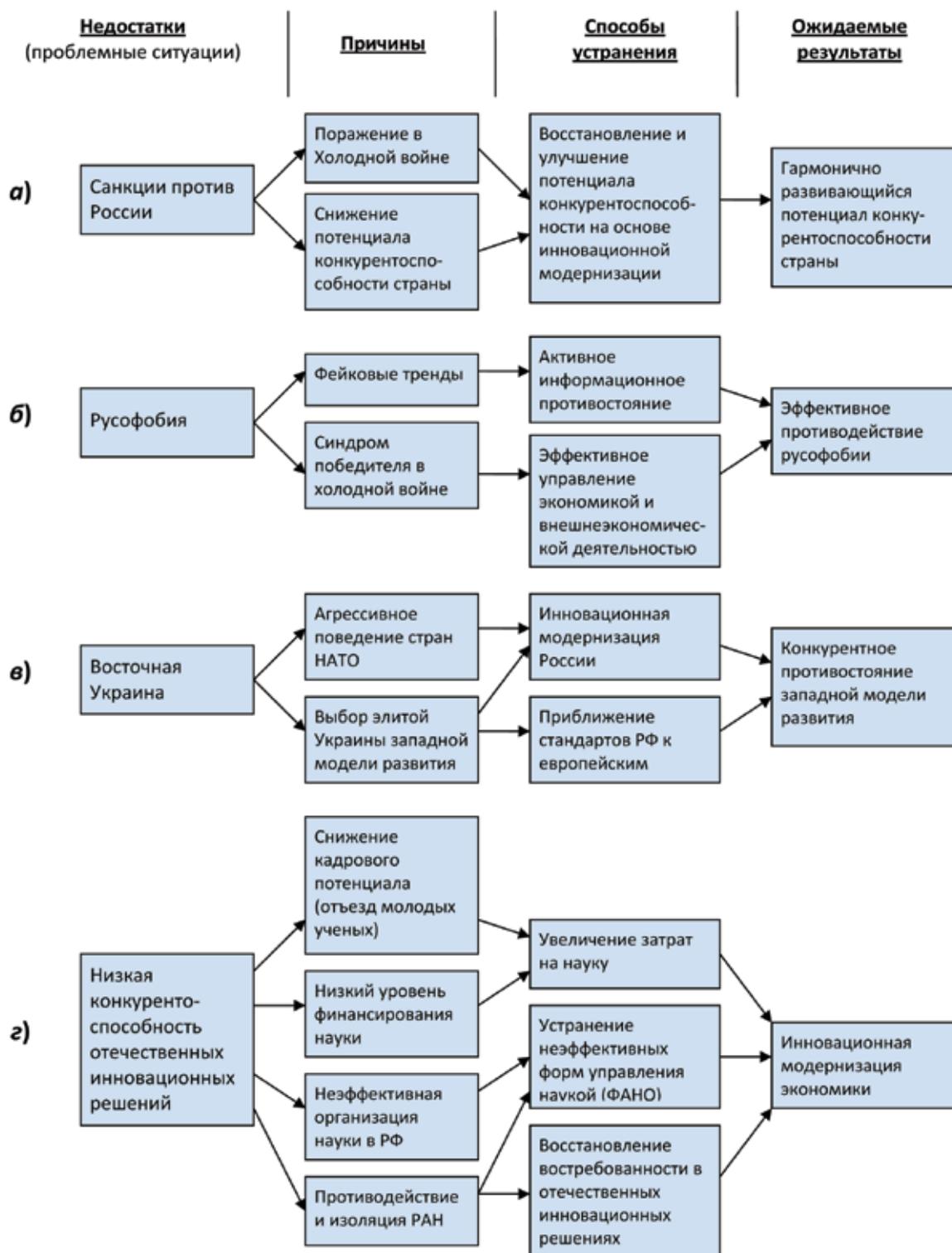
Полученные результаты поиска возможных способов устранения «узких мест» и (или) проблемных ситуаций сопоставляются с начально установленными проблемными ситуациями. На основе такого сопоставления может быть принято, что проблемные ситуации в основном устранены, и они переходят в «узкие места», либо проблемные ситуации решить не удалось, и они переросли в проблемы, для устранения которых необходимы новые способы, основанные на инновациях и новых технологиях. Следовательно, процесс поиска возможностей устранения «узких мест» и (или) проблемных ситуаций может снова повториться, пока они не будут устранены, либо эти ситуации не перейдут в категорию недостатков. Аналогично осуществляется поиск возможностей решения проблем [6].

ИЛМ может рассматриваться как процесс перемещения и компенсации потенциала начальных вершин в конечные и нейтрализации этого потенциала.

При этом существуют следующие закономерности:

1. Потенциал не возрастает по мере перехода из начальных вершин в конечную, интегральная оценка потенциала конечной вершины будет находиться в пределах от 1 до 0;
2. Передача потенциала из исходной вершины в смежную означает его сохранение (либо снижение);
3. Длительность процесса перехода потенциала из начальных вершин в конечные определяется продолжительностью самого длительного пути;
4. Оценка процесса передачи потенциала соответствует сумме оценок передачи потенциала во всех вершинах;
5. Назначение предлагаемого механизма анализа состоит в исследовании альтернатив устранения «узких мест» и возможности снижения их потенциала.

Рассмотрим возможности применения данных ИЛМ для анализа практических примеров (см. перечень проблемных ситуаций и способов их устранения на рис. 5, и представленное на его основе отображение примеров возникновения и устранения «узких мест» на рис. 6).

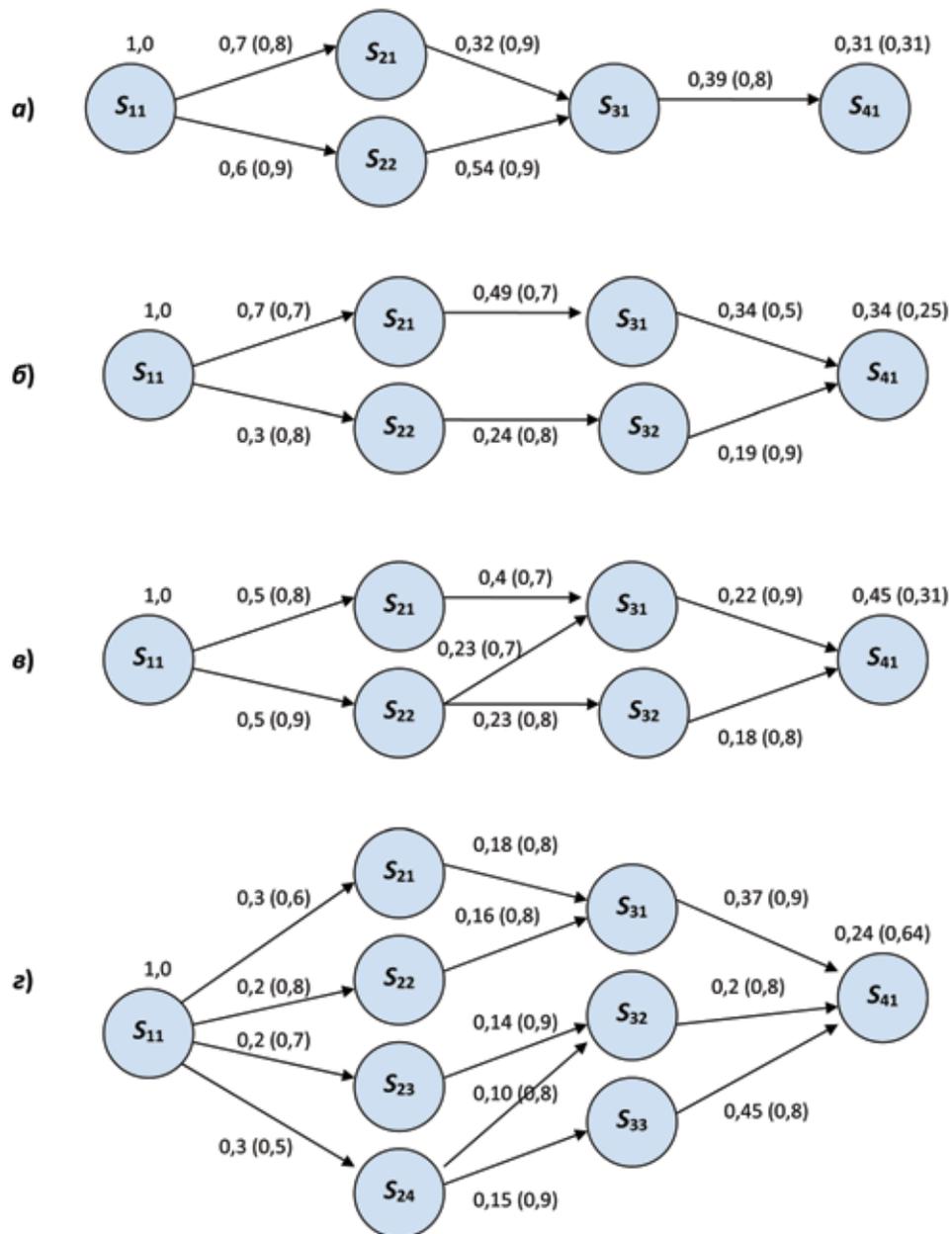


Разработано авторами

Рис. 5. Перечень проблемных ситуаций и способов их устранения

Developed by the authors

Fig. 5. List of problem situations and ways to eliminate them



Разработано авторами

Рис. 6. Отображение примеров возникновения и устранения «узких мест»

Developed by the authors

Fig. 6. Display examples of the appearance and elimination of “bottlenecks”

Пример 1. Первоначально представим возможности анализа проблемных ситуаций, рассмотренных ранее в статье Н.И. Комкова² и изображенных на рис. 5. Далее, на рис. 6. представлено их схематическое отображение в виде графа, а также указаны оценки, сформированные экспертами. Полученные оценки компенсации проблемных ситуаций без учета факторов времени и стоимости, т.е. составляющие через 2-3 года {0,45; 0,31; 0,26; 0,244}, сравнительно

невелики, а фактическая острота этих ситуаций в ожидаемом периоде снизится незначительно, т.е. на 1/3. Такой результат объясняется ограниченным составом и масштабным характером причин возникновения проблемных ситуаций, а также недостаточным перечнем способов их устранения. Несколько более высокие ожидаемые оценки компенсации отмеченных проблемных ситуаций получены при усложнении расчетов и включении временных оценок. По расче-

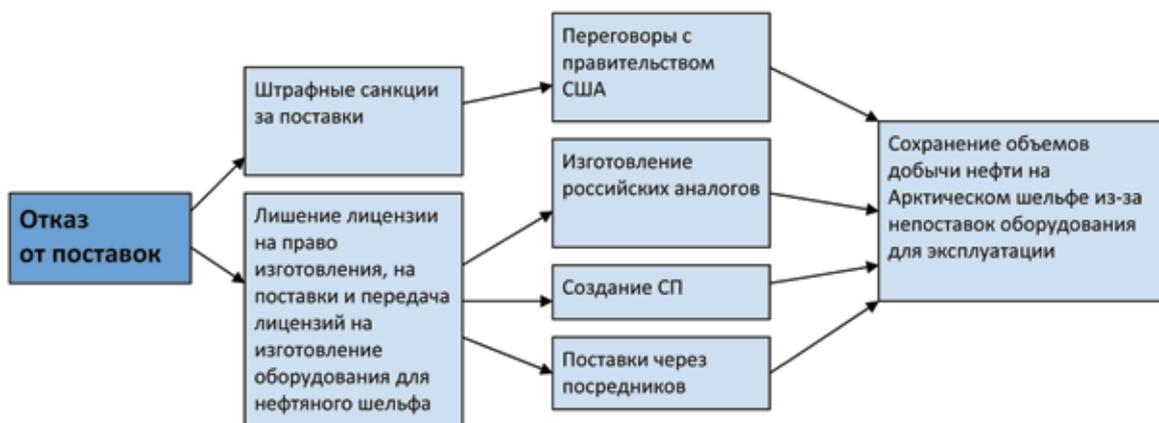
²Комков Н.И. Внешние и внутренние вызовы и перспективы модернизации экономики // МИР (Модернизация. Инновации. Развитие). 2018. Т. 9. № 1. DOI: <https://doi.org/10.18184/2079-4665.2018.9.1.12-24>

там, через пятилетний период такие оценки могут несколько возрасти, и составят {0,41; 0,38; 0,86; 0,43}.

В целом можно предположить, что, в сложившихся условиях, возможности полного устранения рассмотренных на рис. 5 причин в течение ближайших пяти лет сравнительно невелики, но их определенное уменьшение вполне возможно. Кроме того, необходимо учитывать, что интегральные оценки для конечной вершины не могут быть больше величины потенциала начальной вершины.

Пример 2. Российские нефтедобывающие компании в последние годы активно наращивают добычу нефти на арктическом шельфе. Эта добыча во многом основана на сотрудничестве с зарубежны-

ми компаниями и использовании импортных технологий и оборудования. Введенный США запрет на поставку импортных технологий в Россию вынудил компанию Ecson mobil отказаться от сотрудничества с российскими компаниями. Это событие породило «узкое место» в развитии потенциала добычи нефти Россией на шельфе. Для поиска возможных способов его устранения необходимо построить информационно-логическую модель (рис. 7), и рассмотреть возможность сохранения потенциала нефтедобычи в АЗ РФ на основе поиска возможных способов импортозамещения поставок оборудования и технологий для добычи нефти на шельфе. На рис. 8 изображен ориентированный граф, отображающий процесс импортозамещения.

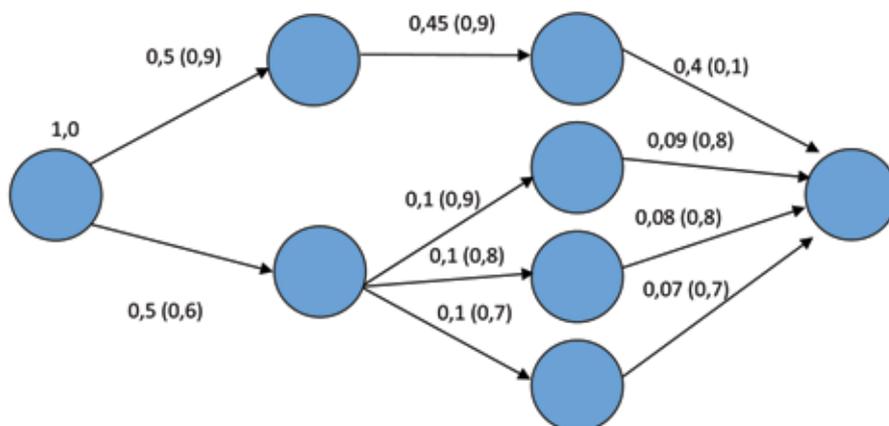


Разработано авторами

Рис. 7. ИЛМ импортозамещения поставок нефтедобывающего оборудования и технологий

Developed by the authors

Fig. 7. Information-logical model of import substitution of oil production equipment and technologies supplies



Разработано авторами

Рис. 8. Ориентированный граф, отображающий процесс устранения «узкого места» нефтедобычи в АЗ РФ

Developed by the authors

Fig. 8. Oriented graph showing the process of eliminating the “bottleneck” of oil production in the Arctic zone of the Russian Federation

Необходимо отметить, что интегральные оценки потенциала и компенсации действенности «узкого места» на конечную вершину графа можно рассматривать как условную вероятность достижения конечной вершины. Тогда интегральная оценка для конечной вершины может быть найдена по следующему правилу:

$$S_4 = 1 - \prod_{g=1}^G (1 - S_{3g}; f_{3g}), \quad (19)$$

где S_{3g} – интегральная оценка вершины 3-го уровня, связанной с конечной S_4 ;

f_{3g} – степень переноса потенциала из S_{3g} в S_4 ;

G – множество номеров вершин, связанных с S_4 .

Тогда оценка условий вероятности снижения потенциала «узкого места», найденная по формуле (19) с учетом оценок, представленных на рис. 8, будет равна 0,45, что может рассматриваться как приемлемый результат.

Выводы

1. Предложенный способ аналитического представления возможностей устранения «узких мест» в развитии социально-экономических систем, основанный на использовании правил построения информационно-логических моделей, может быть использован для анализа перспектив устранения «узких мест» на основе построения схемы полного цикла принятия решения: «узкие места» – причины – способы устранения – ожидаемые результаты».
2. Для количественного анализа возможностей уменьшения потенциала выявленных «узких мест» удобно использовать построение на основе ИЛМ соответствующего линейного графа, а также получение интегральных оценок ожидаемой компенсации исходного потенциала «узких мест».
3. Применение представленного подхода для анализа известных проблемных ситуаций (таких, как санкции против России, русофобия, Восточная Украина, низкая конкурентоспособность инновационных решений) позволило установить возможность их незначительного снижения в ближайшие годы и ослабления их остроты в ближайшие пять лет.

Список литературы

1. Акофф Р., Эмери Ф. О целеустремленных системах: пер. с англ. 2-е изд. М.: ЛКИ, 2008. 269 с.
2. Оптнер С.А. Системный анализ для решения деловых и промышленных проблем. М.: Советское радио, 1969.
3. Балаян Г.Г., Жарикова Г.Г., Комков Н.И. Информационно-логические модели научных исследований. М.: Наука, 1978
4. Комков Н.И. Математические модели научных исследований и разработок. М.: Наука, 1978.
5. Берж К. Теория графов и ее применения: пер. с фр. А.А. Зыкова; под ред. И.А. Вайнштейна. М.: Иностранная литература, 1962. 320 с.
6. Янч Э. Прогнозирование научно-технического прогресса. М.: Прогресс, 1970. 568 с.
7. Ивантер В.В., Комков Н.И. Прогноз научно-технологического развития: состояние, проблемы и перспективы // Инновации. 2006. № 10. С. 42-51. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=12915329>
8. Форрестер Дж. Мировая динамика: пер. с англ. М.: ООО «Издательство АСТ»; СПб.: Terra Fantastica, 2003. 379 с.
9. Nagin Daniel. Group-Based Modeling of Development. Harvard University Press, 2005. DOI: <https://doi.org/10.4159/9780674041318>
10. Li Q., Chen YL. System Development and Integration Methodology. In: Modeling and Analysis of Enterprise and Information Systems. Springer, Berlin, Heidelberg. 2009. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-540-89556-5_3
11. Clements M.P. and Hendry D.F. Forecasting Economic Time Series. Cambridge University Press, 1998. DOI: <https://doi.org/10.1017/CBO9780511599286>
12. Reynolds, Martin and Holwell, Sue. Introducing systems approaches. In: Reynolds, Martin and Holwell, Sue eds. Systems Approaches to Managing Change: A Practical Guide. London: Springer, 2010. p. 1–23. DOI: https://doi.org/10.1007/978-1-84882-809-4_1
13. Cartwright Nancy. Scientific models versus social reality. Building Research & Information. 2015; 44(3):334–337. DOI: <https://doi.org/10.1080/09613218.2015.1083811> (in Eng.)
14. The logical foundations of scientific theories: languages, structures, and models / by Dâecio Krause and Jonas R.B. Arenhart. Description: New York: Routledge, 2017. 162 p. DOI: <https://doi.org/10.4324/9781315535210> (in Eng.)

Об авторах:

Комков Николай Иванович, заведующий лабораторией организационно-экономических проблем управления научно-техническим развитием, Институт народнохозяйственного прогнозирования РАН (117418, г. Москва, Нахимовский проспект, 47), Москва, Российская Федерация, доктор экономических наук, профессор, **Scopus ID: 25655112100**, komkov_ni@mail.ru

Лазарев Артем Алексеевич, младший научный сотрудник лаборатории организационно-экономических проблем управления научно-техническим развитием, Институт народнохозяйственного прогнозирования РАН (117418, г. Москва, Нахимовский проспект, 47), Москва, Российская Федерация, komkov_ni@mail.ru

Романцов Владимир Сергеевич, младший научный сотрудник лаборатории организационно-экономических проблем управления научно-техническим развитием, Институт народнохозяйственного прогнозирования РАН (117418, г. Москва, Нахимовский проспект, 47), Москва, Российская Федерация, romantsov@ecfor.ru

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

References

- Ackoff R.L., Emery F.E. *On purposeful systems: An interdisciplinary analysis of individual and social behavior as a system of purposeful events*. Piscataway: Aldine Transaction Publ., 2005. 303 p. (Russ. ed.: Ackoff R.L., Emery F.E. *О телеустремленых системах*. Moscow: LKI Publ., 2008. 269 p.) (in Eng.)
- Optner S.L. *System Analysis for Business and Industrial Problem Solving*. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, 1965. 116 p. (in Russ.)
- Balaian G.G., ZHarikova G.G., Komkov N.I. *Informacionno-logicheskie modeli nauchnyh issledovaniy [Information-logical models of scientific research]*. M.: Nauka, 1978 (in Russ.)
- Komkov N.I. *Matematicheskie modeli nauchnyh issledovaniy i razrabotok [Mathematical models of research and development]*. M.: Nauka, 1978 (in Russ.)
- Berge Claude. *Theorie des graphes et ses Applications*. Collection universitaire de Mathématiques, n° 2. Paris, Dunod, 1958, VIII p. 277 p. (in Eng.)
- Yanch E. *Prognozirovaniye nauchno-tehnicheskogo progressa [Forecasting scientific and technological progress]*. M.: Progress, 1970. 569 p. (in Russ.)
- Ivanter V.V., Komkov N.I. The forecast scientific and technological development: state, problems and prospects. *Innovations*. 2006; (10):42–52 (in Russ.)
- Forrester J.W. *World dynamics*. N.Y.: Productivity Press Publ., 1979. 242 p. (Russ. ed.: Forrester, J. *Мировая динамика*. Moscow: AST Publ.; St. Petersburg: Terra Fantastica Publ., 2003. 379 p.)
- Nagin Daniel. *Group-Based Modeling of Development*. Harvard University Press, 2005. DOI: <https://doi.org/10.4159/9780674041318> (in Eng.)
- Li Q., Chen YL. *System Development and Integration Methodology*. In: *Modeling and Analysis of Enterprise and Information Systems*. Springer, Berlin, Heidelberg. 2009. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-540-89556-5_3 (in Eng.)
- Clements M.P. and Hendry D.F. *Forecasting Economic Time Series*. Cambridge University Press, 1998. DOI: <https://doi.org/10.1017/CBO9780511599286> (in Eng.)
- Reynolds, Martin and Holwell, Sue. *Introducing systems approaches*. In: Reynolds, Martin and Holwell, Sue eds. *Systems Approaches to Managing Change: A Practical Guide*. London: Springer, 2010, p. 1–23. DOI: https://doi.org/10.1007/978-1-84882-809-4_1 (in Eng.)
- Cartwright Nancy. Scientific models versus social reality. *Building Research & Information*. 2015; 44(3):334–337. DOI: <https://doi.org/10.1080/09613218.2015.1083811> (in Eng.)
- The logical foundations of scientific theories: languages, structures, and models / by Dâecio Krause and Jonas R.B. Arenhart. Description: New York: Routledge, 2017. 162 p. DOI: <https://doi.org/10.4324/9781315535210> (in Eng.)

About the authors:

Nikolay I. Komkov, Head of Laboratory Organizational and Economic Problems of Management of Scientific and Technological Development, Institute of economic forecasting of the Russian Academy of Sciences (47, Nakhimovsky prospect, Moscow, 117418), Moscow, Russian Federation, Doctor of Economic Sciences, Professor, **Scopus ID: 25655112100**, komkov_ni@mail.ru

Artem A. Lazarev, Junior researcher of the Laboratory Organizational and Economic Problems of Management of Scientific and Technological Development, Institute of economic forecasting of the Russian Academy of Sciences (47, Nakhimovsky prospect, Moscow, 117418), Moscow, Russian Federation, komkov_ni@mail.ru

Vladimir S. Romantsov, Junior researcher of the Laboratory Organizational and Economic Problems of Management of Scientific and Technological Development, Institute of economic forecasting of the Russian Academy of Sciences (47, Nakhimovsky prospect, Moscow, 117418), Moscow, Russian Federation, romantsov@ecfor.ru

All authors have read and approved the final manuscript.