

**Для цитирования:** Исмаилова Ш.Т., Мелехин В.Б., Хачумов В.М. Информационно-аналитическая модель выбора методов управления по степени их влияния на эффективность производственной деятельности строительных организаций. Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. 2017;44 (3):210-221. DOI:10.21822/2073-6185-2017-44-3-210-221

**For citation:** Ismailova Sh.T., Melekhin V.B., Hachumov V.M. Information-analytical model for the selection of management methods according to the degree of their influence on efficiency of production activity of construction organisations. Herald of Daghestan State Technical University. Technical Sciences. 2017; 44 (3): 210-221. (In Russ.) DOI:10.21822/2073-6185-2017-44-3-210-221

## ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 316.33

DOI:10.21822/2073-6185-2017-44-3-210-221

### ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ВЫБОРА МЕТОДОВ УПРАВЛЕНИЯ ПО СТЕПЕНИ ИХ ВЛИЯНИЯ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ

*Исмаилова Ш.Т.<sup>1</sup>, Мелехин В.Б.<sup>2</sup>, Хачумов В.М.<sup>3</sup>*

<sup>1-2</sup>Дагестанский государственный технический университет,  
367026. г. Махачкала, пр. И.Шамиля, 70, Россия,

<sup>3</sup>Институт системного анализа РАН,  
117312. г. Москва, пр. 69-летия Октября, 9, Россия,

<sup>1</sup>e-mail:[shani717@mail.ru](mailto:shani717@mail.ru), <sup>2</sup>e-mail: [pashka1602@rambler.ru](mailto:pashka1602@rambler.ru), e-mail: <sup>3</sup>[vmh@isa.ru](mailto:vmh@isa.ru)

**Резюме. Цель.** В статье решаются актуальные проблемы, связанные с принятием не-программируемых решений в процессе управления производственной деятельностью строительной организации в нестабильных, априори недоопределенных условиях экономической среды. Целью исследования являлась разработка инструментальных средств и методов, позволяющих формировать аналитические модели для оценки эффективности текущего состояния строительного производства, и на этой основе выявлять наиболее эффективные методы управления поведением строительной организации в нестабильных условиях рыночной среды. **Методы.** Методология проведенного исследования базируется на применении математического аппарата нечетких множеств для обработки экспертных данных и формирования на этой основе лингвистических функций, определяющих аналитическую зависимость между различными показателями производственной деятельности строительной организации. **Результат.** Разработан метод с нечеткой логикой обработки экспертных данных, позволяющий сформировать аналитическую зависимость между показателями эффективности производственной деятельности строительной организации и параметрами управления, определяющими ее текущее состояние. Разработан метод выбора на альтернативной основе наиболее эффективного способа управления строительной организацией. **Вывод.** Разработана информационно-экономическая модель ситуационного управления развитием строительной организации. Предложенные инструментальные средства и методы управления позволяют организовать эффективное управление производственной деятельностью строительной организации, и на этой основе повысить эффективность строительного производства в различных условиях экономической среды при наличии в ней спонтанно возникающих возмущающих факторов. Такой подход к организации управления позволяет без принципиальных изменений организационной структуры сформировать эффективные подсистемы управления и другими видами деятельности строительной организации по отклонению и возмущению в нестабильных условиях современной рыночной среды.

**Ключевые слова:** строительная организация, производственная деятельность, показатели эффективности, возмущающие факторы, параметры управления, лингвистические функции, эффективное управление

## ECONOMIC SCIENCE

### INFORMATION-ANALYTICAL MODEL FOR THE SELECTION OF MANAGEMENT METHODS ACCORDING TO THE DEGREE OF THEIR INFLUENCE ON EFFICIENCY OF PRODUCTION ACTIVITY OF CONSTRUCTION ORGANISATIONS

*Shani T. Ismailova*,<sup>2</sup> *Vladimir B. Melekhin*<sup>2</sup>, *Vyacheslav M. Khachumov*<sup>3</sup>

<sup>1-2</sup>Daghestan State Technical University,

<sup>1-2</sup>70 I. Shamilya Ave., Makhachkala 367026, Russia,

<sup>3</sup>Institute system analysis by wounds,

<sup>3</sup>69 years of the October Ave., Moscow 117312, Russia

<sup>1</sup>e-mail: [shani717@mail.ru](mailto:shani717@mail.ru), <sup>2</sup>e-mail: [pashka1602@rambler.ru](mailto:pashka1602@rambler.ru), e-mail: <sup>3</sup>[vmh@isa.ru](mailto:vmh@isa.ru)

**Abstract Objectives.** Relevant problems related to the adoption of unprogrammed solutions in the process of managing the production activity of a construction enterprise in unstable, a priori underdetermined economic environments are addressed. The aim of the study is to develop tools and methods for assessing the effectiveness of the current state of construction production and on this basis to identify the most effective management of a construction organisation under unstable market conditions. **Methods.** The methodology of the conducted research is based on the application of the mathematical apparatus of fuzzy sets for the processing of expert data and the formation on this basis of linguistic functions that determine the analytical relationship between various indicators of the production activity of the construction organisation. **Results.** A method is developed for processing expert data using fuzzy logic, making it possible to form an analytical relationship between the performance indicators of the production activity of the construction organisation and the management parameters that determine its current state. An alternative means for selecting the most effective management approach, accounting for its influence on the efficiency of the production activity of the construction organisation, is developed. **Conclusion.** An information-economic model of situational management of the development of a construction organisation is developed. The proposed tools and methods allow the effective management of the production activity of the construction organisation to be organised, and on this basis to increase the efficiency of production under different economic conditions in the presence of spontaneously arising perturbative factors. The methodical approach to the organisation of management of the production activity efficiency of the construction organisation allows the effective subsystems of management of other activities of the construction organisation concerning the rejection and indignation in the unstable conditions of the modern market environment to be formed without fundamental changes in the organisational structure.

**Keywords:** construction organisation, production activity, performance indicators, disturbing factors, management parameters, linguistic functions, efficient management

**Введение.** Выбор на альтернативной основе наиболее эффективных организационно-управленческих мероприятий по результатам оценки их влияния на эффективность производственной деятельности строительной организации (СО) является одной из актуальных проблем комплексного экономического анализа [1] и управления сложными социально-экономическими объектами в нестабильных условиях экономической среды.

**Постановка задачи.** Рассмотрим в качестве основного показателя эффективности производственной деятельности получаемую СО прибыль  $P$ . Допустим, на рынке наблюдается тенденция, когда на производимую СО продукцию увеличился спрос на объемы, равные  $\Delta V^*$ , например, за счет роста покупательской способности потребителей на величину, равную  $C^*$ . В этом случае у СО появляется возможность получения дополнительной прибыли следующими двумя альтернативными способами:

- увеличить объемы производства  $V$  на величину неудовлетворенного спроса  $\Delta V^*$ , реализовав продукцию не изменяя ее цены  $C$ ;
- увеличить цену  $C$  производимой продукции с учетом покупательской способности  $C^*$  ее потребителей на такую величину  $\Delta C$ , которая позволяет сбалансировать спрос на рынке с объемами производимой  $CO$  продукции  $V$  путем снижения спроса без их изменений.

Очевидно, что данная задача выбора (как и ряд других аналогичных задач управления производственной деятельностью  $CO$ ) в стабильных условиях экономической среды решается тривиально следующим образом:

$$\max(P_1, P_2) = \max(\Delta V(C - Z), (C + \Delta C - Z)V),$$

с учетом ограничений:  $\Delta V \leq V^*$ ;  $C + \Delta C \leq C^*$ , где  $P_1, P_2$  - получаемая  $CO$  прибыль соответственно в результате повышения объемов производства и цены на производимую продукцию;  $Z$  - затраты на производство и реализацию одной единицы производимой продукции, например, двухкомнатной квартиры.

Иначе обстоит дело в нестабильной, априори неопределенной экономической среде. Это обусловлено тем, что из-за высокой нестабильности и непредсказуемости событий и процессов, происходящих в среде в этом случае, решение приведенной выше задачи организационной системой управления  $CO$  сопровождается необходимостью принятия непрограммируемых управленческих решений в силу проявления в ней недоброкачественной неопределенности [2]. Другими словами, в условиях, когда невозможно в отчетном периоде получить достоверные статистические данные и, обработав их методами регрессионного анализа и временных рядов, выявить тенденции развития закономерностей экономической среды, необходимые для принятия эффективных управленческих решений.

Это привело к тому, что в современных системах организационного управления социально-экономическими объектами принятие решений в нестандартных ситуациях, как правило, осуществляется высококвалифицированными менеджерами, опираясь на собственный опыт и интуицию [3-4], а в лучшем случае на математические модели и методы для выбора наиболее эффективной альтернативы [5-6], если их удастся построить. Такая трудность связана с тем, что в условиях с недоброкачественной неопределенностью построение аналитических и математических моделей является достаточно сложной и не всегда решаемой проблемой [2]. Принятие же решений на интуитивной основе может привести к реализации не лучших управленческих решений, как с учетом микро, так и с учетом макроэкономических условий функционирования, т.к. оно не опирается на достоверные данные.

В этой связи, в последнее время для получения необходимой для принятия решений информации в условиях с недоброкачественной неопределенностью широкое распространение получила обработка экспертных данных с применением математического аппарата нечетких множеств. Однако отметим, что использование данного математического аппарата в системах управления сложными объектами для обработки информации направлено либо на получение на основе применения лингвистических переменных (ЛП) [7] качественных и количественных оценок отдельных мягких показателей, определяющих различные виды деятельности сложного объекта и построение на этой основе нечетких алгоритмов управления [8-9]. Либо на построение нечетко или интервально заданной зависимости между отдельными показателями исследуемого процесса [10-11], либо на построение уравнений, в том числе и регрессионных моделей с нечетко заданными коэффициентами [12-14].

Таким образом, отмеченные выше подходы к использованию математического аппарата нечетких множеств для обработки экспертных данных, полностью не снимают неопределенности, а принимаемые на их основе решения обладают достаточно низкой точностью. Это, в свою очередь, снижает возможности эффективного решения сложной задачи выбора на заданном множестве альтернатив в недоопределенных условиях функционирования. Кроме того, учитывая, что эффективность функционирования и состояние производственной деятельности  $CO$ , как правило, оценивается множеством взаимосвязанных между собой показателей эф-

фективности и влияющих на них параметров управления [15-16], возникает необходимость в построении многопараметрических аналитических математических моделей исследуемого объекта, например, в виде заданной системы уравнений с четко заданными коэффициентами.

В настоящей работе предпринята попытка обойти отмеченные выше трудности построения математических моделей и принятия непрограммируемых управленческих решений путем обработки экспертных данных и накопленного опыта управления с применением математического аппарата нечетких множеств путем построения на этой основе:

- однородной системы лингвистических функций (ЛФ)[15], позволяющих устанавливать связь между зависимой и независимыми переменными, как в нечеткой форме представления, так и в виде четко заданной аналитической зависимости;
- инструментальных средств выбора наиболее эффективных организационно-управленческих мероприятий, предварительно экстраполировав их влияние на повышение эффективности производственной деятельности СО.

**Методы исследования.** Построение многофакторной модели для оценки влияния параметров управления на эффективность производственной деятельности строительной организации.

Ранее отмечено, что в нестабильной экономической среде, как правило, для оценки эффективности текущего состояния производственной деятельности СО целесообразно использовать систему показателей. Кроме того, проводя анализ влияния различных управлений на эффективность деятельности СО необходимо учитывать, что на каждый оценочный показатель эффективности ее состояния интегрально влияет достаточно большое количество параметров состояния (управления) и возмущающих факторов экономической среды.

В этой связи, определение степени автономного влияния различных управлений на каждый показатель эффективности производственной деятельности СО является достаточно сложной проблемой, требующей предварительного анализа поведения различных параметров управления под воздействием различных организационно-управленческих мероприятий (управлений).

Для оценки влияния различных параметров управления  $F = \{F_j\}, j = 1, 2, \dots, \varphi$  и обеспечивающих их эффективное регулирование управлений  $U = \{U_Z\}, Z = 1, 2, \dots, m^*$ , на показатели эффективности производственной деятельности СО ( $\{\mathcal{E}_k\}, k = 1, 2, \dots, n$ ) возникает необходимость в построении многофакторной регрессионной модели, имеющей (для линейных объектов управления) в общем случае следующий вид:

$$\begin{aligned}\mathcal{E}_1 &= a_{10} + a_{11}F_1 + a_{12}F_3 + \dots + a_{1\varphi}F_{\varphi}; \\ \mathcal{E}_2 &= a_{20} + a_{21}F_1 + a_{22}F_3 + \dots + a_{2\varphi}F_{\varphi}; \\ &\dots \\ \mathcal{E}_n &= a_{n0} + a_{n2}F_1 + a_{n3}F_3 + \dots + a_{n\varphi}F_{\varphi},\end{aligned}\tag{1}$$

где,  $a_{k0}, k = 1, 2, \dots, n$  - коэффициенты пропорциональности, предусматривающие неучтенные в модели параметры управления;  $a_{kj}, j = 1, 2, \dots, \varphi$  - коэффициенты, определяющие влияние  $j$ -го параметра управления на  $k$ -й показатель эффективности производственной деятельности СО. Следует отметить, что все изложенные ниже положения, естественным образом распространяются и на нелинейные объекты управления, только в этом случае меняется вид системы уравнений (1).

Учитывая, что в соответствии с содержанием показателей эффективности производственной деятельности СО может потребоваться, как снижение, так и рост их значений для обеспечения необходимого уровня эффективности производственной деятельности, все основные параметры управления  $F = \{F_j\}, j = 1, 2, \dots, \varphi$ , от которых зависят значения данных по-

казателей в текущих условиях экономической среды, целесообразно разбить на следующие две группы  $F_1, F_2; F_1 \cup F_2 = F$  :

- параметры управления  $F_j \in F_1$ , требующие реализации управленческих мероприятий  $U_1 = \{U_{Z_1}\}, Z_1 = 1, 2, \dots, m_1^*$ , обеспечивающих максимально допустимое снижение их значений и, соответственно, требуемое изменение определенных показателей эффективности  $\{\mathcal{E}_k\}, k = 1, 2, \dots, n$  с учетом заданных ограничений;
- параметры управления  $F_j \in F_2$ , требующие выполнения управленческих мероприятий  $U_2 = \{U_{Z_2}\}, Z_2 = 1, 2, \dots, m_2^*$  обеспечивающих максимально допустимый рост их значений и, соответственно, требуемое изменение показателей эффективности  $\{\mathcal{E}_k\}, k = 1, 2, \dots, n$  с учетом заданных ограничений.

Рассмотрим методику построения модели (1) в общем виде на основе графиков одно-родной системы ЛФ. В общем случае ЛФ, позволяющие определить, как в нечеткой форме, так и с помощью аналитической зависимости характер влияния параметров управления на показатели эффективности ПО, определяются следующей пятеркой:

$$ЛФ = (H, ЛП_3, \{ЛП_{инз}, i = 1, 2, \dots, n\}, M, \Psi),$$

где,  $H$  – название ЛФ;  $ЛП_3$  – зависимая ЛП, в рассматриваемом случае определяется соответствующим ЛФ показателем эффективности;  $ЛП_{инз}$  – независимые ЛП, соответствующие  $i$ -м параметрам управления;  $M$  – матрица ЛФ, которая определяет соответствие между нечеткими значениями показателя эффективности и параметров управления;  $\Psi$  – график ЛФ, представляющий собой аналитическую зависимость между значениями соответствующего ЛФ показателя эффективности и параметров управления.

Для построения ЛФ, характеризующих изменения различных показателей эффективности производственной деятельности СО, играющих роль, в формируемой модели, зависимых ЛП и для всех параметров управления или независимых ЛП строятся лингвистические переменные с соответствующими им названиями. Например, ЛП( $k$ ) для показателя эффективности «Качество производимой продукции» будет определяться следующей четверкой:

$$ЛП(t) = (H, T, X, x),$$

где,  $H$  – название ЛП( $k$ ) «Качество производимой продукции»;  $T$  – терм множество ЛП( $k$ ) или множество ее словесных значений, которое определяется следующими нечеткими значениями  $T = \{\text{«Очень низкое»}, \text{«Низкое»}, \text{«Среднее»}, \text{«Высокое»} \text{ и } \text{«Очень высокое качество продукции»}\}$ ;  $X$  – базовое множество значений ЛП( $t$ ),  $X \in [x(\min), x(\max)]$  которое, как правило, ограничено и снизу и сверху, например, для строящейся лингвистической переменной «Качество производимой продукции» соответственно заданными техническими условиями на строительство объектов и покупательской способностью потребителей, т.к. рост качества сопровождается ростом себестоимости строительной продукции.

По значениям базовых множеств формируется шкалы численных значений соответствующих им ЛП, на которых по экспертным данным определяются термы и соответствующие им нечеткие множества;  $x$  – базовая переменная ЛП( $t$ ) или конкретное текущее значение качества производимой продукции.

Приведем алгоритм, позволяющий сформировать необходимые для построения регрессионной модели (1) лингвистические функции.

**Входные переменные:** множество используемых в модели параметров управления  $F = \{F_j\}, j = 1, 2, \dots, \varphi$  и показателей эффективности  $\{\mathcal{E}_k\}, k = 1, 2, \dots, n$  текущего состояния производственной деятельности СО. Допустим  $\varphi = 5$ , а  $n = 8$ .

**Промежуточные переменные:** нечеткие значения заданных параметров управления  $F = \{F_i\}, i = 1, 8$  и показателей эффективности  $\mathcal{E} = \{\mathcal{E}_k\}, k = 1, 5$ , выявленные экспертным путем.

**Выходные переменные:** количественные значения коэффициентов  $a_{ij}, i = 1,5; j = 1,8$  графиков ЛФ, образующих формируемую регрессионную модель (1).

**Метод.**

1. Выбрать структуру связи между заданными параметрами управления  $\{F_i\}, i = 1,8$  и показателями эффективности СТП  $\mathcal{E} = \{\mathcal{E}_k\}, k = 1,5$ . Пусть структура данных связей определяется линейной многофакторной регрессионной моделью вида:

$$\begin{aligned}
 \mathcal{E}_1 &= a_{11}F_1 + a_{12}F_3 + \dots + a_{18}F_8; \\
 \mathcal{E}_2 &= a_{21}F_1 + a_{22}F_3 + \dots + a_{28}F_8; \\
 &\dots \\
 \mathcal{E}_n &= a_{n2}F_1 + a_{n3}F_3 + \dots + a_{n8}F_8,
 \end{aligned} \tag{2}$$

где,  $a_{kj}$  – коэффициенты пропорциональности регрессионной модели.

3. Построить для каждого показателя эффективности  $\mathcal{E} = \{\mathcal{E}_k\}, k = 1,2,\dots,5$  соответствующую ему ЛП с названием «Показатель эффективности  $\mathcal{E}_k$ ».
4. Построить для каждого заданного параметра управления  $F_3 = \{F_j\}, j = 1,2,\dots,8$  соответствующую ему ЛП с названием «Параметр управления  $F_j$ ».
5. Сформировать по данным, полученным экспертным путем, матрицы ЛФ, в которых роль независимых ЛП играют показатели эффективности  $\mathcal{E} = \{\mathcal{E}_k\}, k = 1,2,\dots,5$ , а роль зависимых ЛП исполняют влияющие на них параметры управления  $F_j \in F$ . Например, пусть для показателя эффективности  $\mathcal{E}_1$  сформирована матрица  $M$  (таблица 1).

**Таблица 1. Матрица ЛФ для показателя эффективности  $\mathcal{E}_1$  и параметров управления  $F_j \in F_3$ , сформированная по экспертным данным**

**Table 1. LF matrix for the indicator of efficiency and control parameters, formed according to expert data**

Показатель эффективности $\mathcal{E}_1$	$T_i(\mathcal{E}_1)$	$T_1(\mathcal{E}_1)$	$T_2(\mathcal{E}_1)$	$T_3(\mathcal{E}_1)$	$T_4(\mathcal{E}_1)$	$T_5(\mathcal{E}_1)$
Параметр управления $F_1$	$T_i(F_1)$	$T_3(F_1)$	$T_4(F_1)$	$T_5(F_1)$	$T_5(F_1)$	$T_5(F_1)$
Параметр управления $F_2$	$T_i(F_2)$	$T_2(F_2)$	$T_2(F_2)$	$T_3(F_2)$	$T_3(F_2)$	$T_4(F_2)$
	...	...		...		...
Параметр управления $F_8$	$T_i(F_8)$	$T_5(F_8)$	$T_4(F_8)$	$T_3(F_9)$	$T_3(F_9)$	$T_2(F_9)$

В таблице 1, например, столбец 3 означает, что среднему значению  $T_3(\mathcal{E}_1)$  показателя эффективности  $\mathcal{E}_1$  соответствуют большое значение  $T_5(F_1)$  параметра управления  $F_1$ , среднее значение  $T_3(F_2)$  параметра управления  $F_2, \dots$ , среднее значение  $T_3(F_8)$  параметра управления  $F_8$ .

4. По проекциям на базовые шкалы из максимумов функций принадлежности нечетких множеств, соответствующих термам зависимых и независимых ЛП (таблицу 1), определить соответствующие им наиболее вероятные численные значения лингвистических переменных, и на этой основе построить таблицы соответствий между численными значениями зависи-

мых  $\varepsilon(T_j(\mathcal{E}_1))$  и независимых  $f(T_j(F_j))$  ЛП. Например, для показателя эффективности  $\mathcal{E}_1$  (таблица 2).

**Таблица 2. Соответствие между количественными значениями  $\varepsilon(T_j(\mathcal{E}_1))$  показателя эффективности  $\mathcal{E}_1$  и количественными значениями  $f(T_j(F_j))$  параметров управления  $F_j \in F_3$**

**Table 2. Correspondences between the quantitative values of the performance indicator and the quantitative values of the control parameters**

Показатель эффективности $\mathcal{E}_1$	$\varepsilon(T_1(\mathcal{E}_1))$	$\varepsilon(T_2(\mathcal{E}_1))$	$\varepsilon(T_3(\mathcal{E}_1))$	$\varepsilon(T_4(\mathcal{E}_1))$	$\varepsilon(T_5(\mathcal{E}_1))$
Параметр управления $F_1$	$f(T_1(F_1))$	$f(T_2(F_1))$	$f(T_3(F_1))$	$f(T_4(F_1))$	$f(T_5(F_1))$
Параметр управления $F_2$	$f(T_1(F_2))$	$f(T_2(F_2))$	$f(T_3(F_2))$	$f(T_4(F_2))$	$f(T_5(F_2))$
	...		...		...
Параметр управления $F_8$	$f(T_1(F_8))$	$f(T_2(F_8))$	$f(T_3(F_8))$	$f(T_4(F_8))$	$f(T_5(F_8))$

В таблице 2, например, столбец 1 показывает, что каждому численному значению  $\varepsilon(T_1(\mathcal{E}_1))$  показателя эффективности  $\mathcal{E}_1$ , найденному по максимуму функции принадлежности нечеткого множества, определяющего интервал численных значений терма  $T_1(\mathcal{E}_1)$  (первый столбец таблицы 1), соответствуют следующие численные значения параметров управления  $f(T_1(F_1)), f(T_2(F_2)), \dots, f(T_5(F_5))$ .

5. Проверить условие « $\varphi = n$ »: если условие выполняется, перейти к п.6; в противном случае, перейти к п.7.

6. Подставить количественные значения зависимых и независимых ЛП в уравнения (3), и путем их совместного решения определить коэффициенты  $a_{kj}$  графиков ЛФ  $\Psi_k, k = 1, 2, \dots, 5$  ЛФ, образующие строящуюся математическую модель (2), перейти к п.8.

7. Обработать данные, полученные в таблицах типа 2, методами регрессионного анализа [16-17] и определить коэффициенты  $a_{kj}$  графиков ЛФ  $\Psi_k, k = 1, 2, \dots, 5$ , образующих формируемую математическую модель (2).

### 8. Конец.

Полученные таким образом графики ЛФ, используются в качестве уравнений в многофакторной регрессионной модели (2) и позволяют на основе факторного анализа [18-19] по методу цепных подстановок [20], установить характер автономного влияния различных параметров управления  $F = \{F_j\}, j = 1, 2, \dots, \varphi$  на показатели  $\mathcal{E} = \{\mathcal{E}_k\}, k = 1, m$  эффективности. Кроме того, ЛФ также позволяют определить на альтернативной основе наиболее эффективные управления  $U = \{U_Z\}, Z = 1, m^*$ , обеспечивающие требуемые изменения параметров управления  $F = \{F_j\}, j = 1, 2, \dots, \varphi$  для перевода производственной деятельности СО в желаемое или наиболее эффективное, состояние в соответствующих текущих условиях экономической среды.

**Обсуждение результатов.** Оценка влияния управлений на эффективность производственной деятельности строительной организации и выбор наиболее эффективных организа-

ционно-управленческих мероприятий. В общем случае управление, состоящее из множества альтернативных организационно-управленческих мероприятий:

$$U = \{U_z\}, Z = 1, m^*,$$

$$U = (U_1 = \{U_1(z_1)\}, z_1 = 1, m_1^*) \cup (U_2 = \{U_2(z_2)\}, z_2 = 1, m_2^*),$$

как правило, опосредованно влияет на различные показатели эффективности  $\mathcal{E} = \{\mathcal{E}_k\}, k = 1, m$ , путем регулирования значений параметров управления:

$$F = \{F_j\}, j = 1, \varphi; F = (F_1^* = \{F_1^*(j_1)\}, j_1 = 1, \varphi_1) \cup (F_2^* = \{F_2^*(j_2)\}, j_2 = 1, \varphi_2).$$

Таким образом, опираясь на накопленный опыт управления, можно построить два следующих отношения:  $G_1 \subseteq F_1^* \times U_1$  и  $G_2 \subseteq F_2^* \times U_2$ , где  $\times$  – векторное произведение множеств. Каждая пара первого вида  $\langle F_1^*(j_1), U_1(z_1) \rangle \in G_1$  включает такие организационно-управленческие мероприятия  $U_1(z_1)$ , реализация которых позволяет получить положительное приращение  $\Delta F_1^*(j_1)$  параметра управления  $F_1^*(j_1)$  с учетом заданных ограничений, рост значений которого позитивно влияет на эффективность текущего состояния производственной деятельности. Каждая пара второго вида  $\langle F_2^*(j_2), U_2(z_2) \rangle \in G_2$  включает такие организационно-управленческие мероприятия  $U_2(z_2)$ , реализация которых позволяет получить допустимое отрицательное приращение  $-\Delta F_2^*(j_2)$  параметра управления  $F_2^*(j_2)$  с учетом имеющихся ограничений, снижение значений которого также позитивно влияет на эффективность текущего состояния производственной деятельности, например, снижение себестоимости проводимых работ.

Элементы полученных выше отношений  $G_1$  и  $G_2$  удобно представить, соответственно, в виде следующих продукций:

$$\begin{aligned} D_{z_1} &: (F_1^*(j_1) \& U_1(z_1)) \rightarrow (F_1^*(j_1) + \Delta F_1^*(j_1)); \\ D_{z_2} &: (F_2^*(j_2) \& U_2(z_2)) \rightarrow (F_2^*(j_2) - \Delta F_2^*(j_2)), \end{aligned} \quad (3)$$

означающих, например, что если отработать управление  $U_1(z_1)$ , то параметр управления  $F_1^*(j_1)$  получит положительное приращение, равное  $\Delta F_1^*(j_1)$ , где знак  $\&$  означает отработку управления  $U_1(z_1)$ .

Это позволяет сформировать по первым одинаковым проекциям отношений  $G_1$  и  $G_2$  множества  $D_{j_1} = \{D_{z_1}(j_1)\}, j_1 = 1, \varphi_1$  и  $D_{j_2} = \{D_{z_2}(j_2)\}, j_2 = 1, \varphi_2$ , которые определяют управления  $U_{j_1}(z_1)$  и  $U_{j_2}(z_2)$ , позволяющие регулировать значения, соответственно, отдельных параметров управления  $F_1^*(j_1)$  и  $F_2^*(j_2)$  или эффективность производственной деятельности СО.

Таким образом, для каждого отдельного параметра управления  $F_1^*(j_1)$  и  $F_2^*(j_2)$ , используя продукции (3), входящие соответственно во множества  $D_{j_1}$  и  $D_{j_2}$ , можно сформировать соответствующие им множества троек следующего вида:

$$\begin{aligned} D_{j_1}^* &= \{\langle U_1(z_1) : F_1^*(j_1), F_1^*(j_1) + \Delta F_1^*(j_1) \rangle, z_1 = 1, \varphi_1^*\}; \\ D_{j_2}^* &= \{\langle U_2(z_2) : F_2^*(j_2), F_2^*(j_2) - \Delta F_2^*(j_2) \rangle, z_2 = 1, \varphi_2^*\}, \end{aligned}$$

которые определяют значения отдельных параметров управления  $F_1^*(j_1) \in D_{j_1}^*$  и  $F_2^*(j_2) \in D_{j_2}^*$  до и после отработки соответствующих управлений  $U_1(z_1) \in D_{j_1}^*, z_1 = 1, \varphi_1^*$  и  $U_2(z_2) \in D_{j_2}^*, z_2 = 1, \varphi_2^*$ .

Отсюда, используя модель (2) методом цепной подстановки можно для каждого управления  $U_1(z_1) \in D_{j_1}^*$  или  $U_2(z_2) \in D_{j_2}^*$  определить степень  $\rho(U_1^*(z_1))$  их опосредованного влия-



ния, соответственно,  $\rho(U_1^*(z_1))$  и  $\rho(U_1^*(z_1))$  на различные показатели эффективности производственной деятельности и на этой основе выбрать наиболее эффективные методы управления в текущий момент времени в соответствии с текущим состоянием экономической среды, используя следующий метод.

**Входные переменные:** базовый (используемый для проведения факторного анализа в текущий момент времени) параметр управления  $F_1^*$  и соответствующее ему множество троек  $D_{j_1}^* = \{ \langle U_1(z_1) : F_1^*(j_1), F_1^* + \Delta F_1^*(j_1) \rangle \}, z_1 = 1, \varphi_1^*$ .

**Промежуточные переменные:** значения  $\mathcal{E}_k^*(z_1), \mathcal{E}_k^*(z_1) + \Delta \mathcal{E}_k^*(z_1), k = 1, m$  показателей эффективности  $\mathcal{E} = \{ \mathcal{E}_k \}, k = 1, m$ , соответственно, до и после отработки управлений  $U_1(z_1) \in D_{j_1}^*$ .

**Выходные переменные:** степени  $\rho(U_{z_1}(\mathcal{E}_k), z_1 = 1, m)$  опосредованного влияния управлений  $U_1(z_1) \in D_{j_1}^*$  на показатели эффективности  $\mathcal{E}_k \in \mathcal{E}; U_1(F_1^*) \in D_{j_1}^*$  – управление, позволяющее наиболее эффективным образом отрегулировать параметр управления  $F_1^*$  в текущих условиях РС.

**Метод:**

1. Зафиксировать текущие значения параметров управления  $F_1^*(j_1) \neq F_1^*$ .
2. Выявить для каждого управления  $U_1(z_1) \in D_{j_1}^*$  методом цепной подстановки, используя соответствующую ему пару значений  $U_1(z_1) : \langle F_1^*(z_1), F_1^*(z_1) + \Delta F_1^*(z_1) \rangle$  параметра управления  $F_1^*$  и регрессионную модель (2), значения  $U_1(z_1) : \langle \mathcal{E}_k^*(z_1), \mathcal{E}_k^*(z_1) + \Delta \mathcal{E}_k^*(z_1) \rangle, k_1 = 1, m$  для всех показателей эффективности  $\mathcal{E} = \{ \mathcal{E}_k \}, k = 1, m$ , определяющих текущее состояние производственной деятельности СП, где  $\mathcal{E}_k^*(z_1)$  и  $\mathcal{E}_k^*(z_1) + \Delta \mathcal{E}_k^*(z_1)$  – соответственно, значения показателя эффективности  $\mathcal{E}_k$  до и после отработки управления  $U_1(z_1)$ .

3. Для каждого управления  $U_1(z_1) \in D_{j_1}^*$  определить степени  $\rho(U_{z_1}(\mathcal{E}_k)), k = 1, m$  его опосредованного влияния на различные показатели эффективности производственной деятельности  $\mathcal{E}_k \in \mathcal{E}$  следующим образом:

$$\rho(U_{z_1}(\mathcal{E}_k)) = \frac{\mathcal{E}_k^*(z_1) + \Delta \mathcal{E}_k^*(z_1)}{\mathcal{E}_k^*(z_1)}.$$

4. Определить действенные (наиболее эффективные) организационно-управленческие мероприятия  $U_1(\mathcal{E}) \in D_{j_1}^*$  для заданного параметра управления  $F_1^*$ , которые целесообразно реализовать в первую очередь, если произошло его изменение в результате возмущающих факторов  $p_i \in P$  РС:

- а) вычислить средние значения  $\rho(U_{z_1})$  степеней влияния организационно-управленческих мероприятий  $U_1(z_1) \in D_{j_1}^*$  на эффективность производственной деятельности СП в целом:

$$\rho(U_{z_1}) = \frac{\sum_{k=1}^m \rho(U_{z_1}(\mathcal{E}_k))}{m};$$

- б) определить наиболее эффективное управление  $U_1(F_1^*)$  для параметра управления  $F_1^*$  в текущих условиях РС:

$$U_1(F_1^*) : \max_{z_1=1}^{\varphi_1^1} \rho(U_{z_1}(\mathcal{E}_k)).$$

**5. Конец.**

Следует отметить, что таким же образом можно сформировать множество  $U^* = \{U_j(F_j)\}, j = 1, \varphi$  управлений, которые, в первую очередь, целесообразно реализовать при изменении, под влиянием возмущающих факторов РС, различных параметров управления  $F = \{F_j\}, j = 1, \varphi$ . Для этого следует сформировать биективное соответствие  $G_3 \subseteq F \times U^*$ , первая проекция которого определяется различными параметрами управления  $F_j \in F$ , а вторая – взаимно-однозначно соответствующими им управлениями  $U_j(F_j) \in U^*$ .

Таким образом, предложенные выше инструментальные средства позволяют организовать подсистему управления эффективностью производственной деятельности СО в нестабильных условиях экономической среды по отклонению. Кроме того, если установить соответствие между возмущающими факторами РС, параметрами управления и эффективностью реализации управлений при появлении в среде различных возмущающих факторов, то можно организовать эффективное управление производственной деятельностью СО по возмущению.

Для решения данной задачи, на основе накопленного опыта управления, формируется соответствие  $G_4 \subseteq P \times F$ . Каждый элемент соответствия  $G_4$  определяется следующим образом, если для пары  $\langle P_i \in P, F_j \in F \rangle$  выполняется условие: " $F_j \& P_i \rightarrow F_j \pm \Delta F_j$ " (приведенная запись означает, что появление в экономической среде возмущающего фактора  $P_i$  сопровождается либо снижением оценки параметра управления  $F_j$  на величину, равную  $-\Delta F_j$ , либо его увеличением на величину, равную  $+\Delta F_j$ ), то пара  $\langle P_i, F_j \rangle \in G_4$ .

Следовательно, операция композиции между соответствиями  $G_4$  и  $G_3$  позволяет получить соответствие  $G_5 = G_4 G_3, G_5 \subseteq P \times U^*$ , состоящее из множества пар  $\langle P_i, U_j(F_j) \rangle$ . На основе таких пар в подсистеме управления производственной деятельностью по возмущению формируется множество решающих правил, каждое из которых имеет следующее содержание:

*Если в окружающей среде СП наблюдается возмущающий фактор  $P_i \in P$ , то в ответ на его появление целесообразно выполнить управление  $U_j(F_j) \in U^*$ , позволяющее, либо полностью устранить, либо снизить его негативное влияние на производственную деятельность.*

На основании полученных таким образом решающих правил формируется база знаний подсистемы управления эффективностью производственной деятельности СО по возмущению.

**Вывод.** Резюмируя результаты исследования, можно сформулировать следующее:

1. Разработанные в работе инструментальные средства и методы управления позволяют организовать эффективное управление производственной деятельностью строительной организации, и на этой основе повысить эффективность строительного производства в различных условиях экономической среды при наличии в ней спонтанно возникающих возмущающих факторов.

2. Предложенный принцип организации управления по отклонению и возмущению, опираясь на накопленный опыт, позволяет обеспечить наиболее эффективное состояние производственной деятельности строительной организации в нестабильных условиях экономической среды на основе выбора и реализации наиболее эффективных для них методов управления.

3. Разработанный принцип организации управления эффективностью производственной деятельности строительной организации позволяет сформировать эффективные подсистемы управления и другими видами деятельности, например, организовать управление материально-техническим снабжением, финансовой деятельностью и т.д.

### Библиографический список:

1. Растрингин Л.А. Современные принципы управления сложными объектами /Л.А. Растрингин. – М.: Советское радио, 1980. -232 с.
2. Пшиханов В.Х., Медведев М.Ю. Управление подвижными объектами в условиях определенности и неопределенности /В.Х. Пшиханов. М.: Наука, 2011. -349 с.
3. Макаров И.М., Виноградская Т.М., Рубчинский А.А., Соколов В.Б. Теория выбора и принятия решений/ И.М. Макаров. – М.: Наука, 1982. -328 с.
4. Трофимов В.В., Трофимова А.А. Методы принятия управленческих решений/ В.В. Трофимов. М.: Юрайт, 2013. – 336 с.
5. Вентцель Е.С. Исследование операций: задачи, принципы, методология/ Е.С. Вентцель. – М.: Наука, 1980. – 208 с.
6. Заде Л. Логико-лингвистическая переменная и ее применение для принятия приближенных решений / Л. Заде. – М.: Мир, 1976. – 168 с.
7. Борисов А.Н. Обработка нечеткой информации в системах принятия решений. – М.: Радио и связь, 1989. – 304 с.
8. Ершов Е.В., Варфоломеев И.А., Богачев Д.В. Нейро-нечёткое управление многосвязными объектами в металлургии / Е.В. Ершов. – Saarbruecken (Germany): LAP Lambert Academic Publishing, 2014. – 169 с.
9. Пегат А. Нечеткое моделирование и управление/ Пер. с англ. 2-е изд. М.: БИНОМ, 2013. -798 с.
10. Конюшин Ю.П., Егунов Н.Д., Конюшин П.Ю. Синтез регуляторов с позиции нечетких множеств/ Ю.П. Конюшин // Вопросы радиоэлектроники. 2015. № 10. С. 23-33.
11. Darwish A., Poleshchuk O. A novel intellectual decision support model of careers based on semantic spaces Applied/ A. Darwish //Mathematics and Information Sciences. 2017 Vol. 11 , Issue 1 . P. 251 - 258
12. Darwish A. , Poleshchuk O., Komarov E. A new fuzzy linear regression model for a special case of interval type - 2 fuzzy sets Applied/ A. Darwish // Mathematics and Information Sciences 2016 . Vol. 10 , Issue 3 . P. 1209 – 1214.
13. Тэрано Т., Аксаи К., Сугэнэ М. Прикладные нечеткие системы/ Т. Тэрано. М.: Мир, 1993. -368 с.
14. Мизюн В.А. Интеллектуальное управление производственными системами и процессами: принципы организации и инструменты / В.А. Мизюн. Тольятти: СНЦ РАН, 2012. – 214 с.
15. Мелехин В.Б., Алиев С.Н., Вердиев М.М. Лингвистические функции и особенности их применения в системах управления и принятия решений / В.Б. Мелехин // Научно-технические ведомости СПб ГПУ. – Основной выпуск. 2008. №2. – С. 249 – 254.
16. Тахаси С. Занимательная статистика. Регрессионный анализ. М.:ДМК, 2015. -146 с.
17. Овсянников Г.Н. Факторный анализ в доступном изложении. Изучение многопараметрических систем и процессов/ Г.Н. Овсянников. М.: Либроком, 2013. -176 с.
18. Лоули Д., Максвелл А. Факторный анализ как статистический метод / Д. Лоули. М.: Книга по требованию, 2012. – 145 с.
19. Абдулкаримов И.С. Факторный анализ и метод цепных подстановок / И.С. Абдулкаримов // Социально-экономические явления и процессы. 2015. №2 (Том 10). –С.7-11.
20. Мелехин В.Б., Гамзатов А.Я.Факторный анализ прибыли и рентабельности строительного предприятия/ В.Б. Мелехин // Научное обозрение. 2014. №12. С. 421-426.

### References:

1. Rastrigin L.A. Sovremennye printsipy upravleniya slozhnymi ob"ektami. M.: Sovetskoe radio; 1980. 232 s. [Rastrigin L.A. Modern principles of managing complex objects. M.: Sovetskoe radio; 1980. 232 p. (In Russ.)]
2. Pshikhanov V.Kh., Medvedev M.Yu. Upravlenie podvizhnymi ob"ektami v usloviyakh opredelennosti i neopredelennosti. M.: Nauka; 2011. 349 s. [Pshikhanov V.Kh., Medvedev M.Yu. Management of mobile objects in conditions of certainty and uncertainty. M.: Nauka; 2011. 349 p. (In Russ.)]
3. Makarov I.M., Vinogradskaya T.M., Rubchinskii A.A., Sokolov V.B. Teoriya vybora i prinyatiya reshenii. M.: Nauka; 1982. 328 s. [Makarov I.M., Vinogradskaya T.M., Rubchinskii A.A., Sokolov V.B. The theory of choice and decision-making. M.: Nauka; 1982. 328 p. (In Russ.)]
4. Trofimov V.V., Trofimova A.A. Metody prinyatiya upravlencheskikh reshenii. M.: Yurait; 2013. 336 s. [Trofimov V.V., Trofimova A.A. Methods of making managerial decisions. M.: Yurait; 2013. 336 p. (In Russ.)]
5. Venttsel' E.S. Issledovanie operatsii: zadachi, printsipy, metodologiya. M.: Nauka; 1980. 208 s. [Venttsel' E.S. Research of operations: tasks, principles, methodology. M.: Nauka; 1980. 208 p. (In Russ.)]
6. Zade L. Logiko-lingvisticheskaya peremennaya i ee primeneniye dlya prinyatiya priblizhennykh reshenii. M.: Mir; 1976. 168 s. [Zade L. Logical-linguistic variable and its application for making approximate decisions. M.: Mir; 1976. 168 p. (In Russ.)]
7. Borisov A.N. Obrabotka nechetkoi informatsii v sistemakh prinyatiya reshenii. M.: Radio i svyaz'; 1989. 304 s. [Borisov A.N. Processing of fuzzy information in decision-making systems. M.: Radio i svyaz'; 1989. 304 p. (In Russ.)]
8. Ershov E.V., Varfolomeev I.A., Bogachev D.V. Neuro-nechetkoe upravlenie mnogosvyaznymi ob"ektami v metallurgii. Saarbruecken: LAP Lambert Academic Publishing; 2014. 169 s. [Ershov E.V., Varfolomeev I.A., Bogachev D.V. Neuro-fuzzy control of multiply connected objects in metallurgy. Saarbruecken: LAP Lambert Academic Publishing; 2014. 169 p. (In Russ.)]

9. Pegat A. Nechetkoe modelirovanie i upravlenie. M.: BINOM; 2013. 798 s. [Pegat A. Fuzzy modeling and control. M.: BINOM; 2013. 798 p. (In Russ.)]
10. Konyushin Yu.P., Egupov N.D., Konyushin P.Yu. Sintez regulyatorov s pozitsii nechetkikh mnozhestv. Voprosy radioelektroniki. 2015;10:23-33. [Konyushin Yu.P., Egupov N.D., Konyushin P.Yu. Synthesis of regulators from the position of fuzzy sets. Voprosy radioelektroniki. 2015;10:23-33. (In Russ.)]
11. Darwish A., Poleshchuk O. A novel intellectual decision support model of careers based on semantic spaces. Applied Mathematics and Information Sciences. 2017; 11(1):251-258.
12. Darwish A., Poleshchuk O., Komarov E. A new fuzzy linear regression model for a special case of interval type - 2 fuzzy sets. Applied Mathematics and Information Sciences. 2016;10(3):1209 – 1214.
13. Terano T., Aksai K., Sugeno M. Prikladnye nechetkie sistemy. M.: Mir; 1993. 368 s. [Terano T., Aksai K., Sugeno M. Applied fuzzy systems. M.: Mir; 1993. 368 p. (In Russ.)]
14. Mizyun V.A. Intel'ektual'noe upravlenie proizvodstvennymi sistemami i protsessami: printsipy organizatsii i instrumenty. Tol'yatti: SNTs RAN; 2012. 214 s. [Mizyun V.A. Intelligent management of production systems and processes: organisational principles and tools. Tol'yatti: SNTs RAN; 2012. 214 p. (In Russ.)]
15. Melekhin V.B., Aliev S.N., Verdiev M.M. Lingvisticheskie funktsii i osobennosti ikh primeneniya v sistemakh upravleniya i prinyatiya reshenii. Nauchno-tehnicheskie vedomosti SPb GPU. Osnovnoi vypusk. 2008;2:249-254. [Melekhin V.B., Aliev S.N., Verdiev M.M. Linguistic functions and features of their application in control systems and decision-making. St. Petersburg Polytechnic University Journal of Engineering Science and Technology. 2008;2:249-254. (In Russ.)]
16. Takhasi S. Zanimatel'naya statistika. Regressionnyi analiz. M.:DMK; 2015. 146 s. [Takhasi S. Interesting statistics. Regression analysis. M.:DMK; 2015. 146 p. (In Russ.)]
17. Ovsyannikov G.N. Faktorny analiz v dostupnom izlozhenii. Izuchenie mnogoparametricheskikh sistem i protsessov. M.: Librokom; 2013. 176 s. [Ovsyannikov G.N. Factor analysis in an accessible presentation. Study of multiparameter systems and processes. M.: Librokom; 2013. 176 p. (In Russ.)]
18. Louli D., Maksvell A. Faktorny analiz kak statisticheskii metod. M.: Kniga po trebovaniyu; 2012. 145 s. [Louli D., Maksvell A. Factor analysis as a statistical method. M.: Kniga po trebovaniyu; 2012. 145 p. (In Russ.)]
19. Abdulkarimov I.S. Faktorny analiz i metod tsepnykh podstanovok. Sotsial'no-ekonomicheskie yavleniya i protsessy. 2015;2(10):7-11. [Abdulkarimov I.S. Factor analysis and the method of chain substitutions. Socio-Economic Phenomena and Processes. 2015;2(10):7-11. (In Russ.)]
20. Melekhin V.B., Gamzatov A.Ya. Faktorny analiz pribyli i rentabel'nosti stroitel'nogo predpriyatiya. Nauchnoe obozrenie. 2014;12:421-426. [Melekhin V.B., Gamzatov A.Ya. Factor analysis of profit and profitability of a construction company. Science review. 2014;12:421-426. (In Russ.)]

#### **Сведения об авторах:**

**Исмаилова Шани Тагировна** – доктор экономических наук, профессор, заведующая кафедрой экономической теории.

**Мелехин Владимир Борисович** – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой программного обеспечения вычислительной техники и автоматизированных систем.

**Хачумов Вячеслав Михайлович** – доктор технических наук, профессор, заведующий лаб. 0-4. «Методы интеллектуального управления».

#### **Information about the authors:**

**Shani T. Ismailova** - Dr. Sci. (Economics), Prof., Head of the Department of Economic Theory.

**Vladimir B. Melekhin** - Dr. Sci. (Technical), Prof., Head of the Department of Computer Software and Automated Systems.

**Vyacheslav M. Khachumov** - Dr. Sci. (Technical), Prof., Head of the Laboratory 0-4 «The Methods of Intellectual Control».

#### **Конфликт интересов.**

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Поступила в редакцию** 13.07.2017.

**Принята в печать** 23.08.2017.

#### **Conflict of interest.**

The authors declare no conflict of interest.

**Received** 13.07.2017.

**Accepted for publication** 23.08.2017