

УДК 517.929

© Черноскутов А.И., Зорин Э.Ф., Бордюков М.М., Якименко В.М.  
Chernoskutov A., Zorin E., Bordjukov M., Yakimenko V.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА ОЦЕНИВАЕМОЙ ВЫБОРКИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТОВ ВЕСОМОСТИ И ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

### USE OF THE METHOD OF ESTIMATED SAMPLE FOR DEFINITION FACTORS OF WEIGHTINESS AND ESTIMATION OF QUALITY OF SCIENTIFIC RESEARCHES

**Аннотация.** В статье рассматривается использование метода оцениваемой выборки (ОцВ) для определения конечного результата научных исследований. Представлены аналитические соотношения, позволяющие при отсутствии обучающей выборки, использовать саму ОцВ как для определения коэффициентов весомости, так и оценки качества научных исследований.

**Annotation.** In the article use of a method of estimated sample (ES) for definition of the end result of scientific researches is considered. The analytical ratio allowing in the absence of training sample are presented, to use ES as for definition of factors of weightiness, and an estimation of quality of scientific researches.

**Ключевые слова.** Обучающая и оцениваемая выборки, коэффициенты весомости, оценка качества.

**Key words.** Training and estimated samples, weightiness factors, quality estimation.

#### Введение

Актуальность решения задачи оценки качества выпускаемой продукции всегда была высокой. В последнее время в Интернете [1,2] широко обсуждается проблема оценки качества научных исследований. При этом отмечаются следующие характерные этапы оценки качества исследований:

- каждому научному результату присваивается определенный численный балл;
- при наличии нескольких результатов каждому из них присваивается определенный «вес», характеризующий значимость ожидаемого частного результата в общей результативности научного исследования;
- при проведении оценки научной результативности значения баллов по каждому частному виду научного результата умножаются на соответствующие значения весовых коэффициентов и суммируются;

• предпочтение отдается тому общему результату, который набирает максимальное количество баллов.

Основной недостаток данного подхода заключается в необходимости определения коэффициентов весомости каждого частного научного результата. Для повышения достоверности оценок полученных научных результатов авторы предлагают использовать методы, основанные на обучающей выборке (ОбВ) [3], которые не требуют сопоставления и выявления важности свойств рассматриваемых объектов. Один из подходов при формировании ОбВ заключается в использовании самой оцениваемой выборки (ОцВ).

#### Выбор номенклатуры показателей оценки качества научных исследований

К основным показателям оценки качества научных исследований научно-исследовательских организа-

Черноскутов Анатолий Иванович – доктор технических наук, старший научный сотрудник, главный научный сотрудник, 4ЦНИИ Минобороны России, тел. (495) 515-25-75;

Зорин Эдуард Фёдорович – кандидат технических наук, старший научный сотрудник, ведущий научный сотрудник, 4ЦНИИ Минобороны России;

Бордюков Михаил Михайлович – кандидат технических наук, старший научный сотрудник, ведущий научный сотрудник, 4 ЦНИИ Минобороны России;

Якименко Владимир Михайлович – научный сотрудник 4ЦНИИ Минобороны России.

Chernoskutov Anatoly – dr. sci. tech., the senior scientific employee, the main scientific employee, 4CSRI Ministry of Defence of Russia, tel. (495) 515-25-75;

Zorin Eduard – kand. sci. tech., the senior scientific employee, the senior scientific employee 4CSRI Ministry of Defence of Russia;

Bordjukov Michail – kand. sci. tech., the senior scientific employee, senior research fellow, 4CSRI Ministry of Defence of Russia;

Yakimenko Vladimir – the scientific employee, 4CSRI Ministry of Defence of Russia.

ций (НИО) относятся следующие:

- степень актуальности ( $X_1$ );
- степень значимости ( $X_2$ );
- уровень применимости ( $X_3$ );
- степень новизны ( $X_4$ );
- уровень комплексности ( $X_5$ );
- уровень квалификации исполнителей ( $X_6$ );
- степень реализации результатов исследований ( $X_7$ );
- уровень вклада в развитие лабораторно-экспериментальной базы исследований ( $X_8$ ).

Каждый из основных показателей качества подразделяется на несколько составляющих, которые количественно оцениваются в баллах (от 0 до 5 баллов).

Рассмотрим более подробно основные показатели оценки качества научных исследований.

#### *Степень актуальности*

Показатель определяется соответствием тематики исследований задачам, заданными руководящими документами министерства (ведомства).

НИР признается:

- высоко актуальной, если в ней решаются актуальные задачи министерства или других ведомств, органов государственного управления в целом, обеспечения национальной безопасности, предусмотренные Перспективным планом научной работы министерства, другими руководящими документами министерства, требующие решения в ближайшей перспективе (до 3 лет);
- актуальной, если в ней решаются актуальные частные задачи других ведомств, органа государственного или другого управления, предусмотренные Перспективным планом научной работы, другими руководящими документами министерств, требующие решения в среднесрочной перспективе (3-5 лет);
- недостаточно актуальной, если в ней решаются отдельные частные задачи, не требующие срочного выполнения;
- низко актуальной, если в ней решаются отдельные частные задачи, требующие решения в рамках плановых заданий (в соответствии с планами научной работы исполнителей), не требующие срочного выполнения и реализация которых носит проблематичный характер.

#### *Степень значимости*

Показатель определяется уровнем задания работы (на основании решения Президента Российской Федерации, Правительства Российской Федерации, руководителей органов управления министерств).

По степени значимости НИР подразделяются на следующие:

- надведомственные - заданные в обеспечение вы-

полнения указов Президента, постановлениями Правительства Российской Федерации, Совета безопасности РФ и другими документами федерального уровня;

- межведомственные - заданные решениями, приказами, директивами министра, его заместителями, а также совместными решениями министерства и других ведомств;
- внутриведомственные - заданные руководителями органов управления.

#### *Уровень применимости*

Данный показатель оценивается по уровню и направленности использования предполагаемых результатов исследований НИР (концептуальные, системные, прикладные, обеспечивающие).

По уровню применимости НИР подразделяются на следующие:

- концептуальные, содержащие разработку доктринальных документов, концепций, стратегий и способов обеспечения информационной безопасности государства;
- системные, содержащие обоснование перспектив развития систем (комплексов) и образцов спецтехники, технологий, материалов и требований на их разработку;
- прикладные, содержащие анализ и оценку различных вариантов технических и технологических решений при создании образцов техники, результатов испытаний и эксплуатации образцов техники, проверки технологических процессов; проведение экспертиз; разработку методов совершенствования техники и технологий, применения отдельных видов аппаратуры, систем, научной организации труда, испытаний, обучения;
- обеспечивающие, содержащие разработку руководящих, эксплуатационных документов по созданию и применению спецтехники, научных трудов по экономике, информатике и другим областям науки и техники, по планированию и ведению производства; разработку средств обучения; анализ и обобщение достигнутых результатов в различных областях науки и техники в Российской Федерации и за рубежом для выработки рекомендаций, необходимых при выполнении НИР.

#### *Степень новизны*

Определяется вкладом результатов, полученных в процессе исследований в развитие той или иной области науки или в решение задач практической деятельности исходя из наличия прототипов, в том числе зарубежных и российских, степенью развития и уточнения ранее полученных результатов.

Научно-исследовательским работам могут быть присвоены следующие степени новизны:

- высокая, если НИР содержит решение новых

проблем, требующих разработки основных положений теории, либо новых теоретических и методологических положений; решения новых задач, требующих уточнения существующих теоретических (методологических) положений, либо разработки новых методов и методик на основе известных положений теории;

- средняя, если НИР содержит решение актуальных задач, требующих уточнения известных методов и методик, либо обобщения существующих методических подходов, либо разработки аналитических материалов с использованием известных методов;

- низкая (ограниченная), если НИР содержит уточнение и обобщение отдельных результатов ранее выполненных исследований, либо результаты исследований носят реферативный, информационный характер.

#### *Уровень комплексности*

Оценивается по степени участия НИО в комплексных научно-исследовательских работах, проводимых на межведомственном, ведомственном и внутриведомственном уровнях.

НИР могут иметь следующие уровни комплексности:

- высокий – если НИР является межведомственной (заданной высшими органами исполнительной власти или несколькими заказчиками – представителями различных министерств (ведомств), выполняемой при головной роли оцениваемой НИО с участием других НИО, институтов РАН и высшей школы);

- средний – если НИР является ведомственной (заданной одним заказчиком или выполняемой при головной роли оцениваемой НИО с участием других НИО, институтов РАН и высшей школы);

- низкий – если выполняемая НИО НИР является внутриведомственной или является составной частью ведомственной НИР.

#### *Уровень квалификации исполнителей*

Оценивается по степени участия в выполняемой НИР сотрудников высшей квалификации и сотрудников с большим научно-исследовательским стажем работы.

В соответствии с квалификацией исполнителей НИР могут быть присвоены следующие уровни квалификации:

- высокий, если НИР выполнена или выполняется под руководством доктора наук с участием не менее 50% сотрудников-исполнителей НИР, имеющих стаж научно-исследовательской работы не менее 10 лет;

- средний, если НИР выполнена или выполняется под руководством кандидата наук с участием не менее 50% сотрудников-исполнителей НИР, имеющих стаж научно-исследовательской работы не менее 5 лет;

- низкий, если выполняемая НИР не удовлетворяет выше перечисленным условиям.

#### *Степень реализации результатов исследований*

Определяется внедрением в практическую деятельность оборонно-промышленного комплекса и Минобороны России результатов исследований НИР.

НИР оцениваются по следующим составляющим:

- есть реализация результатов исследований – если НИР реализована в течение 1 года после завершения исследований;

- нет реализации результатов исследований – если НИР не реализована в течение 1 года после завершения исследований.

#### *Уровень вклада в развитие лабораторно-экспериментальной базы исследований*

Уровень вклада в развитие лабораторно-экспериментальной базы исследований определяется:

- наличием патентов, официальной регистрацией разработанных программного обеспечения и баз данных;

- утвержденными нормативными документами и методиками межведомственного, ведомственного и внутриведомственного назначения;

- разработанными заявками на изобретения, нормативными документами и методиками, не апробированными и не утвержденными установленным образом.

Контрольные значения показателей оценки качества НИР в баллах представлены в табл.1.

Определение конечных результатов научно-исследовательских работ по всей совокупности показателей осуществляется с использованием метода оцениваемой выборки.

### **Формирование шкалы оценки качества сравниваемых вариантов**

В статье [3] проведена оценка качества средств защиты информации на основе оцениваемой выборки (ОцВ). Если кратко, то суть использования ОцВ сводилась к формированию из многих показателей шкалы оценки путем нахождения двух эталонов худшего ( $\Theta_x$ ) и лучшего ( $\Theta_n$ ) качества. Прямая, соединяющая эти два эталона, служила шкалой оценки сравниваемых вариантов.

Оценка комплексного показателя качества результатов первого варианта  $Q_1$  при многих показателях осуществлялась путем проведения через оцениваемую точку плоскости перпендикулярно прямой  $\Theta_x\Theta_n$ . Пересечение данной плоскости с этой прямой определяло точку, которая на шкале оценки характеризовала значение комплексного показателя качества (КПК)  $Q_1$  в пространстве единичных показателей  $q_j$ . Величина КПК определялась

**Контрольные значения показателей оценки качества НИР**

№ п/п	Наименование показателя качества научно-исследовательских работ	Значения показателя (баллы)
<b>1</b>	<b>Степень актуальности</b>	
1.1	Высоко актуальные	5
1.2	Актуальные	4
1.3	Недостаточно актуальные	2
1.4	Низко актуальные	1
<b>2</b>	<b>Степень значимости</b>	
2.1	Надведомственные	5
2.2	Межведомственные	3
2.3	Внутриведомственные	1
<b>3</b>	<b>Уровень применимости</b>	
3.1	Концептуальные	5
3.2	Системные	4
3.3	Прикладные	3
3.4	Обеспечивающие	1
<b>4</b>	<b>Степень новизны</b>	
4.1	Высокая степень новизны	5
4.2	Средняя степень новизны	4
4.3	Низкая (ограниченная) степень новизны	2
<b>5</b>	<b>Уровень комплексности</b>	
5.1	Высокий	5
5.2	Средний	3
5.3	Низкий	1
<b>6</b>	<b>Уровень квалификации исполнителей</b>	
6.1	Высокий	5
6.2	Средний	3
6.3	Низкий	1
<b>7</b>	<b>Степень реализации результатов исследований</b>	
7.1	Есть реализация результатов исследований	5
7.2	Нет реализации результатов исследований	0
<b>8</b>	<b>Уровень вклада в развитие лабораторно-экспериментальной базы исследований</b>	
8.1	Наличие патентов, официальная регистрация разработанных программного обеспечения и баз данных	5
8.2	Утвержденные нормативные документы и методики межведомственного, ведомственного и внутри институтского назначения	4
8.3	Разработанные заявки на изобретения, нормативные документы, методики, не апробированные и не утвержденные установленным образом	2
8.4	Не удовлетворяет п.п. 8.1, 8.2, 8.3	1

формулой

$$Q_1 = \sum_{j=1}^k \Delta q_j (q_{1j} - q_{xj}) / \sum_{j=1}^k \Delta q_j^2 \quad (1)$$

Достоверность полученных оценок может быть повышена путем учета коэффициентов весомости  $W_j$  в формуле (1).

С учетом коэффициентов весомости  $W_j$  формула (1) после некоторых преобразований приводится к стандартному виду

$$Q_i = \sum_{j=1}^k W_j \Delta q_{ij}, \quad i = \bar{1}, \bar{N}, \quad j = \bar{1}, \bar{k}, \quad (2)$$

где

$$W_j = \Delta q_j / \sum_{j=1}^k \Delta q_j^2, \quad (3)$$

$$\Delta q_{ij} = q_{ij} - q_{xj}, \quad (4)$$

$$\Delta q_j = q_{lj} - q_{xj}. \quad (5)$$

В приведенных выше формулах (2) – (5) приняты следующие обозначения:

$W_j$  – коэффициенты весомости;

$\Delta q_{ij}$  – отклонения  $j$ -го ЕП  $i$ -го результата научных исследований  $q_{ij}$  по отношению к ЕП  $q_{xj}$  худшего эталона;

$\Delta q_j$  – разностей между ЕП худшего и лучшего эталонов.

Заметим, что в формулах (2) – (5) отклонения  $\Delta q_j$  и коэффициенты весомости  $W_j$ , во-первых, не зависят от сравниваемых  $i$ ,  $i = \bar{1}, \bar{N}$  результатов научных исследований, во-вторых, обеспечивают равенство нулю и единице КПК на границах шкалы оценки качества, при

этом худший показатель  $Q(\vartheta_x)$  принимает значение, равное нулю, а лучший показатель  $Q(\vartheta_x)$  – значение, равное единице.

**Пример оценки качества сравниваемых результатов НИО**

Предлагаемый метод может быть продемонстрирован на примере сравнения научно-исследовательских результатов, полученных тремя (N=3) научно-исследовательскими организациями (НИО) с исходными данными, приведенными в табл. 2.

Таблица 2

**Исходные данные для сравнительной оценки качества НИО**

Показатель оценки научных исследований		Сравниваемые НИО		
		НИО 1 (баллы)	НИО 2 (баллы)	НИО 3 (баллы)
$X_1$	Степень актуальности	5	2	1
$X_2$	Степень значимости	3	1	5
$X_3$	Уровень применимости	4	5	3
$X_4$	Степень новизны	5	2	4
$X_5$	Уровень комплексности	3	5	3
$X_6$	Уровень квалификации исполнителей	3	1	5
$X_7$	Степень реализации результатов исследований	0	5	0
$X_8$	Уровень вклада в развитие лабораторно-экспериментальной базы исследований	5	2	1

Для проведения оценки качества исследований НИО разнородные показатели табл. 1 приводятся к безразмерному виду. После нормирования

$$q_j = X_j / X_{j_{max}}, i = \overline{1, 3}; j = \overline{1, 8}$$

они принимают значения, указанные в табл. 3.

Таблица 3

**Нормированные показатели НИР для оценки качества НИО**

Нормированные показатели НИО		Сравниваемые НИО		
		НИО 1	НИО 2	НИО 3
$q_1$	Степень актуальности	1	0,4	0,2
$q_2$	Степень значимости	0,6	0,2	1
$q_3$	Уровень применимости	0,8	1	0,6
$q_4$	Степень новизны	1	0,4	0,8
$q_5$	Уровень комплексности	0,6	1	0,6
$q_6$	Уровень квалификации исполнителей	0,6	0,2	1
$q_7$	Степень реализации результатов исследований	0	1	0
$q_8$	Уровень вклада в лабораторно-экспериментальную базу исследований	1	0,4	0,2

С учетом изложенного выше значения единичных показателей, эталонов  $\vartheta_x, \vartheta_l$  и коэффициентов весомости  $W_j$  представлены в табл. 4.

Таблица 4

**Значения ЕП эталонов  $\vartheta_x, \vartheta_l$  и коэффициентов весомости  $W_j$**

ЕП	$q_1$	$q_2$	$q_3$	$q_4$	$q_5$	$q_6$	$q_7$	$q_8$
$\vartheta_x$	1	1	1	1	1	1	1	1
$\vartheta_l$	0,2	0,2	0,6	0,4	0,6	0,2	0	0,2
$W_j$	0,179	0,179	0,089	0,134	0,089	0,179	0,223	0,179

В качестве альтернативы предлагаемому способу в табл. 5 приведены результаты метода оценки качества результатов НИО на основе метода идеальной точки (МИТ) [3], предусматривающего «близость» к идеальному (лучшему) эталону сравниваемых НИО. Из табл. 5 виден недостаток МИТ в отличие от МДЭ, заключающийся в отсутствии меры качества удаления от идеальной точки (шкала качества от 0 до 1), хотя результаты ранжирования по качеству исследований НИО рассматриваемыми методами совпадают.

Таблица 5

**Значения ЕП эталонов  $\vartheta_x, \vartheta_l$  и коэффициентов весомости  $W_j$**

Метод двух эталонов	$Q_1$	$Q_2$	$Q_3$
		0,528	0,366
Метод идеальной точки	$R_1$	$R_2$	$R_3$
	1,233	1,536	1,625

Выявление предпочтительного НИО осуществляется путем ранжирования полученных значений комплексных показателей качества  $Q_i$  в ряд

$$Q_1 > Q_2 > Q_3 \rightarrow 0,528 > 0,366 > 0,34,$$

из которого по результатам сравнения комплексных показателей качества НИР определяется предпочтительность научно-исследовательских организаций (НИО 1 > НИО 2 > НИО 3), участвующих в выполнении работ.

Достоинствами предлагаемого метода являются:

- возможность формирования шкалы оценки при наличии разнородных оцениваемых свойств;
- отсутствие требования наличия высококвалифицированных экспертов, необходимых для определения важности свойств при назначении им коэффициентов весомости;
- отсутствие ограничений как на количество единичных показателей, так и на число сравниваемых свойств;
- наличие легко программируемых формул, обе-

спечивающих возможность автоматизации процесса определения предпочтительного варианта научного исследования;

- возможность осуществления иерархической оценки сложных свойств с разбивкой их на группы.

В заключение следует отметить, что разработанный метод является универсальным, обеспечивающим возможность оценки качества научных исследований при расширении вектора показателей оцениваемых параметров.

#### *Литература*

1. Полонский В.М. Критерии оценки качества и новизны исследований. // [http://www.bim-bad.ru/biblioteka/article\\_full.php?aid#1567](http://www.bim-bad.ru/biblioteka/article_full.php?aid#1567).
2. Токарев К. Е. Факторный анализ как эффективный метод оценки качества оказания медицинских услуг // *Современные научные исследования и инновации*. // <http://web.snauka.ru/issues/2011/09/2115>.
2. Чернокутов А.И., Зорин Э.Ф., Рыжов Б.С. Использование метода оцениваемой выборки для определения предпочтительного средства защиты информации // *Двойные технологии*, № 4 (53, 2010). С. 19-24.
3. Чернокутов А.И. и др. Прогнозирование цены изделия по характеристикам его качества // *Цены на машины и оборудование на капиталистическом рынке. Третий выпуск*. – М.: ВНИКИ МВЭС СССР, 1990, с. 2-109.

Материал поступил в редакцию 20. 03. 2012 г.