

## ПОДХОД К ОБОСНОВАНИЮ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ НАУЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ РОССИЙСКИХ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ

Николай Михайлович ЕМЕЛИН родился в 1947 году в городе Москве. Заместитель директора ФГНУ «Государственный научно-методический центр». Доктор технических наук, профессор. Основные научные интересы — в области надежности, эффективности сложных систем и теории управления. Автор более 250 научных работ. E-mail: nme47@mail.ru

Nickolay M. EMELIN, D.Sci, was born in 1947, in Moscow. He is a Deputy Director at the State Scientific and Methodological Center. His research interests are in reliability, complex system effectiveness, control theory. He has published over 250 technical papers. E-mail: nme47@mail.ru

Ирина Николаевна ТАРАБРОВА родилась в городе Туле. Начальник отдела ФГНУ «Государственный научно-методический центр». Основные научные интересы — в области исследования проблем управления научной деятельностью молодых ученых на основе применения математического аппарата нечетких множеств. Автор двух научных работ. E-mail: Intar2005@yandex.ru

Irina N. TARABROVA, was born in Tula. She is the Head of a Department at the State Scientific and Methodological Center. Her research interests are in management of research activity for young scientists using fuzzy sets methods. She has published 2 technical papers. E-mail: Intar2005@yandex.ru

*Научная деятельность молодого ученого как сложная и многогранная система не в полной мере может быть оценена по традиционным методикам и показателям, поскольку ее результатами являются новые знания, воплощенные в научных публикациях, патентах, ноу-хау и др. Необходимо использовать особую систему показателей, позволяющую оценить научную деятельность молодого ученого наиболее полно и максимально достоверно.*

*Research activity of a young scientist as a complex and multilateral system cannot be evaluated completely using traditional techniques and indices. It occurs because of activity results present a new knowledge realizing in scientific publications, patents, know-how etc. It is needed to use a specific system of indices which allows us to evaluate research activity of young scientists with completeness and authenticity.*

**Ключевые слова:** молодой ученый, нечеткое множество, управление научной деятельностью, математическая модель, показатель, методика, экспертная оценка.

**Key words:** young scientist, fuzzy set, research activity management, mathematical model, index, methodology, expert evaluation.

Одной из основных составляющих научного потенциала России является категория молодых ученых, осуществляющих свою научную деятельность в научных организациях и вузах России. Достоверная оценка информации о российских молодых ученых (РМУ), представленная в наглядной и компактной форме, определяет такое понятие, как оценка их научной деятельности, и решающая роль в этом определении принадлежит выбору показателей, характеризующих деятельность РМУ.

Изначально все показатели целесообразно разделить по типам, а именно:

- информационные показатели, отражающие полную информацию о РМУ как о субъекте;
- количественно-качественные показатели, характеризующие эффективность научной деятельности РМУ.

В свою очередь, каждый тип показателей можно подразделить на виды, где каждый вид информационных показателей объединяет в себе показатели, дающие полную информацию о РМУ (название организации-вуза, профиль организации-вуза, фамилии и адреса РМУ и его научного руководителя, область науки, тематика проводимых исследований и т.д.), а каждый вид количественно-качественных показателей — это показатели, характеризующие результативность научной деятельности РМУ во всех видах ее реализации (количество публикаций РМУ с указанием вида и места издания, количество заявок на объекты интеллектуальной собственности, патентов, открытий, лицензий, количество и статус выигранных грантов на конкурсах, участие в конференциях, семинарах, победы на

олимпиадах с указанием уровня данных мероприятий и т.д.).

Нетрудно видеть, что количество показателей научной деятельности молодых ученых достаточно велико, и требуется выделить такие, которые в наибольшей степени характеризуют деятельность молодого ученого. При этом значительная часть параметров не может быть измерена.

Для определения параметров такого типа в работе [1] был применен математический аппарат лингвистических переменных и нечетких множеств.

Основу построения лингвистических переменных (к примеру, вес рассматриваемого показателя) составляет построение их терм-множеств, удовлетворяющих следующим условиям [2]:

$$\left\{ \begin{array}{l} \mu_{c_1}(\inf D) = 1; \\ \mu_{c_j}(\sup D) = 1; \\ \forall T_j \in T \setminus \{T_j\} \quad 0 < \sup \mu_{c_j \cap c_{j+1}}(d) < 1; \\ \forall T_j \in T \exists d \in D \mid \mu_{c_j}(d) = 1; \\ \exists d_1, d_2 \in D \mid \forall d \in D (d_1 < d < d_2), \end{array} \right. \quad (1)$$

где  $T_j$  — название  $j$ -й нечеткой переменной  $T_j \in T = \{T_j \mid j = \overline{1, J}\}$ ;

$$\tilde{C}_j(T_j) \text{ или упрощенно } \tilde{C}_j = \left\{ \left\langle \mu_{c_j}(d) / d \right\rangle (d \in D) \right.$$

— нечеткое подмножество множества  $D$ , описывающее ограничение на возможные значения нечеткой переменной  $T_j$ .

Для определения семантики значений лингвистических переменных будем применять способ, основанный на использовании функций принадлежности, в частности  $\pi$ -функции, определяемой следующей системой уравнений [1]:

$$\mu_{c_j}(d) = \pi(d, \eta_j^a, \eta_j^n, d_j^a, d_j^n)^{2\varphi}; \quad (2)$$

$$\pi(d, \eta_j^a, \eta_j^n, d_j^a, d_j^n) =$$

$$= \begin{cases} s(d, d_j^a - 2\eta_j^a, d_j^a - \eta_j^a, d_j^n) & \text{при } d \leq d_j^a; \\ 1 & \text{при } d_j^a \leq d \leq d_j^n; \\ 1 - s(d, d_j^n, d_j^n + \eta_j^n, d_j^n + 2\eta_j^n) & \text{при } d \geq d_j^n; \end{cases} \quad (3)$$

$$S(d, \xi, \tau, \delta) = \begin{cases} 0 & \text{при } d \leq \xi; \\ \frac{2(d - \xi)^2}{(\delta - \xi)^2} & \text{при } \xi \leq d \leq \tau; \\ 1 - \frac{2(\delta - d)^2}{(\delta - \xi)^2} & \text{при } \tau \leq d \leq \delta; \\ 1 & \text{при } d \geq \delta, \end{cases} \quad (4)$$

где  $d_j^a$  и  $d_j^n$  — параметры, задающие интервал минимальных значений базовой переменной  $d$ , степень принадлежности которых терму  $T_j \in T \setminus \{T_1, T_J\}$  равна 1;

$\eta_j^a$  и  $\eta_j^n$  — параметры, определяющие относи-

тельно значений  $d_j^a$  и  $d_j^n$  базовые значения  $d$ , степень принадлежности которых терму  $T_j \in T \setminus \{T_1, T_J\}$  равна 0,5;

$\varphi$  — параметр, определяющий вид функции принадлежности.

Для определения семантики крайних термов  $T_1$  и  $T_J$  следует использовать функцию принадлежности, которая задается выражениями:

$$\mu_{c_1}(d) = \pi(d, \eta_1^a, d_n, d_1^n)^{2\varphi}; \quad (5)$$

$$\pi(d, \eta_1^a, d_n, d_1^n) =$$

$$= \begin{cases} 1 & \text{при } d_n \leq d \leq d_1^n; \\ 1 - s(d, d_1^n, d_1^n + \eta_1^n, d_1^n + 2\eta_1^n) & \text{при } d \geq d_1^n; \end{cases} \quad (6)$$

$$\mu_{c_J}(d) = \pi(d, \eta_J^a, d_J^a, d_n)^{2\varphi}; \quad (7)$$

$$\pi(d, \eta_J^a, d_J^a, d_n) =$$

$$= \begin{cases} s(d, d_J^a - 2\eta_J^a, d_J^a - \eta_J^a, d_J^a) & \text{при } d \leq d_J^a; \\ 1 & \text{при } d_J^a \leq d \leq d_n, \end{cases} \quad (8)$$

и выражения (4).

Для точной интерпретации полученной информации используем метод полной интерпретации. В основе метода полной интерпретации лежит определение «центра тяжести» нечеткого множества в соответствии со следующим выражением:

$$\hat{T} = \frac{\int_{d=d^a-2\eta^a}^{d^n+2\eta^n} d \mu_T(d) dd}{\int_{d=d^a-2\eta^a}^{d^n+2\eta^n} \mu_T(d) dd}, \quad (9)$$

где  $\hat{T}$  — численная оценка для значения  $T$  лингвистической переменной «ВЕС»;

$d$  — базовая переменная лингвистической переменной «ВЕС»;

$\mu_T(d)$  — значение принадлежности базового значения  $d$  нечеткому множеству  $\tilde{T}$ , формализующему понятие  $T$ ;

$d^a - 2\eta^a$ ,  $d^n + 2\eta^n$  — левая и правая границы интервала базовой переменной, на котором определено формализующее понятие  $T$ .

Формула (9) позволяет переходить от функций принадлежности, формализующих значения лингвистической переменной, к точным количественным оценкам, компактно характеризующим суть используемых в процессе оценки научной деятельности РМУ параметров.

Для предотвращения субъективности, свойственной индивидуальным оценкам, следует предусмотреть обобщения полученной информации. Эта задача может быть решена путем усреднения полученных индивидуальных оценок в соответствии со следующим выражением:

$$\hat{\delta}_j = \frac{\sum_{k=1}^K \hat{\delta}_k}{K}, \quad (10)$$

где  $K$  — число экспертов, участвующих в индивидуальном оценивании;

$\hat{\delta}_k$  — индивидуальная оценка значимости, полученная по результатам работы  $k$ -го эксперта.

Полученная в соответствии с приведенным выражением групповая оценка значимости каждого показателя эффективности научной деятельности РМУ является устойчивой на множестве мнений экспертов группы, а в силу выполнения требований к подбору группы экспертов — достаточно представительной и достоверной.

Предлагаемый подход был применен для выявления наиболее значимых показателей оценки научной деятельности РМУ. Для определения значений параметров оценки в соответствии с вышеизложенным подходом в среде **MathCAD** был реализован программный комплекс, позволяющий каждому из экспертов с учетом имеющегося опыта и знаний о предметной области, определяя параметры разработанной  $\pi$ -функции (2)—(8), строить функции принадлежности.

Порядок действий при определении количественных значений лингвистической переменной «ВЕС» состоял в следующем:

1) каждому эксперту предлагалось построить функции принадлежности термов лингвистической переменной «ВЕС»;

2) функции принадлежности лингвистической переменной «ВЕС», построенные каждым экспертом, интерпретировались в количественные значения. Это позволило сформировать матрицу точечных значений нечетких переменных лингвистической переменной «ВЕС», строки которой соответствуют привлеченным для оценки экспертам, а столбцы — термам лингвистической переменной «ВЕС» (табл. 1);

3) экспертам был предложен перечень из 55 показателей, наиболее часто используемых для оценки различных видов научной деятельности, с целью определения наиболее значимых (весомых) из них;

4) значения нечетких переменных лингвистической переменной «ВЕС» для всех оцениваемых показателей, полученные по результатам экспертных оценок, были переведены в точечные значения нечетких переменных лингвистической переменной «ВЕС», для чего применялся метод полной интерпретации информации, выраженной нечеткими переменными, а также математический аппарат (2)—(9);

5) осуществлялся переход от матрицы значений нечетких переменных лингвистической переменной «ВЕС» к матрице их точечной интерпретации;

6) с целью получения обобщенной оценки значимости каждого показателя эффективности научной деятельности РМУ выполнялась процедура усреднения точечных оценок по каждому показателю в соответствии с выражением (10).

После вышеописанных процедур экспертной оценки были отобраны те показатели эффективности научной деятельности РМУ, обобщенная оценка которых превысила значение 0,500.

В результате проведения экспертизы был определен перечень из 17 наиболее значимых показателей оценки эффективности научной деятельности РМУ (табл. 2).

Таким образом, математический аппарат лингвистических переменных и нечетких множеств был успешно применен для определения перечня наи-

Таблица 1

Матрица точечных значений значимости лингвистической переменной «ВЕС» для пятичленного терм-множества

№ п/п	Эксперт	Термы лингвистической переменной «ВЕС»				
		Низкий	Ниже среднего	Средний	Достаточно высокий	Высокий
1	$\Theta_1$	0,085	0,250	0,500	0,750	0,915
2	$\Theta_2$	0,074	0,268	0,504	0,778	0,929
3	$\Theta_3$	0,069	0,263	0,499	0,771	0,930
4	$\Theta_4$	0,068	0,275	0,487	0,772	0,935
5	$\Theta_5$	0,073	0,288	0,503	0,769	0,933

## Перечень наиболее значимых показателей оценки эффективности научной деятельности РМУ

№ п/п	Показатель	Обобщенная экспертная оценка
1	Научные публикации	0,833
2	Доклады на конференциях и семинарах	0,721
3	Учебники и учебные (методические) пособия	0,694
4	Диссертация	0,693
5	Лицензия на право использования объектов интеллектуальной собственности	0,693
6	Медали, дипломы, грамоты, премии и т.п., полученные на конкурсах, выставках и т.п.	0,693
7	Победы в конкурсах на лучшую НИР, в конкурсных отборах инновационных проектов по приоритетным направлениям науки и техники	0,675
8	Подготовка научных кадров	0,661
9	Запуск в серийное производство изобретений и разработок	0,649
10	Именные стипендии	0,649
11	Участие в работе диссертационных советов, экспертных комиссий и т.п.	0,649
12	Заявки, поданные на объекты интеллектуальной собственности	0,633
13	Охранные документы, полученные на объекты интеллектуальной собственности	0,632
14	Выигранные гранты	0,631
15	Предложения от организаций и частных лиц о работе, сотрудничестве	0,631
16	Победы на олимпиадах	0,602
17	Участие в выполнении НИР	0,598

более значимых (весомых) показателей эффективности научной деятельности РМУ. При этом была произведена оценка показателей, выраженных качественно и поэтому не вполне удобных для измерения уровня их значимости с помощью прямых методов экспертной оценки.

### Выводы

Рассмотренный в статье подход к обоснованию показателей для оценки научной деятельности российских молодых ученых на основе математического аппарата нечетких множеств позволит наиболее полно и достоверно оценить эффективность

научной деятельности молодых ученых и усовершенствовать процессы управления ею.

### Библиографический список

1. Данилюк С.Г., Маслов В.Г. Обоснование нечеткого ситуационного подхода к созданию модели защиты информации с использованием сложных информационных объектов // Серпухов. Известия Института инженерной физики. 2007. № 2.
2. Классификация и кластер / Под ред. Дж. Райзина. — М.: Мир, 1980.

ФГНУ «Государственный научно-методический центр»  
Статья поступила в редакцию 9.06.2009

Сдано в набор 20.08.09. Подписано в печать 30.09.09.  
Бумага офсетная. Формат 60×84 1/8. Печать офсетная.  
Усл. печ. л. 18,13. Уч.-изд. л.19,50 . Тираж 170 экз.  
Заказ 4364/274.

Издательство МАИ-ПРИНТ  
(МАИ), Волоколамское ш., д. 4, Москва, А-80, ГСП-3 125993  
Типография Издательства МАИ  
(МАИ), Волоколамское ш., д. 4, Москва, А-80, ГСП-3 125993