

ОЦЕНКА КОМПЕТЕНТНОСТИ УЧАСТНИКОВ ИННОВАЦИОННОГО ПРОЕКТА НА ОСНОВЕ ПРАВИЛ НЕЧЕТКОГО ВЫВОДА

Ю. С. Сербулов*, Е. Н. Десятирикова**, О. Ю. Лавлинская***, М. Н. Рудакова***

*Воронежская государственная лесотехническая академия

**Воронежский государственный университет

***Воронежский институт высоких технологий

Поступила в редакцию 11.03.2013 г.

Аннотация. В статье представлена методика определения компетентности менеджеров инновационного проекта в соответствии с таксономией оценки компетенций P2M на основе правил нечеткого вывода.

Для построения функции принадлежности используется экспертный метод соотнесения количества критериальных признаков с качественной шкалой оценки компетенции.

Ключевые слова: инновация, мониторинг развития инновационного проекта, индикаторы и метрики инновации, лингвистическая переменная, правила вывода, критерии компетентности специалистов.

Annotation. The article describes a method of determining the competence of managers of the innovative project in accordance with the taxonomy P2M competence assessment based on the rules fuzzy logic.

To construct the membership function is used expert method of correlating the number of criterion symptoms with quality assessment scale of competence.

Keywords: innovation, monitor the development of the innovative project, indicators and metrics, innovation, linguistic variable, inference rules, criteria of competent professionals.

ВВЕДЕНИЕ

В международной практике получили распространение модели количественной оценки вероятности коммерческого успеха инновационных проектов, называемые «скоринговыми» и применяемые, прежде всего, на этапе отбора проектов для последующей реализации, либо в корпорациях для формирования портфеля инноваций [1].

При принятии решений о разработке новых продуктов ведущие компании мира в качестве «эффективного метода оценки инновационных проектов» используют тестирование различных аспектов каждой новой идеи по «ключевым факторам успеха», ранжированным в соответствии с их значимостью для страны и отрасли [3].

Для получения интегрированного количественного показателя качества, в конечном итоге, необходимо все качественные признаки преобразовать в количественные показатели. Возникает необходимость в разработке инстру-

мента оценки результативности инновационного проекта на основе экспертизы качества.

Например, одним из показателей вероятной успешности проекта является оценка компетенции участников проекта поставленным задачам. В методологии P2M, которая разработана в Японии и успешно применяется во многих компаниях, именно на компетенции участников проекта делается акцент в управлении проектом [6].

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

В методологии P2M [6] таксономия оценки компетенций составлена в виде модели классификации компетенции и состоит из 10 критериев:

1. Целостное мышление.
2. Стратегическое мышление.
3. Интегральное мышление.
4. Лидерство.
5. Способность планирования (компетенция планирования).
6. Способность выполнения (компетенция выполнения).
7. Координация.

8. Навыки взаимоотношений.
9. Нацеленность на достижение результата.
10. Самореализация.

Данные критерии определяют компетентность участников не только при формировании команды инновационного проекта, но и служат индикаторами успешности его реализации на протяжении всего жизненного цикла проекта.

Для оценки степени соответствия эталонному показателю компетентности предлагается использовать методику, построенную на экспертизе признаков, определяющих критерии компетентности в соотношении к качественным характеристикам степени принадлежности данному критерию. Это позволит построить функцию принадлежности критерию компетентности. Модель, построенная на правилах нечеткого вывода для всех критериев, даст результирующий количественный показатель компетентности участника.

Используем аппарат нечеткой логики для построения модели, которая будет служить инструментальным средством оценки компетентности участников проекта.

АЛГОРИТМ ПОСТРОЕНИЯ МОДЕЛИ

Группа испытуемых оценивается экспертами по перечисленным критериям, каждый из которых имеет набор признаков.

Шаг 1. Сформировать команду экспертов, которые знают испытуемых лично по трудовой деятельности. Эксперты могут быть независимыми людьми, а могут быть членами коллектива.

Например, каждый из творческих участников выступает в роли эксперта в оценке своих коллег и сотрудников, включая руководителей, также и руководители имеют возможность оценить творческий потенциал своих сотрудников для получения информации о качестве компетенций на любом этапе выполнения проекта.

Шаг 2. Для каждого критерия методологии Р2М выделяются признаки критерия так, чтобы каждое понятие трактовалось экспертами более конкретно, а набор признаков обеспечивал характеристику компетентности. Если все признаки в процессе экспертизы для конкретного участника положительны (присущи), то его компетентность по критерию идеальна.

Пример:

Рассмотрим понятие «Лидерство».

Лидерство, один из механизмов интеграции групповой деятельности, когда индивид или

часть социальной группы выполняет роль лидера, т. е. объединяет, направляет действия всей группы, которая ожидает, принимает и поддерживает его действия.

Признаки лидерства [2]:

- 1) Готовность взять на себя ответственность за коллектив.
- 2) Отсутствие стремления самоутверждаться за счет других.
- 3) Предпочтение общего результата личному.
- 4) Позитивное отношение к людям.
- 5) Обучаемость, стремление развиваться.
- 6) Умение слышать других.
- 7) Готовность и способность учить других.
- 8) Эксперт или отличный управленец.
- 9) Собственная точка зрения.
- 10) Стрессоустойчивость.

Шаг 3. Предложить экспертам выбрать качественную шкалу измерения степени соответствия компетентности по критерию. Например: «отсутствует», «слабая», «средняя», «сильная». Для каждого критерия выбирается своя качественная шкала измерения.

Шаг 4. Предложить экспертам выбрать шкалу результирующего значения компетентности по всем критериям. Например, оценивать компетентность в диапазоне [0 1] и определить «низкую», «достаточную» и «высокую» компетентность.

Шаг 5. Каждый эксперт оценивает участника по качественной шкале, выработанной на третьем шаге, определяя соответствие выбранной шкале.

Шаг 6. Каждый эксперт оценивает тех же участников по признакам критерия, выделяя для каждого определенные признаки. Если для лидерства выбраны все 10 признаков, то соответствие критерию идеальное.

Шаг 7. Выявляется количественное соответствие выделенных признаков по критерию выбранной качественной шкале для всех экспертов по всем испытуемым. Определяется минимальное количество вхождений, максимальное количество вхождений и среднее значение. Эти параметры используются для построения функций принадлежности.

Шаг 8. Строится имитационная модель, например, средствами MATLAB, которая по заданным качественным параметрам позволяет определить степень компетентности участников. В дальнейшем надобность в количественной оценке признаков критерием отпадает, экспер-

ты должны отвечать только на вопросы в соответствии с выбранной критериальной шкалой.

Шаг 9. Производится оценка специалиста на основе правил нечеткого вывода по всем критериям на основе шкал входных и результирующего параметров.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ФОРМУЛИРОВКА ЗАДАЧИ

Введем следующие обозначения:

I_1, \dots, I_N – участники, где N – число участников испытаний.

W_1, \dots, W_{NN} – эксперты, где NN – число экспертов.

Если экспертами выступают сами испытуемые, то $N = NN$.

K_1, \dots, K_d – критерии компетентности, где d – количество критериев оценки компетентности

P_1, \dots, P_{L_k} – признаки критериев, где L_k – уровни признаков k -го критерия.

$\{S_1, S_2, \dots, S_{m_k}\}$ – совокупность нечетких термов, которые описывают степень соответствия критерию.

В результате проведения экспертизы получаем матрицы:

$$A_k(I, W) = \{s_{ij}^m\}_k, \quad (1)$$

где s_{ij}^m – принадлежность i -го участника m -ому терму, который выставил j -й эксперт по k -ому критерию, где $i = 1, N$, $j = 1, NN$.

$$Z_k(I, W) = \{pp_{ij}^m\}_k, \quad (2)$$

где $pp_{ij}^m = \sum_{i=1}^{L_k} p_i$, где pp_{ij}^m – сумма, выделенных j -ым экспертом признаков k -ого критерия для i -го специалиста.

Затем находим подмножество матрицы Z – вектор значений количества признаков по критерию k для i -го терма.

$$Y_k^{Sm} = \{z_{ij}^m\}, \quad (3)$$

где элементы – значения признаков, которые выделили эксперты для m -го терма,

Размерность вектора $0 \leq Y_k^{Sm} \leq N * NN$, а значения $Z_{ij}^m = 0..L_k$.

Для задания параметров функции принадлежности определяем следующие параметры: $\min Z_j^m$, $\max Z_j^m$, $\text{mean}(Z_j^m)$ для m -го терма – данные значения определяют точки вхождения в терм, а среднее значение будет иметь максимальное значение функции принадлежности.

Форму функции принадлежности выберем треугольную, поскольку имеем дело с дискрет-

ным набором параметров, отношение внутри ранга можно определить кусочно-линейно, функция принадлежности в общем случае может быть задана следующим выражением:

$$\mu(x) = \begin{cases} 0, & x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a}, & a \leq x \leq b \\ \frac{c-x}{c-b}, & b \leq c \leq x \\ 0, & c \leq x \end{cases} \quad (5)$$

где a, b, c – некоторые числовые параметры, принимающие значения $a = \min Z_j^m$, $c = \max Z_j^m$, $b = \text{mean}(Z_j^m)$, $x = [0..L_k]$, где L_k – количество признаков k -го критерия.

Нечеткая переменная – это кортеж вида $\langle \alpha, X, A \rangle$, где:

α – имя нечеткой переменной;

X – её область определения;

A – нечеткое множество на универсуме X .

Лингвистическая переменная – кортеж $\langle \beta, T, X, G, M \rangle$, где:

β – имя лингвистической переменной;

T – множество её значений (термов);

X – универсум нечетких переменных;

G – синтаксическая процедура образования новых термов;

M – семантическая процедура, формирующая нечеткие множества для каждого терма данной лингвистической переменной.

ОРГАНИЗАЦИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА

Приведем пример построения функции принадлежности для критерия «Лидерство».

В качестве экспертов выступили десять человек ($W = 10$), членов одного коллектива, хорошо знающие друг друга и работающие в одной команде. Им было предложено оценить десять свойств лидера, каждого для каждого, включая себя, т.е., количество испытуемых $I = 10$ человек.

Для оценки присутствие признака отметить значением «1», а отсутствие значением «0».

Экспертам было предложено оценить по четырем термам, насколько сотрудник является лидером. Эксперты должны были определить для каждого участника, что он не имеет лидерства; обладает слабо выраженным соответствием понятию лидер; достаточно хороший или сильный лидер.

Проведя экспертизу по всем участникам, свели данные в таблицу 1.

Отображение результатов экспертизы

Эксперт/ участник	W 1	W 2	W 3	W 4	W 5	W 6	W 7	W 8	W 9	W 10
И1	S1 p = 1	S2 p = 1	S2 p = 6	S1 p = 0	S2 p = 4	S2 p = 2	S3 p = 6	S2 p = 2	S3 p = 6	S3 p = 6
...										
И10	S3 p = 4	S3 p = 4	S3 p = 7	S3 p = 6	S3 p = 5	S3 p = 1	S3 p = 5	S3 p = 7	S3 p = 6	S3 p = 6

В таблице десять экспертов оценили десять участников, в том числе и себя по критерию Лидерство, выставив нечеткое соответствие по термам S1 = «Нет», S2 = «Слабое», S3 = «Среднее» и S4 = «Высокое» и определив, сколько признаков имеет конкретный участник. Проведя обработку по всем участникам, получим четыре функции принадлежности Y1 для термина S1, Y2 для термина S2, Y3 для термина S3, Y4 для термина S4.

Пример для термина S2:

$$Y2 = \{2,1,3,2,3,3,5,4,4,6\}$$

$$\text{Min} = 1$$

$$\text{Max} = 6$$

$$\text{Mean}(Y2) = 3$$

Пример для понятия Лидерство:

Нечеткая переменная «Лидерство отсутствует», $\{x \mid 0 \text{ баллов} < x < 10 \text{ баллов}\}$, $B = \{x, \mu(x)\}$ — характеризует компетентность специалиста по критерию лидерства.

Лингвистическая переменная $\langle \beta, T, X, G, M \rangle$, где:

β_1 — Лидерство;

T_1 — «лидерство отсутствует (по от 0 до 1)», «слабое (Min от 1 до 6)», «среднее (Medium от 4 до 7)» «Сильное лидерство (High от 6 до 10)»;

$$X_1 = [0; 10].$$

По аналогии рассмотрим еще два критерия.

«Стратегическое мышление» — направленное к цели мышление, основывающееся на прогнозе будущего.

B_2 — Стратегическое мышление;

T_1 — «стратегическое мышление слабое (Weak от 0 до 4)», «среднее (Average от 1 до 7)» «Хорошее (Good от 6 до 10)» (по результатам экспертизы);

$$X_1 = [0; 10].$$

Для понятия самореализация признаков не выделялось, было выделено два значения: «есть» и «нет».

Самореализация — Выявление и развитие индивидом личностных способностей во всех сферах деятельности

B_3 — Самореализация;

$$T_3 = \{\text{«есть 1»}, \text{«нет 0»}\} X_3 = [0; 1].$$

Объявив лингвистические переменные, перейдем к формализации результата:

Результат выразим в виде выходной лингвистической переменной

Уровень компетентности

T_4 — «Плохой (Bad от 0.0 до 0.4)», «Неопределенный (Undecided 0.3 до 0.8)» «Хороший (Good от 0.7 до 1.0)»;

$$X_4 = [0; 1].$$

Зависимость результата от значения входных переменных найдем с использованием правила логического вывода.

В качестве инструментального метода реализации выберем метод Мамдани [4, 5], который реализован в системе MATLAB, с использованием подсистемы Fuzzy Logic. Заданы три входных переменные, одна выходная переменная и определены правила логического вывода в соответствии с планом полного факторного эксперимента (24 правила).

Таким образом, получаем модель, которая определяет степень компетенции участника инновационного проекта по трем критериям на основе правил нечеткого вывода.

ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

Пусть оценивается трое специалистов, которые прошли экспертизу. Результаты сведем в таблицу оценок (таблица 2).

На рисунке 1 представлен интерфейс результата оценки игрока 1 по трем критериям в соответствии с параметрами таблицы 2. Схематично показаны интервалы варьирования разными значениями критериев и дается количественная оценка результата.

Проведем расчет результатов на модели и представим полученные результаты в таблице 3.

Оценки эксперта для трех игроков

	Лидерство	Стратегическое мышление	Самореализация
Участник 1	нет	среднее	нет
Участник 2	высокое	слабое	есть
Участник 3	минимальное	среднее	есть

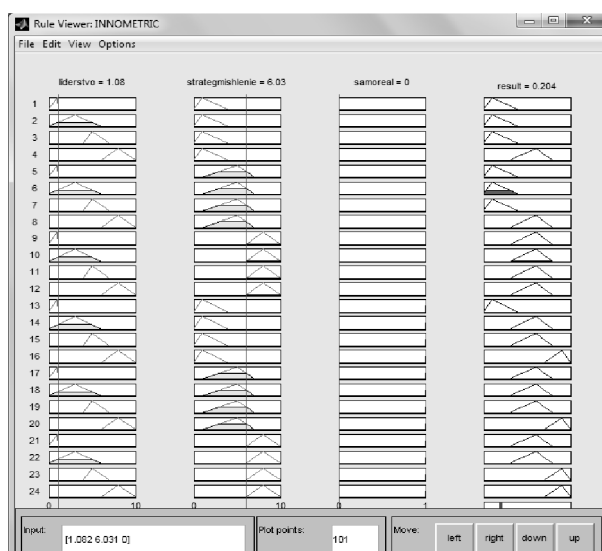


Рис. 1. Результаты оценки для Участника 1

Таблица 3
Результативность игроков

	Компетентность
Участник 1	0.204
Участник 2	0.807
Участник 3	0.585

Адекватность модели была проверена при сравнении данных эксперимента по опросным листам, которые были заполнены на первом этапе и эти данные сравнили с результатом моделирования в инструментальной среде.

Оценив адекватность, как меру расхождения между исходными и модельными данными, получим попадание в доверительный интервал $\beta = 0,05$.

Согласно результатам моделирования, игрок 2 обладает самой высокой степенью компетентности по сравнению с двумя другими при условии, что экспертом его лидерство оценено как высокое, есть слабый уровень стратегического мышления и присутствует самореализация.

Таким образом, было разработано инструментальное средство количественной оценки качественных признаков компетенции участников инновационного проекта.

Данный подход можно применять для оценки любых других качественных параметров инновационной системы, которые не поддаются формализации и нуждаются в качественной экспертной оценке.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Андреев В. А. Прогнозирование коммерческой успешности российских инновационных проектов // ФорсАйт — т. 4. — № 4, 2010.
2. Лавлинская О. Ю. Информационные технологии оценки взаимосвязи преподаваемых дисциплин на основе методов нечеткой логики среды Matlab / О. Лавлинская, В. Лавлинский // Вестник ВИВТ. Воронеж, 2008, № 3. — С. 107–112.
3. Ламбен Жан-Жак. Менеджмент, ориентированный на рынок. — СПб.: Питер, 2007. — 800 с
4. Леоненков А. В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH / А. Леоненков. — СПб: БХВ-Петербург, 2003. — 736 с.
5. Штовба С. Д. Проектирование нечетких систем средствами MATLAB / С. Штовба. — М: Горячая линия–Телеком, 2007. — 288 с.
6. Ярошенко Ф. А., Бушуйев С. Д., Танака Х. Управление инновационными проектами и программами на основе системы знаний Р2М Киев: 2011. — 268 с.

Сербулов Юрий Стефанович — д. т. н., профессор кафедры информационных систем и технологий. Воронежская Государственная лесотехническая академия. E-mail: userbulov@vglta.vrn.ru

Десятирикова Елена Николаевна — д. э. н., проф. кафедры информационных систем, Воронежский государственный университет.

Лавлинская Оксана Юрьевна — к. т. н., доцент, Воронежский институт высоких технологий. E-mail: lavlin2010@yandex.ru

Рудакова Мария Николаевна — старший преподаватель, Воронежский институт высоких технологий. E-mail: mrudakova@yandex.ru

Serbulov Yury S. — doctor of Technical Sciences, Professor. Voronezh State Academy of forestry engineering. E-mail: userbulov@vglta.vrn.ru

Desyatirikova Elena N. — doctor of economy Sciences, Professor of the dept. of the Information Systems, Voronezh State University.

Lavlinskaya Oxana.U. — Candidate of Technical Sciences Associate Professor of Voronezh Institute of High Technologies. E-mail: lavlin2010@yandex.ru

Rudakova Maria N. — Lecturer of the Labour, Voronezh Institute of High Technologies. E-mail: mrudakova@yandex.ru