

УДК 65.014;658.012.32

Е.И. ШОСТАК*Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «ХАИ», Украина*

НЕЧЕТКАЯ МОДЕЛЬ ОЦЕНИВАНИЯ ДОПУСТИМОСТИ ВКЛЮЧЕНИЯ ПРЕТЕНДЕНТОВ В СОСТАВ КОМАНДЫ ИСПОЛНИТЕЛЕЙ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНЫХ ПРОЕКТОВ ПО УРОВНЮ КОМПЕТЕНТНОСТИ

Рассмотрен один из важных этапов формирования команд исполнителей высокотехнологичного проекта (ВТП) на инновационном предприятии – отбор претендентов, по уровню компетентности, на включение в состав команды проекта. Исходными данными для реализации этапа являются оценки претендентов, сформированные на основе компетентностного подхода. Описана модель, регламентирующая процесс оценивания претендентов на включение в состав команды проекта, основанная на нечетком представлении информации об уровнях компетенций отдельных исполнителей, допустимых при реализации конкретного ВТП, а также оценках уровня компетенций претендентов, полученных в результате применения компетентностного подхода. Указанная особенность дает возможность осуществить обоснованный отбор претендентов в команду ВТП по критерию компетентности за счет применения аппарата нечеткой математики. Приведен сценарный пример реализации нечеткой модели оценивания допустимости включения претендентов в состав команды ВТП.

Ключевые слова: высокотехнологичный проект, инновационное предприятие, команда исполнителей проекта, компетентностный подход, функция допустимости, нечеткие множества, лингвистическая переменная, функция принадлежности, матрица нечетких отношений, композиционный вывод.

Введение

Высокотехнологичные проекты (ВТП) выполняются, как правило, на инновационных предприятиях (ИП). На ИП не менее 70% продукции или услуг (в денежном выражении) являются инновационными [1]. Для эффективного функционирования рассматриваемого класса предприятий особо актуальной является задача формирования, с одной стороны, такой команды исполнителей ВТП, уровень компетентности которых даст возможность обеспечить эффективное выполнение проекта, а с другой – обеспечит рациональное распределение человеческих ресурсов с целью эффективной реализации портфеля проектов в рамках ИП.

Специфика ВТП [2] обуславливает необходимость использования при отборе претендентов на включение в команду проекта ряда специальных методов, базирующихся на принципах компетентностного подхода (competence-based approach) [3]. Наряду с этим, эффективность рассматриваемой задачи напрямую зависит от объективного учета различных точек зрения коллектива специалистов-экспертов, знания и опыт которых сформировались в результате многолетней практической работы по организации и выполнению ВТП на инновационных

предприятиях. Коллективное экспертное оценивание [4] сопряжено с многокритериальностью, а также многоальтернативностью, необходимостью учета несовпадающих, а иногда и противоречивых экспертных суждений, что кроме прочих факторов, во многом определяется нечеткой природой самого процесса формирования оценок как отдельными экспертами, так и коллективом экспертов в целом. Указанные обстоятельства указывают на целесообразность применения при коллективном экспертном оценивании нечеткой логики, с целью снижения влияния неопределенности на объективность экспертного оценивания [5].

Цель статьи состоит в описании процесса синтеза и реализации, средствами нечеткой логики, модели для оценивания степени предпочтения по уровню компетентности того или иного альтернативного варианта состава команды исполнителей ВТП и отбора на этой основе вариантов, перспективных для дальнейшего рассмотрения.

Постановка задачи исследования

Задача отбора допустимых вариантов состава команд исполнителей ВТП предполагает сужение исходного множества альтернативных вариантов, сформированных путем оценивания

претендентов по критериям: компетентности; коммуникабельности; результативности; креативности и другим. При этом должны быть учтены ограничения на загруженность каждого участника при выполнении портфеля проектов на временном периоде, соответствующем портфелю стратегий ИП.

Формальная постановка изложенной выше задачи предполагает описание ряда объектов, составляющих кортеж [6]:

$$S = \langle G_{p^{(i)}}^f, \Delta, \rho, \chi \rangle, \quad (1)$$

где $G_{p^{(i)}}^f$ – множество альтернативных вариантов p состава команд исполнителей проекта

$p^{(i)}, f = \overline{1, N}$ – количество вариантов;

Δ – множество неопределенностей, определяющих допустимость того или иного варианта;

ρ – функция затрат на формирование ко-

манды проекта, $\rho, \rho: G_{p^{(i)}}^f \times \Delta \rightarrow E$, (E – множество оценок);

χ – функция допустимости существования команды проекта, $\chi: \Delta \rightarrow E$.

Решение задачи состоит в отборе допу-

стимых вариантов команды проекта $\tilde{g} \in G_{p^{(i)}}^f$ таких, что

$$(\forall \omega_l | \omega_l \in \Delta, l \in \Omega_l) \exists (\rho(\tilde{g}, \omega_l) \leq \chi(\omega_l)), \quad (2)$$

при выполнении условия

$$(G_{p^{(i)}}^{\Pi} \subseteq M^f) \times T : \{G_{p^{(i)}}^f\} \wedge (P_T(G_{p^{(i)}})) = \{\tau\} \subseteq T, \quad (3)$$

где: Ω_l – множество коэффициентов неопределенностей, представленных элементами множества Δ ; M^{Π} – производственный персонал ИП $M^{(K)}, M^{\Pi} \subset M^{(K)}$, где $M^{(K)}$ – кадровый состав ИП; $T = \{\tau\}, \leq: \tau \in [t_3, t_k]$ – временной интервал, на котором реализуется портфель проектов ИП P_T , причем начальный момент t_3 соответствует моменту запуска самого раннего из незавершенных к настоящему времени проектов, а t_k – конечной дате, до которой определен портфель стратегий ИП.

Множество неопределенностей E в общем случае включает в себя совокупность показателей $E \supset E^{(ЛЧ)} \cup E^{(KM)} \cup E^{(КП)}$, при этом личностные качества $E^{(ЛЧ)}$ (в первую очередь,

компетентность) претендентов на включение в формируемую команду проекта $\tilde{g} \in G_{p^{(i)}}^f$ оценивались экспертами с применением компетентностного подхода на предыдущем этапе процесса формирования команды ВТП. В рамках решения обсуждаемой задачи эксперты должны оценить способность каждого претендента к работе в команде (коммуникабельность, предыдущий опыт такой работы) $E^{(KM)}$, а также $E^{(КП)}$ – целесообразность его включения в состав команды проекта, которая непосредственно зависит от стратегии реализации проектов, используемой на ИП и ряда факторов внешнего характера.

Возможности применения средств нечеткой логики для анализа базы претендентов на включение в команду ВТП

Применение методов оценивания компетентности претендентов на включение в команду ВТП дало возможность получить профили компетентности каждого претендента в виде функции [7]:

$$f(\bar{b}) = \sum_{i=1}^n \omega_{ti} \cdot b_{ti}, \quad (4)$$

где n – количество компетенций, необходимых при реализации рассматриваемого ВТП; b_i – уровень i -той компетенции (степень владения i -той компетенцией); ω_i – вес i -той компетенции; $t \in [\overline{1, T}]$ – момент оценивания претендента на временном интервале, соответствующем портфелю проектов ИП. При этом вес i -той компетенции выражает ее относительную значимость, и задается в диапазоне от 0 до 1:

$$0 \leq \sum_{i=1}^n \omega_{ti} \leq 1, i = \overline{1, N}. \quad (5)$$

Понятие компетенции и ее вес, вследствие субъективности, присущей компетентностному подходу, которая проявляется в приближительном характере умозаключений экспертов и лингвистической природе даваемых ими оценок, является нечетким. Указанное обстоятельство обуславливает целесообразность применения для анализа результатов, полученных путем использования компетентностного подхода к оцениванию претендентов на включение в состав команды ВТП, теории нечетких множеств [8].

Использование аппарата нечеткой логики в данном случае связано с возможностью адекватного представления лингвистических поня-

тий, которыми оперируют эксперты в процессе анализа состава команд исполнителей ВТП, а также имитировать рассуждения на основе тех категорий и правил, на которые они опираются. Поскольку многие понятия и правила нечеткой логики являются обобщением или развитием логики предикатов, лингвистические оценки, полученные при реализации нечетких моделей, дадут возможность логического обоснования хода рассуждений членов экспертной комиссии. В отличие от классической, двузначной логики, которая оперирует двумя значениями истинности: «истина» и «ложь», в нечеткой логике истинностному значению высказывания могут соответствовать произвольные величины из отрезка $[0, 1]$. Л. Заде ввел нечеткую логику с лингвистическими, а не числовыми значениями истинности для того, чтобы отразить приближенность рассуждений, присущую людям, в данном случае экспертам. Под приближенными рассуждениями понимается процесс получения из нечетких посылок некоторых следствий. Приближенное рассуждение может рассматриваться как обобщение правил вывода *Modus ponens* и *Modus tollens* логики высказываний [9].

В нечеткозначной логике, на которой основываются приближенные рассуждения, истинность высказывания определяется значениями типа: истинно, ложно, очень истинно, абсолютно истинно, не очень истинно, очень ложно и т. п. В [8-12] рассматриваются общие методы приближенных рассуждений в нечеткой логике. Композиционное правило вывода включает, как частный случай, обобщение правила *Modus ponens*. Для определения композиционного правила вывода применяют нечеткие отношения.

Рассмотрим вариант реализации данного этапа формирования команды ВТП в форме процесса, исходными данными для которого служат функции компетентности каждого претендента $f(\bar{b})$, полученные в ходе последовательного применения базовых методов, применяемых в компетентностном подходе: «360 градусов» (b_1); «Assessment Center» (b_2); «Азимут» (b_3). При этом имеет место $\bar{b} = b_1 \wedge b_2 \wedge b_3$.

В качестве основных параметров, в ходе анализа выступают пороговые значения уровня компетенции $b_{ii}^{(H)}$ и $b_{ii}^{(B)}$. На выходе процесса оценивания для каждого претендента на включение в команду ВТП формируется значение C (соответствие требованиям), либо \bar{C} (несоответствие требованиям).

Параметры процесса \bar{b} , $b_{ii}^{(H)}$ и $b_{ii}^{(B)}$ будем рассматривать как лингвистические переменные. Как известно [8], лингвистическая переменная описывается набором (X, T, U, G, M) , где X – название переменной, T – множество лингвистических значений X (терм-множество переменной X), причем каждое из таких значений является, в свою очередь, нечеткой переменной X со значениями из универсума U , содержащего базовую переменную u ; G – синтаксическое правило, порождающее названия каждого значения переменной X ; M – семантическое правило, которое ставит в соответствие каждому значению нечеткой переменной X его смысл $M(X)$. При этом конкретное название X , порожденное синтаксическим правилом G , называется термом [8].

Набор семантических правил M определяется как некоторое отображение множества X , порождаемое функцией принадлежности $\mu_M(X)$, принимающей значения из интервала $[0, 1]$:

$$M = \int_{x \in X} \mu_M(X) / X, \quad (6)$$

где $\mu_M : X \rightarrow [0, 1]$ – функция принадлежности.

Синтез нечеткой модели оценивания вариантов команд ВТП

Изложенные в предыдущей рубрике теоретические положения дают возможность построения специальной процессной модели нечеткого анализа результатов применения компетентностного подхода к оцениванию уровня компетентности претендентов на включение в команду ВТП.

В обобщенном виде процесс синтеза нечеткой модели включает следующие шаги:

1. Формирование терм-множеств значений входных параметров \bar{b} , $b_{ii}^{(H)}$ и $b_{ii}^{(B)}$, а также выходных параметров C и \bar{C} .

2. Построение для каждого терма, из сформированных на предыдущем шаге терм-множеств, нечеткого множества M со своим носителем. При этом под носителем нечеткого множества [8] принято понимать множество X' , такое, что

$$X' = \{x \mid \mu_M(x) > 0, x \in X'\}. \quad (7)$$

3. Определение набора правил нечеткого анализа. Правила имеют вид высказываний «ЕСЛИ $P = Q, \text{ ТО } R = Z$ », где P, R – лингви-

стические переменные; Q, Z – термы соответствующих лингвистических переменных. При этом каждое из правил нечеткого анализа должно по форме совпадать с одним из следующих силлогизмов (8):

- а) Посылка 1: Если P есть Q , то R есть Z .
Посылка 2: R есть Z .
Следствие: R есть Z .
- б) Посылка 1: Если P есть Q , то R есть Z .
Посылка 2: P есть точно Q .
Следствие: R есть точно Z .
- в) Посылка 1: Если P есть Q , то R есть Z .
Посылка 2: P есть точно Q .
Следствие: R есть Z .
- г) Посылка 1: Если P есть Q , то R есть Z .
Посылка 2: P есть более или менее Q .
Следствие: R есть более или менее Z .
- д) Посылка 1: Если P есть Q , то R есть Z .
Посылка 2: P есть не Q .
Следствие: R – не определено.
- е) Посылка 1: Если P есть Q , то R есть Z .
Посылка 2: P есть не Q .
Следствие: R не Z .

4. Построение, с использованием правил, определенных на шаге 3, матриц нечетких отношений вида

$$R^{(1)} = \int_{(x,y) \in X \times Y} \mu_{R^{(1)}}(x,y) / (x,y),$$

$$R^{(2)} = \int_{(x,z) \in X \times Z} \mu_{R^{(2)}}(x,z) / (x,z), \quad (8)$$

$$R^{(3)} = \int_{(y,z) \in Y \times Z} \mu_{R^{(3)}}(y,z) / (y,z)$$

при этом X, Y и Z – лингвистические переменные оценок уровня компетентности претендента на включение в команду ВТП, полученные методами «360 градусов»; «Assessment Center» и «Азимут» соответственно.

5. Объединение матриц нечетких отношений на основе правила

$$\mu_R = \max(\mu_{R^{(1)}}, \dots, \mu_{R^{(3)}}). \quad (9)$$

6. Получение итогового заключения о допустимости (C), либо недопустимости (\bar{C}) включения рассматриваемых претендентов в одну команду. Здесь уместно использование одного из известных в нечеткой математике композиционных правил логического вывода, например, правил Заде, Мамдани или Мидзумото [9].

В частности, правило Заде является на сегодняшний момент самым популярным, его вид:

$$R(u) = A, R(u, v) = F$$

есть

$$R(v) = A \circ F, \quad (10)$$

где \circ – знак композиции. При этом функция принадлежности определяется как

$$\mu_R(v) = \max[\min(\mu_R(u), \mu_R(u, v))]. \quad (11)$$

Сценарный пример нечеткого оценивания альтернативных вариантов состава команд ВТП по уровню компетентности исполнителей

Для иллюстрации процесса отбора исполнителей в команду ВТП путем оценивания совместимости пары претендентов в составе команды планируемого проекта на основе нечеткой модели, опишем исходные данные следующим образом: пусть X_1 – обобщенная оценка качеств первого претендента, полученная на основе компетентностного подхода; X_2 – аналогичная оценка второго претендента.

При этом $X_j \in [X_{j\min}, X_{j\max}]$, $j = \overline{1, 2}$,

$X_{1\min}, X_{1\max}$ – минимально и максимально возможные значения оценки первого претендента, $X_{2\min}, X_{2\max}$ – минимально и максимально возможные значения оценки второго претендента соответственно.

Представим параметры X_1 и X_2 нечетких множеств, формирующих лингвистические переменные [9]:

$$X_j^0 = \left\{ x_j^i, U_{X_j}, \overline{X_j} \right\}, \quad X_j^i \in T_j^*(u),$$

$$j = 1, 2; \quad i = \overline{0, 10}, \quad (12)$$

где $T_j^*(u)$ – терм-множество лингвистической переменной «Оценка претендента j »; X_j – нечеткое множество, описываемое функцией принадлежности вида

$$\mu_{\tilde{X}_j} : U_{X_j} \rightarrow [0, 1],$$

где U_{X_j} – универсумы вида $U_{X_j} = \{0, 1, \dots, 10\}$.

Значения лингвистической переменной «Оценка претендента j » заданы в табл. 1.

Таблица 1

Оценка претендента j	
Значения лингвистической переменной «Оценка претендента j»	$u_{ij} \in U_X$
Предельно низкая	0
Близкая к низкой	1
Низкая	2
Чуть выше, чем низкая	3
Почти средняя	4
Чуть лучше, чем средняя	5
Средняя	6
Почти высокая	7
Высокая	8
Чуть выше, чем высокая	9
Наивысшая	10

Для отображения $q: X_j \rightarrow U_{X_j}, j = \overline{1,2}$ введем следующее соотношение:

$$U_i = \text{comb} \left[(\text{assess}(U_{X_j}) - 1) \cdot \left(\frac{X_j - X_{j\min}}{X_{j\max} - X_{j\min}} \right)^\alpha \right],$$

$$j = \overline{1,2}, i = \overline{0,10}, \quad (13)$$

где $\text{assess}(U_{X_j})$ – мощность универсума $U_{X_j} - \{0,1,\dots,10\}$, то есть $(\text{assess}(U_{X_j}) - 1) = 10$;

X_j – оценка j-го претендента; α – поправочный коэффициент ($\alpha \geq 1$).

Нечеткие множества $\tilde{X}_j, j = \overline{1,2}$ имеют вид:

$$X_j = \int_{U_{X_j}} \mu_{X_j}(u) / u, j = \overline{1,2}. \quad (14)$$

Для вычисления оценок функции принадлежности вида $\mu_{X_j}(u_i) / u_i, i = \overline{0,10}$ введем следующую процедуру [10]:

$$\mu(u_i) = 1 - \frac{1}{\text{assess}(U_{X_j} - 1)} \cdot \left| u_i - \text{comb} \left[(\text{assess}(U_{X_j}) - 1) \cdot \left(\frac{X_j - X_{j\min}}{X_{j\max} - X_{j\min}} \right)^\alpha \right] \right|. \quad (15)$$

Для $\text{assess}(U_{X_j}) - 1 = 10$, то есть для случая $i = \overline{0,10}, \alpha = 1, \forall j = \overline{1,2}$ будем использовать соотношение упрощенного вида:

$$\mu(u_i) = 1 - \frac{1}{10} \left| u_i - \text{comb} \left(\frac{X_j - X_{j\min}}{X_{j\max} - X_{j\min}} \right) \right|,$$

$$u_i \in U_{X_j}, j = \overline{1,10} \quad (16)$$

Представим результат решения задачи, то есть параметр Y – заключение о совместимости рассматриваемых претендентов, в виде нечеткого множества, формирующего лингвистическую переменную следующего вида:

$$Y^0 = \{ \langle y_i, V_Y, \tilde{Y} \rangle, y_i \in T^*(u), \quad (17)$$

где $T^*(u)$ – расширенное терм-множество лингвистической переменной «Совместимость претендентов»; \tilde{Y} – нечеткое множество, описываемое функцией принадлежности $\mu_{\tilde{Y}}: V_Y \rightarrow [0,1]$;

V_Y – универсум вида $V_Y = \{0,1,\dots,10\}$.

Значения лингвистической переменной «Совместимость претендентов» заданы в табл. 2.

Таблица 2

Совместимость претендентов

Значение лингвистической переменной «Совместимость претендентов»	$v_{y_i} \in V_Y$
Недопустимо низкая	0
Близкая к низкой	1
Низкая	2
Чуть выше, чем низкая	3
Почти средняя	4
Чуть выше, чем средняя	5
Средняя	6
Близкая к высокой	7
Высокая	8
Чуть выше, чем высокая	9
Наивысшая	10

Для формирования решения по оценке совместимости рассматриваемой пары претендентов используем правило вида [12]:

$$R(A_1(x), A_2(y)) = \int_{U_{X_j} \times V_Y} \left(\mu(u) \rightarrow \mu(v) \right) \wedge \left[(1 - \mu(u)) \rightarrow (1 - \mu(v)) \right] / (u, v) =$$

$$= \begin{cases} 1 - \mu(v), \mu(u) < \mu(v); \\ 1, \mu(u) = \mu(v); \\ \mu(v), \mu(u) > \mu(v). \end{cases} \quad (18)$$

Исходя из (12) по формуле (15) определим нечеткое множество, характеризующее оценку первого претендента:

$$\tilde{X}_1 = 1/0 + 9/1 + 8/2 + 7/3 + 6/4 + 5/5 + 4/6 + 3/7 + 2/8 + 1/9 + 1/10 = \text{«средняя»}.$$

По той же формуле получим нечеткую оценку второго претендента:

$$\tilde{X}_2 = 2/0+3/1+4/2+5/3+6/4+7/5+8/6+9/7+1/8+9/9+8/10 = \text{«высокая»}.$$

Для формирования решения на основе полученных лингвистических оценок пары претендентов необходимо сформировать бинарное отношение $R_1(A_1(x), A_2(y))$. С учетом описанных выше этапов, такое отношение соответствует правилу нечеткого анализа типа в):

$$P = \text{ЕСЛИ } \tilde{X}_1 - \text{«средняя» и } \tilde{X}_2 - \text{«высокая», ТО } \tilde{Y} - \text{«близкая к высокой»}. \quad (19)$$

Поскольку параметр описывается лингвистической переменной, и ее значение «наивысшая» соответствует $v_1 = 10$, в предельном варианте возможно достижение оптимального значения совместимости претендентов:

$$\text{comb} \left[(\text{assess}(V_y) - 1) \left(\frac{Y_i - Y_{1\min}}{Y_{1\max} - Y_{1\min}} \right) \right] = 10, \text{ поскольку}$$

$$\text{ку } \text{assess}(V_y) - 1 = 10, \text{ то } 10 \left(\frac{Y_i - Y_{1\min}}{Y_{1\max} - Y_{1\min}} \right) = 10, \text{ соответственно } Y_i = Y_{\max}.$$

По технологии, которая использовалась для составления нечетких множеств значений входных параметров, из соотношения (17) в этом случае формируется нечеткое множество \tilde{Y} :

$$\tilde{Y} = 1/0+1/1+2/2+3/3+4/4+5/5+6/6+7/7+8/8+9/9+1/10 = \text{«наивысшая»}. \quad (20)$$

Значения всех членов выражения (20), кроме последнего, даны без описания значений соответствующих лингвистических переменных, однако, задав ранее предельное значение, мы можем, по крайней мере, говорить об общем количестве элементов нечеткого множества \tilde{Y} , то есть дать утверждение о мощности этого множества.

Полученный результат дает возможность построить матрицу бинарных отношений для оценок претендентов \tilde{X}_1, \tilde{X}_2 .

С использованием выражения (18) построим матрицу бинарных отношений $R_1(A_1(x_1), A_2(x_2))$:

0	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	1	82	67	54	43	34	25	18	11	05	0
1	0	1	73	58	46	36	27	19	12	06	0
2	0	09	1	64	50	38	29	20	13	06	0
3	0	08	18	1	55	42	31	21	13	06	0
4	0	08	17	27	1	45	33	23	14	07	0
5	0	07	15	25	36	1	36	25	15	07	0
6	0	07	14	23	33	45	1	27	17	08	0
7	0	06	13	21	31	42	55	1	18	08	0
8	0	06	13	20	29	38	50	64	1	09	0
9	0	06	12	19	27	36	46	58	73	1	0
10	0	05	11	18	25	33	43	54	67	82	1

(21)

Нечеткое множество \tilde{Y} , отражающее значение оценки степени совместимости пары претендентов может быть получено путем применения композиционного вывода Л.Заде [9]:

$$\tilde{Y} = R(A_2(y)) = R_1(A_1(x) \text{OR}_1(x); A_2(y)) = [\tilde{X}_1 \wedge \text{DIL}(\tilde{X}_2)] \text{OR}_1(A_1(x); A_2(y)), \quad (22)$$

где O – операция композиции нечетких множеств.

Композитируя полученное нечеткое множество (22) с матрицей бинарных отношений (21), получим $\tilde{Y} = 1/0+5/1+0/2 = \text{«близкая к высокой»}$.

В рассмотренном фрагменте нечеткое сравнение пары претендентов на включение в состав команды ВТП, с целью определения допустимости их пребывания в одной команде, дало возможность обосновать положительное заключение S для рассматриваемой пары. Процедура отбора претендентов в команду планируемого проекта реализуется путем прямого перебора всех возможных сочетаний и формирование на этой основе альтернативных вариантов состава команд ВТП.

Выводы

1. Рассмотрена содержательная и формальная постановка задачи отбора претендентов, по уровню компетентности, на включение в состав команды высокотехнологичного проекта, планируемого к реализации в рамках портфеля проектов инновационного предприятия.

2. Описана модель, регламентирующая процесс оценивания претендентов на включение в состав команды проекта, основанная на нечетком представлении информации об уровнях компетенций отдельных исполнителей, допустимых при реализации конкретного высокотехнологичного проекта, а также оценках уровня компетенций претендентов, полученных в результате применения компетентностного подхода.

3. Приведен сценарный пример реализации нечеткой модели оценивания допустимости включения претендентов в состав команды высокотехнологичного проекта.

Литература

1. Баранов М. Н. Развитие и государственная поддержка малого инновационного предпринимательства в научно-технической сфере: монография [Текст] / М.Н. Баранов, Л.В. Саакова, А.Д. Шматко. – СПб. : Изд-во СЗТУ, 2011. – 131с.

2. www.pmi.org.ua

3. Шостак Е. И. Формирование команд исполнителей высокотехнологичных проектов на инновационных предприятиях с использованием экспертного оценивания сценариев [Текст] / Е. И. Шостак // Вісник Національного технічного університету «ХПІ»: зб. наук. праць. Сер.: Механіко-технологічні системи та комплекси. – №36(1145). – Х., 2015. – С. 57-63.

4. Стрельчук Е. А. Сравнительный анализ методов определения уровней компетенций ИТ специалистов в системах оценки персонала [Текст] / Е. А. Стрельчук // Системи управління, навігації та зв'язку: зб. наук. праць. Сер.: Центр науково-дослідного інституту навігації і управління. – Вип. 1 (13). – Х., 2010. – С. 171-175.

5. Коваленко И. И. Экспертные технологии поддержки принятия решений [Текст]: монография // И. И. Коваленко, А. В. Швед. – Николаев: Илион, 2013. – 216 с.

6. Куратовский К. Теория множеств [Текст] / К. Куратовский, А. Мостовский. – М.: Мир,

1970, 416 с.

7. Китаев Н. Н. Групповые экспертные оценки [Текст] / Н. Н. Китаев. – М.: Знание, 1975. – 64 с.

8. Слабоспицкая О. А. Формальный аппарат экспертного решения проблемы многокритериального оценивания при учете ряда точек зрения на проблему [Текст] / О. А. Слабоспицкая // Проблемы программирования. – 2002. – №1-2. – С. 430 – 440.

9. Заде Л. Нечеткая логика: понятие лингвистической переменной и его приложение к принятию приближенных решений [Текст]. / Л. Заде. – М.: Мир, 1976. – 167 с.

10. Новак В. Математические принципы нечеткой логики [Текст] / В. Новак, И. Перфильева, И. Мочкож. – М.: Физматлит, 2006. – 352 с.

11. Прикладные нечеткие системы: монография [Текст] / К. Асаи, Д. Вагада, С. Иваи [и др.]; пер. с япон. – М.: Мир, 1993. – 392 с.

12. Пегат А. Нечеткое моделирование и управление [Текст] / А. Пегат; пер. с англ. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009. – 798 с.

О. І. Шостак. Нечітка модель оцінювання допустимості включення претендентів до складу команди виконавців високотехнологічних проектів, за рівнем компетентності

Розглянуто один із найважливіших етапів формування команд виконавців високотехнологічного проекту (ВТП) на інноваційному підприємстві - відбір претендентів, за рівнем компетентності, на включення до складу команди проекту. Вихідними даними для реалізації етапу є оцінки претендентів, сформовані на основі компетентнісного підходу. Описана модель, яка регламентує процес оцінювання претендентів на включення до складу команди проекту, заснована на нечіткому поданні інформації про рівні компетенцій окремих виконавців, допустимих при реалізації конкретного ВТП, а також оцінках рівня компетенцій претендентів, отриманих в результаті застосування компетентнісного підходу. Зазначена особливість дає можливість здійснити обґрунтований відбір претендентів в команду ВТП за критерієм компетентності, за рахунок застосування апарату нечіткої математики. Наведено сценарний приклад реалізації нечіткої моделі оцінювання допустимості включення претендентів до складу команди ВТП.

Ключові слова: високотехнологічний проект, інноваційне підприємство, команда виконавців проекту, компетентнісний підхід, функція допустимості, нечіткі множини, лінгвістична змінна, функція приналежності, матриця нечітких відносин, композиційний висновок.

E. I. Shostak. Fuzzy evaluation model incorporating the admissibility of the bidders the team performers high-tech projects, by level of competence

Considered one of the most important stages of the formation of teams of high-tech project executors (HTP) on an innovative enterprise - the selection of applicants, the level of competence for inclusion in the project team. Initial data for the implementation phase are the evaluation of applicants, formed on the basis of competence approach. The model of regulating the process of estimating the contenders for inclusion in the project team based on fuzzy provide information on the levels of individual performers competencies allowed the implementation of a specific HTP as well as the level of competencies of applicants estimates resulting from the application of the competency approach. This feature makes it possible to carry out a reasonable selection of applicants in the HTP team on the criterion of competence, through the use of the apparatus of fuzzy mathematics. An example of a scenario fuzzy model estimation admissibility inclusion of applicants in the HTP team.

Keywords: high-tech project, innovative enterprise, the project team of performers, competency approach, the function of admissibility, fuzzy set linguistic variable, membership function, fuzzy relationship matrix, the composite output of.