

ПОДБОР ПЕРСОНАЛА ДЛЯ ПРОЕКТНООРИЕНТИРОВАННЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ В НЕЧЕТКИХ УСЛОВИЯХ

А. И. Ажмухамедов, О. М. Проталинский

*Кафедра «Прикладная информатика»,
ФГБОУ ВПО «Астраханский государственный технический университет»,
г. Астрахань; bert91@mail.ru*

Ключевые слова и фразы: нечеткая когнитивная модель; оценка компетенций; подбор персонала; распределение задач.

Аннотация: На основе нечеткого когнитивного моделирования построена методика распределения работ в условиях неопределенности, состоящая из двух этапов. На первом этапе с помощью тестовых технологий оценены уровни компетенций претендентов, на втором – определены оптимальные варианты распределения задач между исполнителями.

Введение

В современном бизнесе конкурентное преимущество и успех компании во многом зависят от эффективной работы ее сотрудников. Поэтому вопросы, связанные с организацией управления персоналом, являются весьма актуальными. Значительную роль при этом играют подбор и расстановка кадров. Наиболее остро такая задача встает перед компаниями, предлагающими различные бизнес-сервисы комплексного консалтинга (системную интеграцию, аудит, организационное консультирование), а также узкоспециализированными проектно-ориентированными компаниями – конструкторскими бюро, крупными рекламными и PR-агентствами, крупными рекрутерами и т.п.

При этом специфика человеческих ресурсов заключается в том, что они имманентно содержат в себе неопределенность. Причем эта неопределенность носит субъективный характер и не может быть описана с помощью классических методов математической статистики, оперирующих понятием объективной вероятности, отражающей относительную частоту появления какого-либо события в общем объеме наблюдений.

В отличие от объективной, под субъективной вероятностью подразумевается мера уверенности некоторого человека или группы людей (экспертов) в том, что данное событие в действительности будет иметь место. Субъективная вероятность может быть формально представлена различными способами. Наиболее часто она представляется как вероятностная мера на множестве событий, полученная экспертным путем [1].

Субъективная вероятность в современных работах в области системного анализа не просто представляет меру уверенности на множестве событий, а увязывается с системой предпочтений лица, принимающего решение (ЛПР), и, в конечном итоге, с функцией полезности, отражающей его предпочтения на множестве альтернатив. При этом цели при целеполагании часто формулируются ЛПР некачественно (нечетко), и это приводит к их «размытости», появлению «диапазона допустимости» при достижении целей.

Таким образом, поскольку при реализации различных проектов важным фактором, предопределяющим успешность их выполнения, является оптимальный подбор сотрудников для решения отдельных задач проекта, возникает необходимость в разработке методики решения данной задачи, учитывающей неопределенности, связанные с наличием антропогенного фактора.

Постановка задачи

На начальной стадии решения для каждой задачи Z_l ($l = 1, \dots, N$) необходимо сформировать перечень необходимых для ее успешного выполнения компетенций $KZ_l = \{KZ_{lm}\}$ ($m = 1, \dots, M_l$). При этом число компетенций M_l для каждой из задач Z_l может быть разным. Данный перечень может быть определен, например, с помощью предложенного в работе [2] метода функциональных моделей IDEF0. Использование семейства стандартов IDEF для анализа всего спектра работ позволяет выявить полный перечень компетенций, необходимых для их успешного выполнения. Однако описание квалификационных характеристик при этом носит неоднозначный характер и обычно выражается в вербальной форме («отличное знание», «свободное владение» и т.п.). В связи с этим классические методы решения задачи о назначениях, такие как, например, «венгерский» метод, в данном случае не могут быть использованы напрямую, без определения численной характеристики соответствия компетенций работников требуемым для решения задач проекта нечетко определенным компетенциям.

Кроме того, часто возникает ситуация, при которой целесообразно включить во множество возможных распределений работ варианты решения одним членом команды нескольких задач. Это может быть обусловлено, например, экономическими соображениями, недостаточным количеством работников с нужным уровнем компетенции, с необходимостью обеспечить высокую степень скрытности группы исполнителей, выполняющих задание во враждебном окружении и т.п. В этом случае проблема вообще не может быть формализована в рамках классической задачи о назначениях, предусматривающей строгое взаимно однозначное соответствие между множеством задач и множеством исполнителей.

Таким образом, возникает необходимость в разработке методики распределения совокупности N отдельных задач проекта между исполнителями с учетом того, что их компетенции, так же как и компетенции, требуемые для успешного выполнения задач проекта, заданы нечетко. Проблему можно формализовать следующим образом: из множества S кандидатов подобрать команду исполнителей и распределить их по задачам проекта таким образом, чтобы наиболее полно обеспечить соответствие множеству $KZ = \{KZ_l\}$, то есть суммарное по всем значениям l и m различие между значениями необходимых для выполнения l -й задачи компетенций $\{KZ_{lm}\}$ и значениями компетенций $\{KP_{jm}\}$ j -го исполнителя l -й задачи проекта должно быть минимальным.

Отклонение нежелательно как в отрицательную, так и в положительную сторону. В первом случае оно приводит к падению качества выполняемых работ и для ряда задач вообще недопустимо (исполнитель с меньшей компетенцией не сможет решить задачу), во втором – к неэффективности использования работника, так как более высокая квалификация исполнителя, как правило, требует более высокого уровня оплаты.

Решение задачи

Решение задачи после получения множества необходимых компетенций KZ может быть осуществлено в два этапа. На первом этапе необходимо оценить уровень компетенций каждого из претендентов. На втором – отобрать на основе анализа полученных на первом этапе данных наиболее подходящих исполнителей для реализации каждой из задач проекта.

Этап 1. Оценка уровня компетенций претендентов

Задача первого этапа чаще всего решается путем использования технологий тестового контроля, когда испытуемому предлагается выполнить заранее подготовленные задания различной степени сложности, после чего результаты выполнения оцениваются группой экспертов [3].

Однако при этом процедура оценки обладает специфическими особенностями, основными из которых являются:

1) неполнота, субъективность и неопределенность информации. Субъективность связана с личными предпочтениями экспертов, а неопределенность проявляется в неточных формулировках требований типа «уверенное владение», «умение анализировать», «обладание навыками», допускающими трактовку в очень широких пределах;

2) многокритериальность задачи, связанная с необходимостью учета большого числа частных показателей;

3) наличие как количественных, так и качественных показателей, которые необходимо учитывать при решении задачи оценки уровня компетенции.

Таким образом, несмотря на ряд достоинств, метод тестирования не лишен недостатков: процедура оценки результатов является слабо формализованной.

Для решения широкого круга задач, связанных с моделированием плохо формализованных процессов, их прогнозированием и поддержкой принятия решений, часто используются нечеткие когнитивные модели (НКМ). Неоспоримыми их достоинствами по сравнению с другими методами являются: возможность формализации численно неизмеримых факторов, использование неполной, нечеткой и даже противоречивой информации [4].

Построим методику комплексной оценки уровня компетентности, основанную на применении когнитивного моделирования, теории нечетких множеств и отношениях предпочтения между различными критериями. При решении многокритериальных задач часто используются различные методы свертки критериев в один обобщенный (интегральный) критерий. Одними из таких методов построения комплексного критерия являются аддитивная и мультипликативная свертки.

Аддитивный критерий, являясь наиболее простым, в то же время из-за возможности неограниченной компенсации значений одних критериев за счет других, нечувствителен к крайним значениям слагаемых. Значение же мультипликативного критерия, в отличие от аддитивного, резко уменьшается при малых значениях отдельных критериев (становится равным нулю, если хотя бы один из критериев принимает нулевое значение), что позволяет исключить нежелательные варианты при принятии решения.

Таким образом, для задач, где все оцениваемые параметры критично значимы, взаимосвязаны и взаимозависимы, наиболее целесообразным представляется применение мультипликативной свертки векторного критерия

$$K = \prod_i K_i^{s_i}, \quad (1)$$

где K_i – частные критерии; s_i – некоторым образом определенные веса, приписываемые каждому частному критерию K_i .

В случае, когда значения каждого отдельного параметра не являются критично значимыми и допускается компенсация влияния параметров друг на друга, может быть применена аддитивная свертка

$$K = \sum_i s_i K_i. \quad (2)$$

Оценки s_i могут быть получены экспертным путем. В случаях, когда эксперт затрудняется дать непосредственные численные оценки, могут оказаться предпочтительнее различные ранговые методы, при реализации которых требуется лишь упорядочить критерии.

Может быть использован, например, метод нестрогого ранжирования. В соответствии с этим методом экспертом производится нумерация всех критериев по возрастанию степени их важности. Причем допускается, что эксперту не удастся различить между собой некоторые критерии. В этом случае, при ранжировании, он помещает их рядом в произвольном порядке. Затем проранжированные критерии последовательно нумеруются. Оценка (ранг) критерия определяется его номером.

Если на одном месте находятся несколько неразличимых между собой критериев, то за ранг каждого из неразличимых критериев принимается номер всей группы как целого объекта в упорядочении [5].

Например, пусть критерии K_i ($i = 1, \dots, 5$) упорядочены экспертом следующим образом

$$K_4; (K_1, K_3); K_5; K_2.$$

Поскольку критерии 1 и 3 неразличимы и оба занимают вторую позицию, то сумма номеров равна: $1 + 2 + 2 + 3 + 4 = 12$. Соответственно, вес критерия K_4 составляет $1/12$, критериев K_1 и K_3 – по $2/12$, критерия K_5 – $3/12$, K_2 – $4/12$. Сумма весов равна единице. Найденные таким образом оценки представляют собой обобщение системы весов Фишберна [6] на случай смешанного распределения предпочтений, когда наряду с предпочтениями в систему входят и отношения безразличия.

Полученный результат согласуется с хорошо известным в теории принятия решений фактом: системе возрастающего предпочтения альтернатив наилучшим образом отвечает система увеличивающихся по правилу арифметической прогрессии весов.

Влияние оценок различных факторов на комплексный (интегральный) показатель компетентности может быть представлено в виде ориентированного графа G , имеющего одну корневую вершину и не содержащего петель и горизонтальных ребер в пределах одного уровня иерархии

$$G = \langle \{F_i\}; \{D_{ij}\} \rangle,$$

где $\{F_i\}$ – множество вершин графа (факторов или концептов в терминологии НКМ); $\{D_{ij}\}$ – множество дуг, соединяющих i -ю и j -ю вершины; $K_0 \in \{F_i\}$ – вершина, отвечающая комплексному критерию компетентности.

При этом дуги расположены так, что началу дуги соответствует вершина нижнего уровня иерархии (ранга), а концу дуги – вершина ранга, на единицу меньшего. Значения факторов могут быть заданы лингвистическими значениями.

Для дальнейшего построения методики оценки уровня компетенций (ОУК) на данный граф необходимо наложить полученную изложенным выше методом нестрогого ранжирования систему отношений предпочтения E одних параметров над другими по степени их влияния на заданный элемент следующего уровня иерархии

$$E = \{F_i(e) F_j | e \in (> ; \approx)\}.$$

При построении НКМ оценки компетентности на нижнем уровне необходимо расположить критерии оценки сложности тестовых заданий и критерии оценки результатов выполнения тестов. На уровень выше – концепты, отражающие оценку сложности тестов и результатов их выполнения, рассчитанные на основе значений критериев нижнего уровня с учетом их весов влияния согласно формулам (1) или (2).

С целью повышения корректности оценки необходимо предложить испытуемому тесты различного уровня сложности (среднего, выше среднего, высокого).

На следующем уровне иерархии располагаются вершины, отражающие общую оценку выполнения конкретного теста, рассчитанную как «произведение» сложности теста на результат его выполнения. Операция «произведение» в случае лингвистических значений определяется с помощью принципа расширения обычных (четких) математических функций на нечеткие числа, предложенного Л. Заде [7].

Следующий уровень содержит оценки отдельных компетенций испытуемого, найденные как максимум соответствующих общих оценок, полученных на предыдущем уровне. И, наконец, на верхнем уровне может быть, при необходимости, получена комплексная оценка компетентности испытуемого на основе аддитивной или мультипликативной свертки, согласно формулам (1) или (2).

Чтобы рассчитать комплексную оценку компетентности, необходимо произвести агрегирование данных, собранных в рамках иерархии G по направлению дуг графа.

Для представления значений факторов в НКМ введем в рассмотрение набор качественных оценок

$L = \{\text{низкая (Н)}, \text{ниже среднего (НС)}, \text{средняя (С)}, \text{выше среднего (ВС)}, \text{высокая (В)}\}$,

и сформируем лингвистическую переменную «Уровень фактора» с терм-множеством значений L .

В качестве семейства функций принадлежности может выступать стандартный пятиуровневый 01-классификатор, где функции принадлежности – трапециевидные нечеткие числа:

$$\begin{aligned} & \text{Н}(0; 0; 0,15; 0,25); \text{НС}(0,15; 0,25; 0,35; 0,45); \text{С}(0,35; 0,45; 0,55; 0,65); \\ & \text{ВС}(0,55; 0,65; 0,75; 0,85); \text{В}(0,75; 0,85; 1; 1). \end{aligned} \quad (3)$$

Стандартный классификатор осуществляет проекцию нечеткого лингвистического описания на 01-носитель, при этом делает это непротиворечивым способом, симметрично располагая узлы классификации (0,1; 0,3; 0,5; 0,7; 0,9) [8]. Таким образом, в качестве математической модели оценки компетентности испытуемого может быть принят кортеж $\langle G, L, E \rangle$, в котором при переходе с одного уровня на другой применяются различные виды свертки векторного критерия.

Пройдя последовательно снизу вверх по всем уровням иерархии G и применяя описанные выше соотношения, мы не только можем путем комплексного агрегирования данных выработать суждение о качественном уровне показателя на каждой ступени иерархии, но и оценить степень обоснованности данного суждения. Для этого необходимо:

1) поставить в соответствие лингвистическим значениям концептов иерархии G нечеткие числа из множества (3);

2) методом нестрогого ранжирования каждой дуге графа D_{ij} сопоставить некоторый вес S_{ij} , отражающий влияние i -го концепта на j -й. При этом S_{ij} представляют собой модифицированные веса Фишберна. В некоторых случаях веса могут быть заданы экспертом непосредственно;

3) применить аддитивную и мультипликативную свертки согласно формулам (1) и (2). При этом операции над нечеткими числами проводятся с использованием α -сечений [6];

4) лингвистически распознать полученный результат. Для этого необходимо задаться мерой уровня распознавания, то есть ввести так называемый индекс схожести (ИС) [9]. Индекс схожести Ω отражает «расстояние» между нечетким числом, характеризующим результат, и числами эталонного терм-множества (3), и может быть найден, например, следующим образом:

$$\Omega = \frac{(1 + \tilde{\rho})}{2}; \quad (4)$$

$$\tilde{\rho} = \frac{\rho_{in} - \rho_{out}}{\rho_{in} + \rho_{out}}, \quad (5)$$

где

$$\rho_{in} = \int_{a_1}^{a_4} (\min[\mu_1(x); \mu_2(x)]) dx; \quad \rho_{out} = \left| \int_{b_1}^{b_4} [\mu_2(x)] - \rho_{in} \right|,$$

где ρ_{out} представляет собой площадь нечеткого числа (НЧ) $B(b_1, b_2, b_3, b_4)$, характеризующего результат, лежащую вне эталонного НЧ $A(a_1, a_2, a_3, a_4)$, а ρ_{in} – площадь, лежащая внутри этого же НЧ; $\mu_1(x)$ и $\mu_2(x)$ – функции принадлежности соответствующих НЧ.

Определенный таким образом ИС, изменяясь в диапазоне от 0 до 1, будет характеризовать близость найденной свертки к тому или иному числу эталонного терм-множества.

Расчетный пример определения уровня компетентности. Пусть T_i – тест, позволяющий проверить уровень владения некоторой компетенцией K_j . Предположим, что общая сложность теста зависит от сложности трех составляющих, входящих в тест: k_1, k_2 и k_3 .

Например, если T_i – тест, предназначенный для выявления уровня компетенции K_j = «Владение компьютером», то в качестве k_1, k_2 и k_3 могут выступать: «Умение работать с офисными программами», «Знание основ функционирования аппаратной части компьютера» и «Соблюдение правил информационной безопасности». Причем вклад этих составляющих в оценку уровня сложности теста T_i может быть различен. Это различие учитывается с помощью заданных экспертами весов, соответствующих каждому из k . Оценка сложности теста D получается после применения аддитивной свертки согласно формуле (2).

Результат выполнения теста R определяется с помощью мультипликативной свертки (1) частных критериев успешности выполнения, взятых с соответствующими априорно заданными весами. В качестве частных критериев могут, например, выступать: r_1 – правильность выполнения заданий теста; r_2 – полнота выполнения заданий; r_3 – скорость выполнения.

Веса, используемые при оценке сложности теста и определении результата его выполнения, могут быть либо непосредственно заданы экспертами, либо могут быть получены как веса Фишберна в результате нестроного ранжирования согласно описанной выше методике.

Общая оценка выполнения теста Q вычисляется как произведение сложности теста на результат его выполнения. После прохождения испытуемым всего множества тестов, предназначенных для оценки уровня данной компетенции K_j , оценка ее уровня U_j находится как максимальное значение общих оценок выполнения тестов множества. Далее, если это необходимо, компетенции могут быть объединены с помощью мультипликативной свертки (1) в комплексный (интегральный) показатель компетентности. При этом значения параметров соответствуют набору качественных оценок L с семейством функций принадлежности (3).

В таблице 1 приведены исходные данные и результаты расчетов для определения уровня некоторой компетенции K_1 .

Таким образом, в результате тестового контроля для компетенции K_1 получена оценка «Выше среднего» со степенью принадлежности 0,83. Предположим, что для K_2 и K_3 аналогичным образом получены оценки «Выше среднего» и

Таблица 1

Исходные данные и результаты расчетов для компетенции K_1

K_j	T_i	$k_1 /$ (вес)	$k_2 /$ (вес)	$k_3 /$ (вес)	D (Ω)	$r_1 /$ (вес)	$r_2 /$ (вес)	$r_3 /$ (вес)	R (Ω)	Q (Ω)	U_j (Ω)
K_1	T_1	НС / (1/5)	С / (2/5)	С / (2/5)	С (0,81)	В / (0,7)	ВС / (0,2)	В / (0,1)	В (0,79)	С (0,72)	ВС (0,83)
	T_2	НС / (1/5)	НС / (2/5)	С / (2/5)	НС (0,61)	В / (0,7)	В / (0,2)	В / (0,1)	В (0,79)	НС (0,84)	
	T_3	ВС / (1/5)	В / (2/5)	В / (2/5)	В (0,80)	ВС / (0,7)	ВС / (0,2)	В / (0,1)	ВС (0,91)	ВС (0,83)	

«Средняя». Причем эксперты при ранжировании расположили K_j в следующей последовательности: (K_1, K_2); K_3 . Тогда веса Фишберна для K_1 и K_2 равны по 1/4, а для K_3 вес составляет 2/4.

После применения мультипликативной свертки (1) комплексный (интегральный) уровень компетентности испытуемого можно оценить как «Средний» со степенью принадлежности 0,56 (степень принадлежности к оценке «Выше среднего» составляет 0,44). Несмотря на то, что две компетенции из трех имеют уровень «Выше среднего», комплексный уровень компетентности лишь «Средний», поскольку влияние третьей компетенции на интегральную оценку выше.

Этап 2. Распределение задач между исполнителями

На втором этапе прежде всего необходимо вычислить интегральный индекс соответствия δ_j^j (ИИС) каждого j -го претендента каждой из l задач проекта (как бы «примерить» каждую задачу на каждого из претендентов). Для этого по формуле (4) нужно найти индексы схожести между нечеткими числами KZ_{lm} , отражающими компетенции, требуемые для выполнения l -й задачи, и нечеткими числами KP_{jm} отражающими компетенции j -го претендента.

После выполнения этого шага, задавшись для каждой из компетенций некоторым значением предельно допустимого отклонения индекса схожести от требуемого $\Omega_j^{\text{крит}}$, можно исключить из дальнейшего рассмотрения варианты распределения задач, содержащие индексы схожести меньше критического (значение интегрального критерия соответствия данного претендента для этой задачи принимается равным нулю). Для учета значимости различных компетенций при определении ИИС необходимо ввести в рассмотрение веса α_{lm} для каждой m -й компетенции l -й задачи. Сделать это эксперты могут либо непосредственно, либо описанным выше способом нестрогого ранжирования.

Таким образом, для расчета ИИС получаем формулу

$$\delta_j^j = \begin{cases} 0, & \text{если } \exists m : \Omega_{lm}^j < \Omega_l^{\text{крит}} \quad (m = 1, \dots, M_l), \\ \sum_{m=1}^{M_l} \alpha_{lm} \Omega_{lm}^j, & \text{если } \forall m : \Omega_{lm}^j \geq \Omega_l^{\text{крит}}, \end{cases} \quad (6)$$

где $\Omega_{lm}^j = \Omega(KP_{jm}, KZ_{lm})$ – индекс схожести между нечетким числом KP_{jm} , отражающим m компетенцию j -го претендента, и нечетким числом KZ_{lm} , соответствующим уровнем необходимой для выполнения задачи l компетенции m .

Найденное значение δ_l^j может быть использовано в качестве характеристики (индекса) эффективности выполнения l -й задачи j -м претендентом.

В случае если необходимо соблюсти взаимно однозначное соответствие между работниками и работами (например, в ситуации, когда все работы должны выполняться одновременно), получаем классическую задачу о назначениях, которая может быть решена «венгерским» методом [10].

В противном случае обозначим V – множество $\{V_k\}$ различных вариантов распределения S претендентов для решения N задач. Мощность множества V может быть найдена по формуле

$$|V| = S^N. \quad (7)$$

Элементами множества V являются наборы упорядоченных пар (*номер задачи; номер исполнителя*): $V_k = (NZ_l; NP_j)$, ($l \in [1, N]; j \in [1, S]; k \in [0, S^N - 1]$).

Например, если проект предусматривает решение пяти задач и на место в команде претендуют девять человек, то один из наборов может иметь вид: $\{(1; 2), (2; 0), (3; 2), (4; 4), (5; 8)\}$.

Если рассматривать V_k как вектор назначений, то NZ_l представляет собой номер координаты ($NZ_l = 1, \dots, N$), а NP_j – значение координаты этого вектора ($NP_j = 0, \dots, S - 1$).

Для генерации векторов назначений целесообразно воспользоваться рекуррентной формулой

$$V_k = (V_{k-1} \oplus 1) \bmod (S), \quad (8)$$

где V_0 – набор значений координат вектора назначений, состоящий из N нулей. Согласно формуле (8) для нахождения координат каждого следующего вектора назначений необходимо прибавить по модулю S к последней (самой старшей, имеющей наибольший номер) координате предыдущего вектора единицу с переносом значений в предыдущую (более младшую, имеющую номер на единицу меньше) координату. Таким образом, первый вектор будет иметь вид $V_0(0; 0; 0; \dots; 0)$, а последний $V_{S^N-1}(S^N-1; S^N-1; S^N-1; \dots; S^N-1)$. При этом размерность каждого из векторов назначений равна N . Например, если имеются две задачи и три исполнителя (0; 1 и 2), то получим девять ($= 3^2$) векторов назначений: $V_0(0; 0); V_1(0; 1); V_2(0; 2); V_3(1; 0); V_4(1; 1); V_5(1; 2); V_6(2; 0); V_7(2; 1); V_8(2; 2)$.

Далее найдем относительную оценку эффективности θ_k каждого варианта V_k распределений претендентов по задачам, то есть определим относительную эффективность различных векторов назначений для проекта в целом. Если под эффективностью понимается степень соответствия компетенций претендентов необходимым значениям, то достаточно перемножить индексы соответствия δ_l^j по всем парам $(l; j)$, входящим в V_k

$$\theta_k = \prod_{(j,l) \in V_k} \delta_l^j. \quad (9)$$

В случае равенства нулю хотя бы одной ИИС в наборе k , его оценка согласно формуле (9) становится равной нулю.

На практике возможны случаи, когда при оценке вариантов распределения работ возникает необходимость учесть не только компетентность каждого из исполнителей, но и свойства команды как целостной системы. Такими имманентными свойствами команды, требующими учета при принятии решения, могут быть, например, психологическая совместимость, функциональная устойчивость, управляемость, степень демаскируемости (при выполнении специальных заданий в тылу противника) и т.п.

В этом случае оценка обобщенной (с учетом свойств команды как целого) эффективности $\theta_k^{об}$ каждого варианта V_k может быть найдена как мультипликативная или аддитивная свертка соответствующих частных критериев по формулам (1) или (2). Например, формула может иметь вид

$$\theta_k^{об} = s_1 \theta_k + \sum_i s_i P_i,$$

где s_i – вес частного критерия эффективности; P_i – критерий, характеризующий свойства команды.

Оптимальным для выполнения проекта следует признать тот вариант распределения исполнителей, оценка которого максимальна

$$opt V_k \left(k : \max_k (\theta_k^{об}) \right). \quad (10)$$

Расчетный пример оценки эффективности вариантов назначения. Пусть успешное выполнение проекта предусматривает решение $N=3$ задач, которые потенциально могут быть распределены между $S=4$ претендентами, которые обозначены номерами 0, 1, 2 и 3. Уровень компетенций претендентов будем считать установленным на первом этапе. Критическое значение $\Omega_{ji}^{крит}$ примем равным 0,8. Под эффективностью будем понимать степень соответствия компетенций претендентов необходимым значениям. Исходные данные для расчетного примера, а также результаты определения δ_j^i приведены в табл. 2.

После исключения из табл. 2 назначений, изначально содержавшей 64 ($= 4^3$) строки, способов распределения задач, в которых хотя бы один ИИС равен нулю, остается 12 вариантов. Эти варианты, а также соответствующие им обобщенные оценки эффективности приведены в табл. 3.

Таблица 2

Исходные данные для расчетного примера

Задачи Z_i	Z_1			Z_2			Z_3	
Коды компетенций KZ_{lm}	K_1	K_2	K_3	K_1	K_4	K_5	K_2	K_6
Веса KZ_{lm} в ИИС (α_{lm})	0,2	0,4	0,4	0,33	0,33	0,33	0,66	0,34
Необходимый уровень KZ_{lm}	С	BC	BC	С	С	В	BC	BC
KP_{0m}	0,86	0,91	1,00	0,86	1,00	0,88	0,91	0,74
ИИС (δ_j^0)	0,2·0,86 + 0,4·0,91 + 0,4·1,00 = 0,94			0,91			0	
KP_{1m}	0,87	0,93	0,82	0,87	0,78	1	0,82	0,88
ИИС (δ_j^1)	0,87			0			0,84	
KP_{2m}	0,8	0,89	0,68	0,8	0,94	0,72	0,89	0,91
ИИС (δ_j^2)	0			0			0,90	
KP_{3m}	0,85	0,97	0,79	0,85	0,90	0,92	0,97	1,00
ИИС (δ_j^3)	0			0,89			0,98	

Таблица 3

Варианты распределения задач и их оценки

Задачи (δ_l^j) \ \n Варианты	$Z_1(\theta_k^{0\bar{0}})$	$Z_2(\theta_k^{0\bar{0}})$	$Z_3(\theta_k^{0\bar{0}})$	Обобщенная оценка эффективности θ_k
1	0 (0,94)	0 (0,91)	1 (0,84)	$0,94 \cdot 0,91 \cdot 0,84 \approx 0,719$
2		0 (0,91)	2 (0,90)	$0,94 \cdot 0,91 \cdot 0,90 \approx 0,770$
3		0 (0,91)	3 (0,98)	$0,94 \cdot 0,91 \cdot 0,98 \approx 0,838$
4		3 (0,89)	2 (0,90)	$0,94 \cdot 0,89 \cdot 0,90 \approx 0,753$
5		3 (0,89)	3 (0,98)	$0,94 \cdot 0,89 \cdot 0,98 \approx 0,820$
6		3 (0,89)	1 (0,84)	$0,94 \cdot 0,89 \cdot 0,84 \approx 0,703$
7	1 (0,87)	0 (0,91)	1 (0,84)	$0,87 \cdot 0,91 \cdot 0,84 \approx 0,665$
8		3 (0,89)	1 (0,84)	$0,87 \cdot 0,89 \cdot 0,84 \approx 0,650$
9		0 (0,91)	2 (0,90)	$0,87 \cdot 0,91 \cdot 0,90 = 0,713$
10		3 (0,89)	2 (0,90)	$0,87 \cdot 0,89 \cdot 0,90 \approx 0,697$
11		3 (0,89)	3 (0,98)	$0,87 \cdot 0,89 \cdot 0,98 \approx 0,759$
12		0 (0,91)	3 (0,98)	$0,87 \cdot 0,91 \cdot 0,98 \approx 0,776$

Как показывают результаты расчетов, наиболее предпочтительным является вариант распределения задач № 3, имеющий максимальную оценку эффективности равную 0,838. Он предусматривает выполнение первой и второй задачи нулевым исполнителем, а третьей задачи – третьим исполнителем.

Если каждый исполнитель должен выполнять только одну задачу, то оптимальным оказывается вариант № 12, имеющий оценку эффективности равную 0,776. При его выборе первую задачу будет решать первый исполнитель, вторую – нулевой исполнитель, третья задача вновь достанется третьему исполнителю.

Заключение

Предложенная методика оценки уровня компетенций испытуемого на базе нечеткой когнитивной модели может быть положена в основу работы компьютерной программы, позволяющей рассчитывать комплексный (интегральный) показатель компетентности. При этом лицо, принимающее решение, может варьировать веса дуг, связывающих концепты НКМ с целью подготовки или подбора специалиста под конкретные задачи.

Методика формирования команды для наиболее эффективного выполнения проектов может быть использована кадровыми службами для более обоснованного и целенаправленного подбора персонала.

Список литературы

1. Щербатов, И. А. Классификация неопределенностей в задачах моделирования и управления сложными слабоформализуемыми системами / И. А. Щербатов // Вестн. Саратовского гос. техн. ун-та. – 2013. – Т. 1, № 1(69). – С. 175 – 179.
2. Скороход, С. В. Применение функциональных моделей IDEFO для анализа квалификационных характеристик рабочих мест на основе нечетких целей / С. В. Скороход // Известия ТРТУ. – 2007. – № 3(73). – С. 13 – 18.

3. Леонова, О. В. Компетентностный подход как способ управления персоналом предприятия военно-промышленного комплекса / О. В. Леонова, О. В. Колосова // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2010. – № 4. – С. 993 – 1000.
 4. Максимов, В. И. Аналитические основы применения когнитивного подхода при решении слабоструктурированных задач / В. И. Максимов, Е. К. Корноушенко // Труды ИПУ РАН / под ред. Д. А. Новикова. – М., 1999. – Т. 2. – С. 95 – 109.
 5. Ажмухамедов, И. М. Математическая модель комплексной безопасности компьютерных систем и сетей на основе экспертных суждений / И. М. Ажмухамедов // Инфокоммуникационные технологии. – 2009. – Т. 7, № 4. – С. 103 – 107.
 6. Фишберн, П. Теория полезности для принятия решений : пер. с англ. / П. Фишберн. – М. : Наука, 1978. – 352 с.
 7. Заде, Л. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений : пер. с англ. / Л. Заде. – М. : Мир, 1976. – 168 с.
 8. Kaufmann, A. Introduction to Fuzzy Arithmetic: Theory and Applications / A. Kaufmann, M. Gupta. – New York : Van Nostrand Reinhold Company Inc., 1991. – 161 p.
 9. Проталинский, О. М. Применение методов искусственного интеллекта при автоматизации технологических процессов / О. М. Проталинский. – Астрахань : Изд-во АГТУ, 2004. – 184 с.
 10. Таха, Х. Введение в исследование операций : пер. с англ. В 2 кн. Кн.1 / Х. Таха. – М. : Мир, 1985. – 285 с.
-

Personnel Management of Project Oriented Organizations under Uncertainty

A. I. Azhmukhamedov, O. M. Protalinsky

*Department "Applied Informatics", Astrakhan State Technical University,
Astrakhan; bert91@mail.ru*

Key words and phrases: allocation of tasks; competency assessment; fuzzy cognitive model; recruitment.

Abstract: The success of project implementation is often predetermined by the optimal selection of employees for specific tasks. There is a need to develop methods of distribution of tasks between performers, taking into account the uncertainties associated with the presence of anthropogenic factors. The description of qualifying characteristics tends to be ambiguous and is usually expressed in a verbal form. In this case the problem cannot be formalized within the classical tasks of appointments, with a strict one-to-one mapping between multiple tasks and multiple artists. Accordingly, in this paper using fuzzy cognitive modeling we developed the method of distribution of tasks in conditions of uncertainty; the method consists of two phases. The first stage implies evaluating the competency levels of applicants through testing technologies; the second phase is selection of best options of task distribution between performers.

Auswahl des Personals für die projektorientierten in den nicht deutlichen Bedingungen

Zusammenfassung: Das Gelingen der Ausführung verschiedener Projekte wird oft von der optimalen Auswahl der Mitarbeiter für die Lösung der abgesonderten Aufgaben vorausbestimmt. Es entsteht die Notwendigkeit in der Entwicklung der

Methodik der Verteilung der Aufgaben zwischen den Vollzieher, die die Unbestimmtheiten berücksichtigt, die mit dem Vorhandensein des Anthropogenfaktors verbunden sind. Die Beschreibung der Qualifikationscharakteristiken trägt den mehrdeutigen Charakter dabei und gewöhnlich prägt sich in der Verbalform aus. In der Verbindung damit können die klassischen Methoden der Lösung der Aufgabe über die Bestimmungen direct nicht benutzt, ohne Bestimmung der numerischen Charakteristik der Übereinstimmung der Kompetenzen der Arbeiter davon für die Lösung der Aufgaben des Projektes dem undeutlich bestimmten Kompetenzen. Ausgehend davon, ist in der vorliegenden Arbeit aufgrund der undeutlichen kognitiven Modellierung die Methodik der Verteilung der Arbeiten in den Bedingungen der Unbestimmtheit, die aus zwei Etappen besteht, aufgebaut. In der ersten Etappe werden mit Hilfe der Prüfungstechnologien die Niveaus der Kompetenzen der Bewerber eingeschätzt, in der zweiten Etappe werden die optimalen Varianten der Verteilung der Aufgaben zwischen den Vollziehern bewertet.

Management du personnel pour les organisations de conception dans les conditions incertaines

Résumé: La réussite de la réalisation de différents projets est souvent définie par le management optimal des cadres pour la solution des problèmes particuliers. Il est donc nécessaire d'élaborer la méthode de la répartition des problèmes entre les employés compte tenu des difficultés liées au facteur anthropogène. On trouve souvent des ambiguïtés dans la description des caractéristiques de qualification exprimée dans la forme verbale. Les méthodes classiques ne sont pas toujours effectives ne tenant compte de la correspondance des compétences des salariés aux exigences du projet. Ainsi dans le présent article à la base d'un modèle cognitif précis est construite la méthode de la répartition des fonctions dans les conditions incertaines qui comprend deux étapes. A la première étape à l'aide des technologies de test sont évalués les niveaux de compétences des candidats. A la deuxième étape sont définis des variants de la répartition des problèmes entre les employés.

Авторы: *Ажмухамедов Альберт Искандарович* – аспирант кафедры; *Проталинский Олег Мирославович* – доктор технических наук, профессор, первый проректор, ФГБОУ ВПО «Астраханский государственный технический университет», г. Астрахань.

Рецензент: *Попов Георгий Александрович* – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Информационная безопасность», ФГБОУ ВПО «Астраханский государственный технический университет», г. Астрахань.
