

Отбор команды исполнителей для реализации проекта с помощью когнитивных карт

А.З. Асанов
Кафедра Автоматических систем
Институт кибернетики Московского
технологического университета (МИРЭА)
Москва, Россия
e-mail: askhat.asanov@yandex.ru

И.Ю. Мышкина
Кафедра Системного анализа и информатики
Набережночелнинский институт (филиал)
Казанского (Приволжского) федерального
университета
Набережные Челны, Россия
e-mail: mirinau@mail.ru

Аннотация¹

Исследуется возможность применения четких когнитивных карт при оценке соответствия компетенций (и их составляющих) потенциальных исполнителей требованиям к отдельным задачам проекта. Приводится методика сбора и обработки экспертных оценок, которая может применяться как для определения параметров когнитивной карты, так и оценок компетенций возможных исполнителей. Для согласования мнений экспертов используется алгоритм согласования кластеризованных ранжировок.

1. Введение

Задачи управления кадрами предприятия по степени важности стоят в одном ряду с задачами производства и сбыта продукции. Так успешность нового проекта в любой сфере деятельности напрямую зависит от компетентности выбранных исполнителей, от того, правильно ли распределены между членами команды отдельные задачи проекта. Для нахождения оценки соответствия компетенций возможных исполнителей требованиям к уровням компетенций, необходимых для решения каждой отдельной задачи проекта, предлагается использовать когнитивные карты. Предполагалось, что для каждой задачи требуется один исполнитель. На основе полученных оценок и оценок занятости исполнителей в других работах и/или проектах может быть осуществлен отбор наиболее подходящих исполнителей из числа потенциально возможных.

2. Постановка задачи

Необходимо сформировать команду из m человек и распределить между ними n задач, каждая из которых требует владения определенным набором

Труды четвертой международной конференции "Информационные технологии интеллектуальной поддержки принятия решений", 17 - 19 мая, Уфа, Россия, 2016

компетенций, из n возможных исполнителей таким образом, чтобы оценка соответствия их компетенций требованиям была не ниже некоторой минимальной оценки, а их занятость в других проектах была минимальна.

Для получения частных оценок составляющих компетенций предлагается использовать экспертные оценки. В качестве экспертов могут выступать линейные руководители, а также руководители отдельных уже реализованных проектов, т.е. те, кто непосредственно участвует в работе и тесно взаимодействует с потенциальными исполнителями.

Таким образом, решение поставленной задачи предполагает выполнение двух этапов:

1 этап. Получение интегральных оценок соответствия n возможных исполнителей проекта требованиям m заданий $C = \{c_i^j\}$, $i = 1, m$, $j = 1, n$, $c_i^j \in [0,1]$ на основе экспертных оценок составляющих компетенций.

2 этап. Отбор на основе оценок, полученных на 1 этапе и оценок степени занятости исполнителей $Z = \{z_i\}$, $i = 1, m$, $z_i \in \{0,1\}$ по одному исполнителю для реализации каждой задачи проекта при условии, что отобранные исполнители имеют наиболее подходящую оценку соответствия требованиям и минимальную занятость.

3. Методика решения задачи отбора команды

3.1. Оценка компетенций

В данном разделе рассматривается возможность применения четких когнитивных карт [1, 2] для получения оценки соответствия исполнителя требованиям для реализации задачи проекта.

Когнитивная модель требований к реализации частного задания проекта:

$$\Phi = \langle G, Y, W \rangle$$

где $G = \langle V, E \rangle$ – ориентированный граф,
 V – множество вершин (концептов), причем
 $V = \{V_l\} = \{K_i\} \cup \{SK_i^i\} \cup \{S\}$,

K_i – вершины–компетенции,

SK_i^i – вершины–составляющие i -ой компетенции,
 $i = \overline{1, N}$ (N – общее число компетенций), $t_i = \overline{1, m_i}$
(m_i – общее число составляющих i -й компетенции),
вершина S – (концепт) «соответствие требованиям задания»;

$E = \{e_{ij}\}$, $i, j = \overline{1, M}$ – множество дуг. Таким образом, общее число концептов равно
 $M = N + \sum_{i=1}^N m_i + 1$.

$Y = \{Y^{V_l}\}$, $l = \overline{1, M}$ – множество параметров вершин V (значение концептов K и SK – оценка компетенций и составляющих компетенций потенциального исполнителя, значение концепта S – интегральная оценка соответствия требованиям).

Веса влияний $W = \{w_{ji}\}$ ($i = \overline{1, M}$, $j = \overline{1, M}$) между каждой парой концептов принимают значения из промежутка $(0; 1]$. Веса устанавливались равными значимости концепта для выполнения задания. Напрямую с концептом–компетенцией связаны составляющие этой компетенции, имеющие наибольшую значимость. Остальные концепты–составляющие связаны друг с другом от наиболее значимой к менее значимой. Такое расположение концептов обусловлено тем, что для выполнения задания требуется, чтобы возможный исполнитель владел всем набором компетенций и их составляющих.

Требуется на основе оценок составляющих компетенций соискателя получить оценку соответствия соискателя требованиям, необходимым для выполнения задания проекта.

Решение задачи оценки компетенций включает следующие этапы:

- 1 этап. Построение когнитивной модели требований к компетенциям.
- 2 этап. Задание начальных значения концептов–составляющих компетенций.
- 4 этап. Пересчет значений всех концептов. Модель этапов вычислений четкой когнитивной карты:

$$Y_i(t+1) = Y_i(t) + \sum_{j=1}^N \Delta Y_j(t) \cdot w_{ij}, \quad - \quad \text{для}$$

результатирующего концепта S .

$\Delta Y_j(t)$ – приращение (изменение) значения j -го концепта в момент времени (этап вычисления) t .

$$Y_i(t+1) = Y_i(t) + \sum_{j=1}^N \Delta Y_j(t) \cdot w_{ij} \cdot H(Y_i(0)), \quad \text{где } H(x) = 0,$$

если $x < \eta(SK)$, и $H(x) = 1$, если $x \geq \eta(SK)$ – для концептов, представляющих компетенции и их составляющие, где $\eta(SK)$ – минимально возможная оценка составляющих компетенций. Ограничения в данном случае введены для того, чтобы учитывать все составляющие компетенции при оценке возможного исполнителя только в случае, если он обладает всеми составляющими компетенций на уровне не ниже минимального. При этом даже очень высокая оценка по какой-либо составляющей не увеличит значительно итоговую оценку возможного исполнителя, если он не соответствует всему набору требований.

На рисунке 1 приводится пример когнитивной карты требований к компетенциям для реализации некоторого задания проекта, приводится расшифровка одной из компетенций (см. также таблицу 1).

На рисунке 1 используются следующие обозначения:

KN (компетенция) – «Способность демонстрировать, применять, критически оценивать и пополнять математические знания».

SK – составляющие компетенции:

Разрабатывает математические модели реальных процессов и ситуаций (SK1). Оценивает различные методы решения задачи и выбирает оптимальный метод (SK2). Способен передавать результат проведенных исследований в виде конкретных рекомендаций (SK3). Применяет компьютерные математические программы при решении задач (SK4). Оценивает математическую корректность различной информации в СМИ, научно–популярной литературе и др. в терминах предметной области знания (SK5). Готов и способен к обучению и саморазвитию в предметной области знания (SK6).

3.2. Обработка экспертных оценок

При оценке весов связей между концептами и оценке составляющих компетенций возможных исполнителей используются экспертные оценки. Сбор и обработка экспертных оценок включает следующие этапы (на примере оценок весов связей, которые соответствуют значимости компетенций и их составляющих):

1. Экспертами определяются веса связей между концептами когнитивной карты.
2. Определяются средние арифметические веса.
3. Определяются медианы наборов весов.

- Средние веса и их медианы задают некоторые ранжировки множества компетенций (и составляющих).
- Применяется алгоритм согласования двух полученных кластеризованных ранжировок [3]. Если присутствуют противоречивые наборы компетенций, то экспертам предлагается снова провести их оценку.

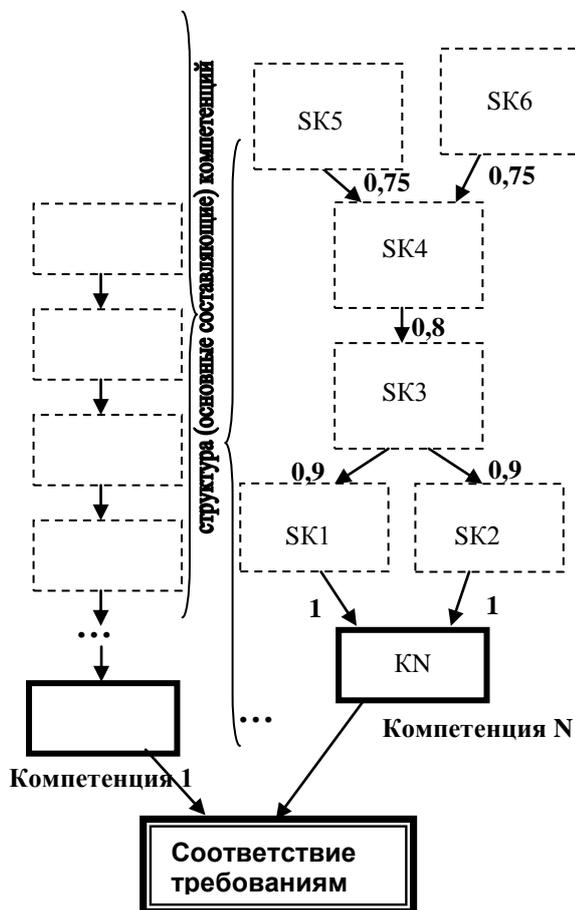


Рисунок 1. Когнитивная карта требований к компетенциям.

В качестве примера рассмотрим ситуацию, когда три эксперта проводят оценки значимости 7 компетенций. Возможные результаты этапов 1–4 обработки экспертных оценок приведены в таблице 2.

На основе полученных результатов получаем две ранжировки компетенций: на основе средних значений –

$$A = [1 < 2 < 3 < 4 < 5 < 6 < 7], \text{ на основе медиан – } B = [1 < 3 < 2 < 4 < \{5,6\} < 7].$$

Совокупность противоречивых пар компетенций – $S = [(2,3), (5,6)]$. Результат согласования кластеризованных ранжировок: $f(A, B) = [1 < \{2,3\} < 4 < \{5,6\} < 7]$.

Таким образом, дополнительного изучения с целью упорядочения и получения новых оценок значимости требуют только компетенции $\{2,3\}$ и $\{5,6\}$.

В случае большого числа оцениваемых экспертами объектов можно предварительно провести проверку согласованности мнений одного эксперта, которая включает следующие этапы:

- Эксперту предлагается компетенции и/или их составляющие разбить на кластеры (группы) по значимости: «низкая значимость», «средняя», «высокая», «очень высокая».
- Внутри каждой группы провести ранжировку по возрастанию их значимости.

Таблица 1.

Компетенция N. Способен демонстрировать, применять, критически оценивать и пополнять математические знания.			
№	Структура компетенции	Значимость, $z(SK_{tN}^N)$	Минимальная оценка составляющих компетенции, $\eta(SK_{tN}^N)$
1	SK1	1	0,5
2	SK2	1	0,5
3	SK3	0,9	0,5
4	SK4	0,8	0,4
5	SK5	0,75	0,4
6	SK6	0,75	0,3
	Итоговая оценка		6,4640

Таблица 2. Пример результатов обработки экспертных оценок

Номер эксперта	Степень влияния (значимость) на общую оценку соискателя (значения от 0 до 1)						
	Компетенция 1	Компетенция 2	Компетенция 3	Компетенция 4	Компетенция 5	Компетенция 6	Компетенция 7
1	0,3	0,4	0,5	0,7	0,8	0,9	1
2	0,5	0,7	0,6	0,8	0,9	1	0,9
3	0,7	0,8	0,9	0,9	1	0,9	1
Среднее	0,5	0,63	0,67	0,8	0,9	0,93	0,97
Медиана	0,5	0,7	0,6	0,8	0,9	0,9	1
Ранги средних	1	2	3	4	5	6	7
Ранги медиан	1	3	2	4	5,5	5,5	7

Отбор команды исполнителей для реализации проекта с помощью когнитивных карт

3. Применяется алгоритм согласования [3] полученной ранжировки и ранжировки прямых оценок компетенций, данных экспертом. Если присутствуют противоречивые наборы компетенций, то экспертам предлагается снова провести оценку этих компетенций.

Таблица 3 содержит результаты расчетов для нескольких возможных исполнителей.

Таблица 3.

Составляющие компетенции	Некоторые комбинации частных оценок					
	1	2	3	4	5	6
SK1	0,5	1	0,4	0,4	0,5	0,8
SK2	0,5	1	0,4	0,5	0,5	0,7
SK3	0,5	1	0,4	0,5	0,5	0,7
SK4	0,4	1	0,3	0,4	0,3	0,7
SK5	0,4	1	0,3	0,4	0,4	0,7
SK6	0,3	1	0,2	0,3	0,3	0,7
Итоговая оценка	6,5	14,8	0	3,23	3,8	10,6
Нормир. оценка	0,44	1	0	0,22	0,26	0,71

3.3. Отбор исполнителей

Пусть имеются оценки соответствия n возможных исполнителей проекта требованиям m заданий $C = \{c_i^j\}$, $i=1, m$, $j=1, n$, $c_i^j \in [0,1]$; оценки степени занятости исполнителей $Z = \{z_i\}$, $i=1, m$, $z_i \in [0,1]$.

На втором этапе решения задачи формирования команды для реализации проекта требуется отобрать по одному исполнителю для реализации каждой задачи проекта, отобранные исполнители должны иметь наиболее подходящую оценку соответствия требованиям и минимальную занятость.

В итоге получаем оптимизационную комбинаторную задачу. Для решения подобных задач при большом количестве возможных вариантов распределения заданий между исполнителями можно использовать нейронную сеть Хопфилда. Построим сеть для решения задачи. Снабдим каждый нейрон двумя индексами: первый соответствует заданию проекта, второй – номер возможного исполнителя. Функция энергии в терминах дискретной нейронной сети Хопфилда с бинарными состояниями нейронов $x_{ij} \in \{0;1\}$ ($i=1, m$, $j=1, n$) в нашем случае имеет вид (1).

В полученном выражении первый член равен нулю только в том случае, если каждая строка (задание) содержит не более одной единицы. (Каждое задание выполняет один исполнитель). Второй член равен нулю только в том случае, если каждый столбец (возможный исполнитель) содержит не более

одной единицы. (Каждый исполнитель выполняет только одно задание). Третий член равен нулю только в том случае, если матрица содержит ровно m единиц. (Число исполнителей равно числу заданий). Четвертый член принимает минимальное значение, если отобранные исполнители в большей степени соответствуют требованиям. Пятый член принимает минимальное значение, если отобранные исполнители в наименьшей степени заняты.

$$E = \frac{K_1}{2} \sum_t \sum_i \sum_{i \neq j} x_{ti} x_{tj} + \frac{K_2}{2} \sum_i \sum_t \sum_{y \neq t} x_{ti} x_{yi} + \frac{K_3}{2} \left(\left(\sum_t \sum_i x_{ti} \right) - m \right)^2 + \frac{K_4}{2} \sum_t \left(\sum_i x_{ti} c_{ti} - 1 \right)^2 + K_5 \sum_t \sum_i x_{ti} z_i \quad (1)$$

В результате находим элементы весовой матрицы:

$$w_{i_t, y_j} = -K_1 \delta_{ty} (1 - \delta_{ij}) - K_2 \delta_{ij} (1 - \delta_{ty}) - K_3 - 2K_4 c_{ti} c_{yj} \delta_{ty} (1 - \delta_{ij})$$

где $\delta_{ij} = 1$, если $i = j$ и $\delta_{ij} = 0$ в противном случае.

Значения главной диагонали матрицы весов сети Хопфилда могут быть обнулены для повышения устойчивости работы сети.

Кроме того, каждый нейрон имеет дополнительный вход со смещающим весом $b_i = K_3 m + K_4 c_{ij} - K_5 z_j$, где $i = t \cdot n + j$.

Из соображений устойчивости сети использовалась асинхронная динамика работы.

4. Заключение

Полагаем, что предложенный подход к оценке компетенций может быть также адаптирован для решения других кадровых задач, связанных с оценкой и расстановкой персонала. Дальнейшее возможное развитие видится в разработке методов, позволяющих на основе истории уже реализованных «удачных» проектов, осуществлять отбор наиболее подходящих исполнителей.

Список используемых источников

1. Борисов В. В. Нечеткие модели и сети / В. В. Борисов, В. В. Круглов, А. С. Федулов. М.: Горячая линия–Телеком, 2007. 284 с.
2. Асанов А. З. Когнитивное моделирование в задаче оценки соответствия соискателя вакансий квалификационным требованиям / А. З. Асанов, И. Ю. Мышкина // Вестник компьютерных и информационных технологий. М., 2012. №12. С. 29–34.
3. Горский В.Г. Метод согласования кластеризованных ранжировок / В.Г. Горский, А.И. Орлов, А.А. Гриценко // Автоматика и телемеханика. 2000. №3. С. 159–167.