

# МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ФОРМИРОВАНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ КОМАНД

УДК 519.812.3

---

## КАЛИТА Надежда Ивановна

К.т.н, доцент кафедры системотехники Харьковского национального университета радиоэлектроники.

**Научные интересы:** теория принятия решений, методы управления интеллектуальными командами.

**e-mail:** nadiia.kalyta@nure.ua

## ПОНОМАРЕВА Светлана Владиславовна

аспирант кафедры системотехники Харьковского национального университета радиоэлектроники.

**Научные интересы:** современные информационные технологии, модели и методы управления интеллектуальными командами.

**e-mail:** svitlana.ponomarova@nure.ua

### ВВЕДЕНИЕ

Возрастающие темпы совершенствования технологий, создание новых продуктов, обострение конкуренции на рынке создают условия для использования проектного менеджмента не только в IT сфере, но и других видах интеллектуальной деятельности. Управление человеческими ресурсами в современных социально-экономических условиях приобретает особую значимость. Оно непосредственно влияет на эффективность управления проектом и успешность его реализации, которые невозможны без формирования эффективной команды.

В сфере информационных технологий командная форма организации является основным или единственным типом организации технологического процесса и выполнения работ. Как организационная форма профессиональной деятельности, команды исполнителей действуют и в других сферах жизнедеятельности общества: экономической, производственной, социальной, интеллектуальной, культур-

ной [1]. В каждой сфере есть своя специфика условий и требований к организации команд, различия в их функционировании, что в дальнейшем определяет профиль команды. Для работы над конкретным проектом формируется группа специалистов в данной сфере, например, планирующая команда, команда по разработке продукта, команда по разработке стратегии развития.

В общем случае безотносительно к предметной области такие команды будем называть интеллектуальными. Интеллектуальные команды могут формироваться как на длительный срок, так и на некоторое время для решения конкретной задачи. Чем дольше будет существовать команда, тем выше будет ее уровень сработанности и профессионализма, и тем успешнее и результативнее она будет действовать. При формировании интеллектуальных команд необходимо учитывать уровень компетентности членов команды относительно требований к компетенциям.

**АНАЛИЗ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ**

Разработке и исследованию математических моделей и методов формирования и функционирования команд посвящено множество научных и практических разработок отечественных и зарубежных авторов, в том числе [1-2]. В последнее время в литературе при формировании команд все чаще применяется компетентностный подход [3-5]. В [6] предложены методы формирования команд с использованием теории прецедентов и функционального резервирования, задачи управления персоналом и формирования команды с помощью методов принятия решений рассмотрены в работах [7-10]. В работах [2,11] предложены модели формирования команды проекта с учетом межличностных отношений. Особое значение уделяется формированию управленческой команды проекта в таких публикациях, как [3,5], а понятие формирования интеллектуальных команд в литературе не встречается.

Анализ научных публикаций показал, что существующие методы и подходы к решению задачи управления командами исполнителей не всегда применимы или эффективны с учетом современных требований управления проектами. Это связано с возможными изменениями условий функционирования команд из-за политических, социальных или трудовых конфликтов, изменения сроков реализации проекта или других причин. К сожалению, в большинстве источников приводятся лишь общие рекомендации по выбору и использованию того или иного подхода и метода.

В общем случае рассматривают формальную постановку задачи формирования команды в таком виде [1]. Необходимо найти состав команды  $N^*$ , обладающий максимальной эффективностью:

$$N^* = \arg \max_{N \subseteq N_0} \Phi(N) \quad (1)$$

где  $N_0$  – множество претендентов на включение в состав команды;

$N^*$  – состав команды (вариант решения задачи формирования состава);

$\Phi(N)$  – функционал эффективности, ставящий в соответствие каждому возможному составу  $N \subseteq N_0$  действительное число.

Приведенная общая модель относится к классу задач о назначении, которые охватывают широкий класс оптимизационных задач: формирования состава команд, распределения функций (ролей) в неоднородных командах и задачи распределения объемов работ. Существующие подходы к решению такого рода задач позволяют назначать претендента на одну и только одну должность и не учитывают всего спектра возможных характеристик претендента, поэтому требуют развития и усовершенствования, что определяет актуальность исследуемого вопроса.

**Целью статьи** является исследование существующих методов формирования команд и разработка математической модели многофакторного оценивания интеллектуальных команд, позволяющей из множества возможных вариантов команды выбрать наилучший ее состав.

**ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ**

Команды можно разделить на два больших класса: однородные и неоднородные [1]. Интеллектуальные команды относятся к неоднородным командам, где ее члены выполняют различные функции, причем каждый член команды в общем случае характеризуется определенными эффективностями реализации тех или иных функций. Поэтому при фор-

мировании неоднородной команды основной задачей является распределение ролей и видов деятельности между исполнителями.

У каждого участника команды есть две роли: функциональная и командная [12]. Функциональная роль определяется профессиональными компетенциями, которые описывают уровень знаний, умений и навыков, и профильными компетенциями, которые описывают уровень ориентации в среде, понимание технологий и трендов, знания бизнес процессов и специфики работы в заданной сфере деятельности. Уровень компетенции профессиональных и профильных характеристик претендентов на различные функциональные роли будет различным. Функциональные роли определяются должностными обязанностями [13].

Командные роли отражают способ, с помощью которого участник команды выполняет свою работу, определяются они врожденными и приобретенными личностными качествами, которые включают степень ответственности, способность самостоятельно принимать решения, умение работать в команде, в условиях плотного графика, в условиях рисков и неопределенностей, системное и стратегическое мышление, лидерские качества, организационные и мотивационные навыки, дисциплинированность и организованность, аналитический подход, способность к эффективному общению (устному и письменному), креативность. Для различных командных ролей необходим различный уровень компетенции личностных характеристик претендентов [14]. Примерами командных ролей являются «генератор идей», «исследователь ресурсов», «координатор», «организатор» и др. [12].

Роль конкретного участника определяется его вкладом в работу команды и взаимоотношениями между участниками команды, поэтому в команде может быть несколько исполнителей с одинаковой ролью. С точки зрения компетентного подхода эффективным считается такое распределение ролей, при котором ответственность каждой роли не превышает умений члена команды, которому эта роль досталась [3]. При этом необходимо обеспечить соответствие состава команды заданию, для выполнения которого она создается.

Рассмотрим задачу формирования интеллектуальной команды в такой постановке. Для выполнения проекта необходима команда, в которой членам команды определено множество различных функциональных ролей (должностей)  $Y = \{y_j\}, j = \overline{1, m}$ . Количественный состав команды определяется объемом работ, предусмотренным проектом. Будем полагать, что объемы работ распределены между функциональными ролями. Рольевой состав команды и количество исполнителей каждой роли определяется менеджером проекта для каждого конкретного проекта. Одна роль может исполняться несколькими специалистами. Но, в свою очередь, один и тот же специалист может совмещать различные роли.

Известны также множества претендентов  $X_j = \{x_i\}, i = \overline{1, n}$ , на каждую  $j$ -ю роль. При этом некоторые элементы  $x_i$  могут быть включены в несколько множеств претендентов (претендуя на различные роли в команде). Каждый претендент  $x_i$  из множеств  $X_j$  описывается множеством профессиональных  $K_f(x_i) = \{k_f(x_i)\}, f = \overline{1, F}$ , профильных  $K_r(x_i) = \{k_r(x_i)\}, r = \overline{1, R}$  и личностных  $K_l(x_i) = \{k_l(x_i)\}, l = \overline{1, L}$  качеств (характеристик).

Для определенности будем полагать, что значения  $K_f(x_i)$ ,  $K_r(x_i)$  и  $K_l(x_i)$  известны и заданы в виде количественных оценок. Эти значения могут быть получены специалистами по персоналу в ходе собеседования методами, принятыми в данной предметной области, например, в результате обработки психологических тестов, тестов на профессиональные знания и навыки и т.п.

Компетентность претендента заключается во владении им необходимыми компетенциями. Менеджер проекта устанавливает достаточный уровень владения компетенциями претендентами для того, чтобы быть включенными в команду. Для каждой роли  $y_j$ ,  $j = \overline{1, m}$  в интеллектуальной команде значение критериев из множества профессиональных  $K_f^*(y_i) = \{k_f^*(y_i)\}$ , профильных  $K_r^*(y_i) = \{k_r^*(y_i)\}$  и личностных  $K_l^*(y_i) = \{k_l^*(y_i)\}$  компетенций известны и могут быть заданы количественными оценками. Каждый претендент  $x_i$  на роль  $y_j$  обладает множеством характеристик  $K_f(x_i) = \{k_f(x_i)\}$ ,  $f = \overline{1, F}$ ,  $K_r(x_i) = \{k_r(x_i)\}$ ,  $r = \overline{1, R}$  и  $K_l(x_i) = \{k_l(x_i)\}$ ,  $l = \overline{1, L}$ , которые должны соответствовать достаточному уровню компетенций. Если претендент владеет требуемыми компетенциями, то  $x_i$  участвует в отборе. Если же хотя бы одно из условий не выполняется, то  $x_i$  исключается из рассмотрения на исполнение данной роли.

Рассматривая множество претендентов  $X_j$  как множество альтернатив, которые характеризуются некоторым множеством частных критериев  $K(x_i)$  задачу формирования оптимальной команды можем отнести к задаче принятия решений. Конечной целью общей задачи принятия решений является выбор из допустимого множества решений  $X_j$  един-

ственного наилучшего, т.е. экстремального по выбранным частным критериям решения.

Под оптимальным исполнителем  $x_j^0$  роли  $y_j$  будем понимать такого претендента  $x_i$  из множества  $X_j$ , который имеет наилучшие характеристики [10]:

$$x_j^0 = \arg \operatorname{extr}_{x_i \in X_j} \{K_f(x_i), K_r(x_i), K_l(x_i)\}, j = \overline{1, m}. \quad (2)$$

#### РАЗРАБОТКА МЕТОДА РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ФОРМИРОВАНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ КОМАНДЫ

Задача многокритериальной оптимизации (2) является некорректной, так как в общем случае не обеспечивает определения единственного оптимального решения из  $x_i \in X_j$ ,  $j = \overline{1, m}$ , поэтому необходимо ее трансформировать в однокритериальную со скалярным критерием.

Основными способами трансформации многокритериальных оптимизационных задач в однокритериальные являются: выделение главного критерия и перевод всех остальных критериев в ограничения; функционально-стоимостной анализ; последовательная оптимизация; формирование обобщенного скалярного критерия, учитывающего все разнородные частные критерии [10].

Для формирования оптимальной команды, т.е. выбора лучших претендентов в команду и оценки эффективности команды используем функционально-стоимостной анализ и формирование обобщенного скалярного критерия на основе теории полезности. Учитывая достоинства и недостатки возможных функций свертки частных критериев [10], используем аддитивную функцию вида:

$$P(x) = \sum_{i=1}^n a_i p_i(x), \quad (3)$$

где  $a_i$  – безразмерные весовые коэффициенты важности частных критериев, удовлетворяющие условиям:

$$\sum_{i=1}^n a_i = 1, \quad 0 \leq a_i \leq 1, \quad (4)$$

а  $p_i(x)$  – нормализованные, т.е. приведенные к безразмерному виду, одинаковому интервалу изменения и направлению доминирования частных критериев:

$$p_i(x) = k_j^H(x) = \left( \frac{k_j(x_i) - k_j^{HX}(x_i)}{k_j^{HL}(x_i) - k_j^{HX}(x_i)} \right)^{\alpha_i}, \quad (5)$$

где  $k_j^{HX}(x_i), k_j^{HL}(x_i)$  – соответственно наихудшее и наилучшее значения частных критериев на всем множестве претендентов  $X_j, \alpha_i$  – параметр нелинейности, реализующий при  $\alpha_i = 1$  линейную зависимость, при  $\alpha_i < 1$  – выпуклую вверх зависимость, при  $\alpha_i > 1$  – выпуклую вниз зависимость [15].

В общем случае в разных проектах значимость качеств претендентов  $k(x_i)$  соответствующих компетенций различна, поэтому привлекательность (полезность)  $i$ -го претендента на  $j$ -ю функциональную роль по профессиональным  $P_j^f(x_i)$ , профильным  $P_j^r(x_i)$  и по личностным  $P_j^l(x_i)$  характеристикам определим как:

$$P_j^f(x_i) = \sum_{f=1}^F q_f k_f^H(x_i), \quad (6)$$

$$P_j^r(x_i) = \sum_{r=1}^R q_r k_r^H(x_i), \quad (7)$$

$$P_j^l(x_i) = \sum_{l=1}^L q_l k_l^H(x_i), \quad (8)$$

где весовые коэффициенты  $q_f, q_r, q_l$  удовлетворяют требованиям (4).

1. *Обобщенная оценка привлекательности  $i$ -го претендента на  $j$ -ю функциональную роль.*

Привлекательность  $P_j(x_i)$  каждого претендента  $x_i$  на  $j$ -ю роль учитывает наличие и степень развития его профессиональных  $K_f(x_i)$ , профильных  $K_r(x_i)$  и личностных  $K_l(x_i)$  характеристик, необходимых для рассматриваемой должности  $y_i$ , а также требования  $K_f^*(y_i), K_r^*(y_i)$  и  $K_l^*(y_i)$  к этим характеристикам. Тогда

$$P_j(x_i) = a_f \sum_{f=1}^F q_f k_f^H(x_i) + a_r \sum_{r=1}^R q_r k_r^H(x_i) + a_l \sum_{l=1}^L q_l k_l^H(x_i), \quad (9)$$

где весовые коэффициенты  $a_f$  для группы профессиональных,  $a_r$  для группы профильных и  $a_l$  для группы личностных характеристик удовлетворяют условиям вида (4). А задача выбора оптимальных исполнителей имеет вид:

$$x_j^0 = \arg \max_{x_i \in X_j} P_j(x_i), \quad j = \overline{1, m}, \quad (10)$$

при ограничениях

$$\begin{aligned} K_f^*(y_i) &\leq K_f(x_i), K_r^*(y_i) \\ &\leq K_r(x_i), K_l^*(y_i) \\ &\leq K_l(x_i). \end{aligned} \quad (11)$$

2. Функционально-стоимостной анализ.

Математическая модель (9) не учитывает желаемый уровень заработной платы  $C(x_i)$  претендента  $x_i$  за выполнение роли  $y_i$ . Используем метод функционально-стоимостного анализа, который позволяет определить соотношение «качество-стоимость». Использование показателя затрат в абсолютном выражении в рассматриваемой задаче выбора исполнителей работ некорректно, поэтому используем относительную величину затрат в виде нормированного по формуле (5) значения  $C^H(x_i)$ . Тогда математическая модель выбора оптимальных исполнителей имеет вид:

$$G(x_i) = \frac{P_j(x_i)}{C^H(x_i)} \rightarrow \max_{x_i \in X_{j,j}}, \quad (12)$$

при ограничениях (11).

Недостатком метода функционально-стоимостного анализа является возможность возникновения ситуации, когда в команду будут набраны претенденты, не обладающие достаточными функциональными характеристиками, но имеющие небольшое значение желаемой ими заработной платы.

3. Обобщенная оценка привлекательности с учетом затрат.

В функцию полезности (9) введем нормированные по формуле (5) значение частного критерия заработной платы  $C^H(x_i)$  с весовым коэффициентом  $a_s$ . Тогда обобщенная оценка привлекательности  $i$ -го претендента на  $j$ -ю функциональную роль  $P_j^C(x_i)$  с учетом заработной платы  $C(x_i)$  определяется как:

$$\begin{aligned} P_j^C(x_i) &= a_f \sum_{f=1}^F q_f k_f^H(x_i) \\ &+ a_r \sum_{r=1}^R q_r k_r^H(x_i) \\ &+ a_l \sum_{l=1}^L q_l k_l^H(x_i) \\ &+ a_s C^H(x_i). \end{aligned} \quad (13)$$

Метод отбора претендентов в интеллектуальную команду выбирает менеджер проекта в зависимости от требований проекта, возможностей организации и особенностей команды. Если полезность претендента и желаемая им заработная плата имеют одинаковую важность для организации, то целесообразно воспользоваться методом функционально-стоимостного анализа (12). В других случаях необходимо применить обобщенную модель оценки привлекательности претендента на должность (13).

**Выводы**

На основании анализа проблемы и рассмотренных существующих методов формирования команд предложена новая модель, которая позволяет сформировать либо новую интеллектуальную команду на время реализации проекта с учетом как профессиональных, так и экономических факторов, либо отобрать наилучшего претендента для заполнения вакантной должности.

Задачей дальнейшего исследования является усовершенствование разработанной математической модели формирования оптимальной интеллектуальной команды и разработка эффективных методов адаптации, обучения и мотивирования членов интеллектуальных команд.

**ЛИТЕРАТУРА:**

1. Novikov D.A. Matematicheskie modeli formirovaniya i funkcionirovaniya komand. – M.: Izdatel'stvo fiziko-matematicheskoy literatury, 2008. – 184 s.
2. Algoritmicheskaya model' formirovaniya komandy proekta s uchetom specifiky reshaemykh zadach i mezhluchnostnykh otnosheniy / A.Ju. Kartashov, M.S. Mazorchuk, I.N. Babak // Nacional'nyj ajerokosmicheskij universitet im. N.E. Zhukovskogo «HAI», Otkrytye informacionnye i komp'yuternye integrirovannye tehnologi. – 2009. – № 42.
3. Rossoshans'ka O.V. Formuvannya komandi upravlinnja realizaciju proektu na osnovi kompetentnogo pidhodu / O.V. Rossoshans'ka, O.V. Birjukov // Upravlinnja proektami ta rozvitok virobництва: Zb.nauk.pr. – Lugans'k: vid-vo SNU im. V.Dalja, 2010. – № 1 (33). – S. 127 – 146.
4. Bejl'hanov D. K. Kvjatkovskaja I. Ju. Podbor kandidatov v komandu v ramkah kompetentnogo podhoda // Teoreticheskie i metodologicheskie problemy sovremennykh nauk: materialy XII Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii. – Novosibirsk: OOO «CSRN», 2014. – С. 75 – 80.
5. Belikova I.Ju. Primenenie kompetentnogo podhoda pri podgotovke upravlencheskih kadrov malogo biznesa / I.Ju. Belikova // Vestnik tomskogo gosudarstvennogo universiteta. – 2012. – №1(17). – S. 79 – 85.
6. Lisenko D.E. Modeli ta metodi formuvannya komandi proektu z vikoristannjam teorii precedentiv : Dis... kand. nauk: 05.13.22/ Dmitro Eduardovich Lisenko. – H., 2009. – 272 s.
7. Sabadosh L.Ju. Sistema podderzhki prinjatija reshenij po formirovaniju proektnoj komandy / L.Ju. Sabadosh, N.V. Kosenko, M.A. Gahova // Nacional'nyj ajerokosmicheskij universitet im. N.E. Zhukovskogo «HAI», g. Har'kov; Central'nyj nauchno - issledovatel'skij institut Ministerstva oborony RF, g. Moskva, 2012. – № 19 (138). Vypusk 24/1 – S. 185 – 189.
8. Sorina G.V. Prinjatje reshenij kak intellektual'naja dejatel'nost'. – M.: "Kanon +", "Reabilitacija", 2009. – 272 s.
9. Bejl'hanov D.K., Kvjatkovskaja I.Ju. Sistema podderzhki prinjatija reshenij po formirovaniju komand proektov na osnove kompetentnogo podhoda // Mezhdunarodnaja nauchno-prakticheskaja konferencija «Problemy razvitija nauki i obrazovanija: teorija i praktika. Chast' II». – M., 2013. – S. 125–129.
10. Vvedenie v normativnuju teoriju prinjatija reshenij. Metody i modeli: monografija / V.V.Krjuchkovskij, Je.G.Petrov, N.A.Sokolova, V.E.Hodakov; pod red. Je.G.Petrova. – Herson: Grin' D.S., 2013. – 284 s.
11. Kalita N.I. Model' mnogofaktornogo vybora komandy proekta s uchetom mezhluchnostnykh otnoshenij / N.I. Kalita, I.V. Balabanov // Sistemi obrobki informacii: nauch.-tehn. zhurnal. – 2013. – № 2 (109). – S.282 – 285.
12. Belbin R.M., Tipy rolej v komandah menedzherov: Per s angl / R.M. Belbin. – M.: Gippo, 2003. – 216 s.
13. Nacional'na ramka kvalifikacij – <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/1341-2011-p>.
14. Kalita N.I. Sintez modeli mnogofaktornogo ocenivanja jeffektivnosti komandy proekta / N.I. Kalita, A.V. Gurina // Bionika intelekta: nauch.-tehn. zhurnal. – 2011. – № 3 (77). – S.70 – 73.
15. Beskorovaynyj V.V. Identifikatsiya chastnoj poleznosti mnogofaktornykh alternativ s pomoschju S-obraznykh funktsiy / V.V. Beskorovaynyj, E.V. Soboleva // Bionika intelekta. – 2010. – № 1. – S. 50 – 54.

**Рецензент:** д.т.н., проф. Чалый С.Ф.

Харьковский национальный университет радиоэлектроники