
СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

УДК 303.732.4

ISSN 1995-5499

DOI: <https://doi.org/>

Поступила в редакцию 22.11.2020

Подписана в печать 02.02.2021

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛИЗА ДАННЫХ В ОЦЕНКЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОМАНД МЕНЕДЖЕРОВ

© 2020 Т. В. Азарнова✉, И. М. Терлюга, В. В. Уклова

*Воронежский государственный университет
Университетская пл., 1, 394018 Воронеж, Российская Федерация*

Аннотация. Применение команд менеджеров в управлении проектами можно рассматривать как устоявшуюся тенденцию современного бизнеса. Результативность проектов напрямую зависит от эффективности команд менеджеров. При формировании команды необходимо наряду с профессиональными знаниями учитывать ролевые особенности всех входящих в неё членов, анализировать возможность их плодотворной, результативной совместной работы. В соответствии с методикой Р. М. Белбина у каждого члена команды в какой-то степени развиты роли генератора идей, аналитика, исследователя ресурсов, координатора, контролера, реализатора, мотиватора и вдохновителя команды. Вектор степеней выраженности данных ролей формирует ролевой профиль участника команды. В данной работе анализируется возможность применения методов интеллектуального анализа данных для оценки эффективности команд по ролевым профилям ее членов. Предложены алгоритмы получения прогнозных оценок функциональной эффективности команд менеджеров, базирующиеся на нейросетевых технологиях, и алгоритмы поиска ассоциативных правил для формирования состава эффективных команд. Ассоциативные правила позволяют выявить причинно-следственные закономерности в ролевом составе эффективных команд менеджеров, которые можно учитывать при формировании новых команд или внесении изменений в текущий состав. В качестве информационной базы для нейросетевого алгоритма, рассматривается база, содержащая в качестве входов — корреляционную матрицу или матрицу близости ролевых профилей членов команды, а в качестве выходов пять компонент функциональной эффективности команды (планирование, организация, мотивация, контроль, координация). На основе данной информационной базы нейросеть обучается по входам распознавать выходы. Все алгоритмы доведены до программной реализации и прошли успешную апробацию. В статье продемонстрированы основные характеристики разработанного программного обеспечения и результаты проведенного комплексного вычислительного эксперимента.

Ключевые слова: корреляционная матрица ролевых профилей команды, оценка эффективности команд менеджеров, нейросетевые технологии, методы поиска ассоциативных правил.

✉ Азарнова Татьяна Васильевна
e-mail: ivdas92@mail.ru



Контент доступен под лицензией Creative Commons Attribution 4.0 License.
The content is available under Creative Commons Attribution 4.0 License.

ВВЕДЕНИЕ

Проблемы оценки эффективности, производительности и результативности команд являются актуальным направлением теоретических и практико-ориентированных исследований. Наиболее востребованными на практике являются прогностические механизмы, которые еще на этапе формирования команды определенного проекта в конкретной предметной области позволяли бы прогнозировать ее эффективность и целевую согласованность. В начале остановимся на небольшом обзоре исследований в данной предметной области. В работе Omar M., Syed-Abdullah SL., Mohd Hussin N. [1] представлен эвристический подход к разработке модели прогнозирования производительности IT-команды, базирующийся на: методике DISC (четырёхсекторная поведенческая модель), методах дискретизации, алгоритмах редукции, генетических алгоритмах и алгоритме Джонсона. Результаты проведенных в данной работе вычислительных экспериментов показывают, что предложенная комбинация алгоритмов позволяет с хорошей точностью прогнозировать производительность команд и выявлять сложные факторы в динамичности команд. В работе Granasen D. [2] исследуется проблема построения автоматизированных инструментов интеллектуального анализа данных для оценки эффективности команд, базирующихся на имитации оценки экспертов-наблюдателей. Авторы показывают, что с помощью алгоритмов интеллектуального анализа данных и различных количественных метрик взаимодействия можно оценивать рейтинги эффективности команды так, чтобы они точно соответствовали тому, как эксперты-наблюдатели оценивают эффективность команды в условиях виртуальной среды. Работа M. A. Sinclair, C. E. Siemieniuch, R. A. Haslam, M. J. d. C. Henshaw, L. Evans. [3] является развитием исследований Cummings et al., 1977, Sundstrom et al., 1990, Barrick and Mount, 1991, Leonard and Freedman, 2000, Sundstrom et al., 2000, Devine and Philips, 2001, Hare, 2003, Kozlowski and Ilgen, 2006, Stewart, 2006. В работах описывается разработка ал-

горитмов количественного прогнозирования успеха команды при выполнении процесса. Алгоритмы были созданы для оборонной промышленности Великобритании, но могут найти целевое применение и в других прикладных областях. Применение рассматриваемых алгоритмов на начальном этапе работы команды над проектом позволяет анализировать согласованность команды, необходимость изменения состава команды, возможность понижения уровня компетенций командного состава.

По результатам апробации сформировался качественный априорный аргумент для значительного внимания к интеграции человеческого фактора в системные проекты. Моделирование показывает, что если системный проект полностью учитывает интеграцию человеческого фактора, то вероятность успеха команды превысит 0,95. Если интеграции человеческого фактора не уделяется достаточно внимания, то вероятность успеха команды может снизиться до 0,05. Если в команде хорошие внутренние коммуникации и люди на ключевых ролях, вероятность успеха возрастает до 0,25. Даже с командой, состоящей из лучших людей, вероятность успеха не будет больше 0,35. Применению методов анализ данных в задачах прогнозирования эффективности команд посвящены также работы [4–8]. В рамках данной статьи предложена система алгоритмов формирования функционально-эффективных команд менеджеров, базирующихся на методике формирования ролевых профилей Р. М. Белбина [9], методах поиска ассоциативных правил, и нейросетевых технологиях [11, 12]. Сущность методики Р. М. Белбина заключается в специальном тестировании всех членов команды, на основании которого для каждого члена команды строится его ролевой профиль, представляющий собой вектор, каждая координата которого отражает бальную оценку выраженности у данного члена команды таких ролей как: генератор идей, аналитик, исследователь ресурсов, координатор, контролер, реализатор, мотиватор, вдохновитель команды. На основании ролевых профилей членов команды в работе предлагается строить оценку ро-

левого состава команды, представленную в виде матрицы близости ролевых профилей. В качестве данной матрицы используется либо матрица расстояний, либо матрица коэффициентов ранговой корреляции Спирмена. Эффективность работы команды менеджеров оценивается по функциональной модели оценки менеджмента (ФМОМ или MFAM) [10]. В основе MFAM лежат шесть основных функций менеджмента: планирование, организация, мотивация, контроль, координация и коммуникация. Данные функции формируют структуру управления — характер взаимосвязей команды, ее коммуникационный профиль, и оцениваются экспертным тестированием. В рамках исследования делается попытка построить интеллектуальные инструменты прогнозирования функциональной эффективности команды менеджеров по ее ролевому составу. В качестве инструментов выбраны нейронные сети. В исследовании также представлены алгоритмы обучения на основе ассоциативных правил (Associations rules learning — ARL). Ассоциативные правила используются для поиска ролевого состава команд, которые наиболее часто выступают как эффективные, и принятия решений об изменении ролевого состава команды для повышения ее потенциальной эффективности.

Структура предложенного в работе алгоритмического обеспечения для распознавания функциональной эффективности команды менеджеров по ее ролевому составу приведена на рис. 1.

1. АЛГОРИТМ ПОИСКА АССОЦИАТИВНЫХ ПРАВИЛ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНО-ЭФФЕКТИВНЫХ КОМАНД МЕНЕДЖЕРОВ

В соответствии с приведенной выше структурной схемой на первом этапе применяются алгоритмы поиска ассоциативных правил для формирования состава команд менеджеров. Алгоритм оперирует ролевым составом команд, который оценивается методике Р. М. Белбина. Участники команды в процессе ее функционирования могут испол-

нять следующие роли: генератор идей, аналитик, исследователь ресурсов, координатор, контролер, реализатор, мотиватор, вдохновитель команды, причем эти роли в той или иной мере могут быть присущи каждому члену команды. Ролевой профиль члена команды можно представить в виде вектора значений $r = (r_1, r_2, \dots, r_8)$, где r_1, r_2, \dots, r_8 — количество баллов по каждой роли (ролевой профиль можно представлять в виде гистограммы распределения ролей). Ведущей у каждого члена команды является роль с самым большим значением

$$r^* = \max_{i=1,8} r_i \quad (1)$$

и наименее подходящей — роль с наименьшим значением

$$r_* = \min_{i=1,8} r_i. \quad (2)$$

Белбин Р. М. в своих работах проанализировал большое количество команд с различным соотношением ролевых профилей и попытался на основании полученных данных сделать эмпирические выводы о зависимости между ролевым составом и эффективностью.

В статье рассматривается возможность применения для формирования функционально-эффективных команд менеджеров алгоритмов поиска ассоциативных правил. Обучение на ассоциативных правилах (Associations rules learning — ARL) используется в задачах анализа больших данных с целью обнаружения взаимосвязей между переменными (связанными событиями), представленных в виде правил.

Сущность применения алгоритмов поиска ассоциативных правил в задаче формирования функционально-эффективных команд менеджеров отражена на схеме, приведенной на рис. 2.

Пусть $I = \{i_1, i_2, \dots, i_R\}$ — множество ролей по Белбину, где R — количество ролей; $D = \{T_1, T_2, \dots, T_K\}$ — множество эффективных команд менеджеров, где K — количество команд.

Множество D также называют базой данных. Каждая команда в базе данных D имеет уникальный идентификатор ID и состоит из подмножества объектов (ролей) из множества I , т. е. $T_k \subset I$.

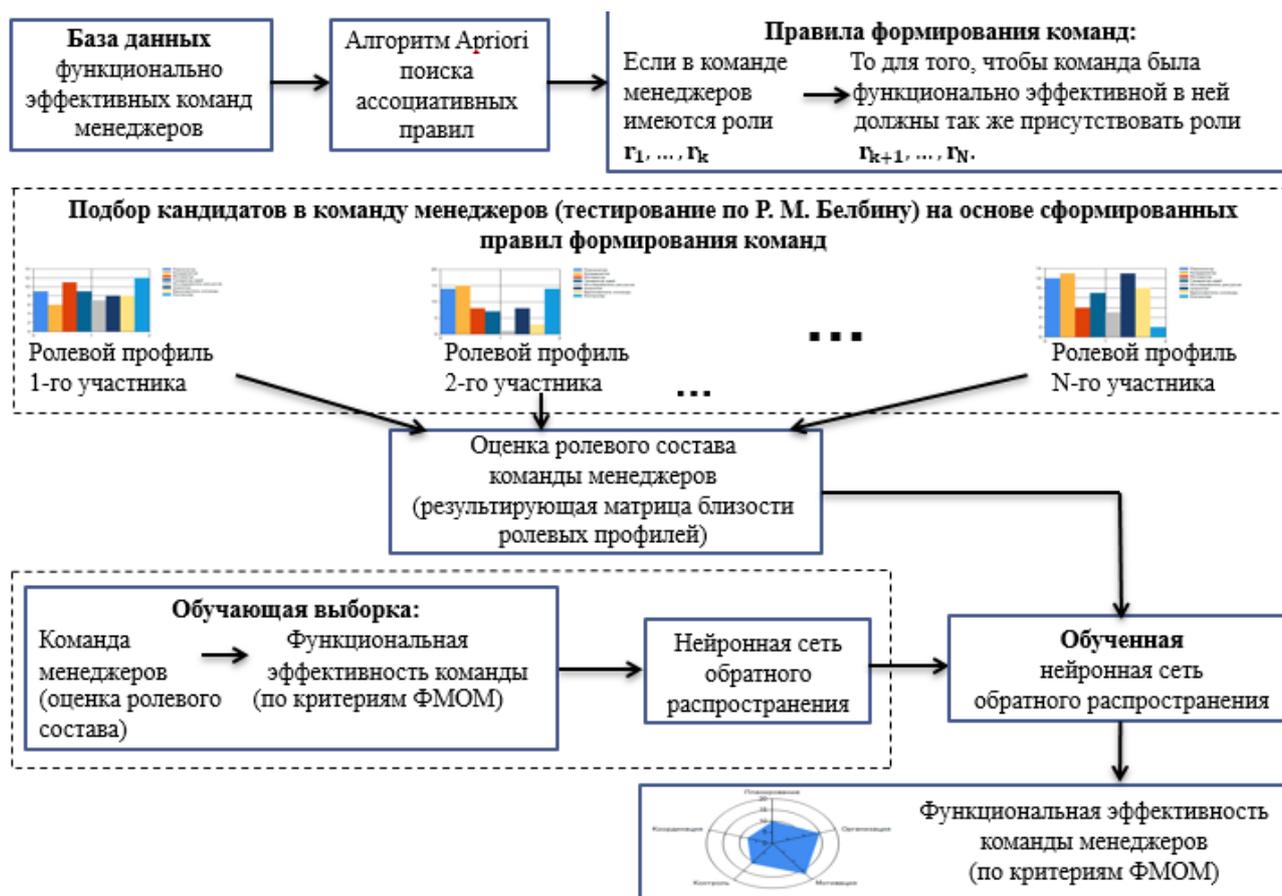


Рис. 1. Структура алгоритмического обеспечения [Fig. 1. The structure of the algorithmic software]

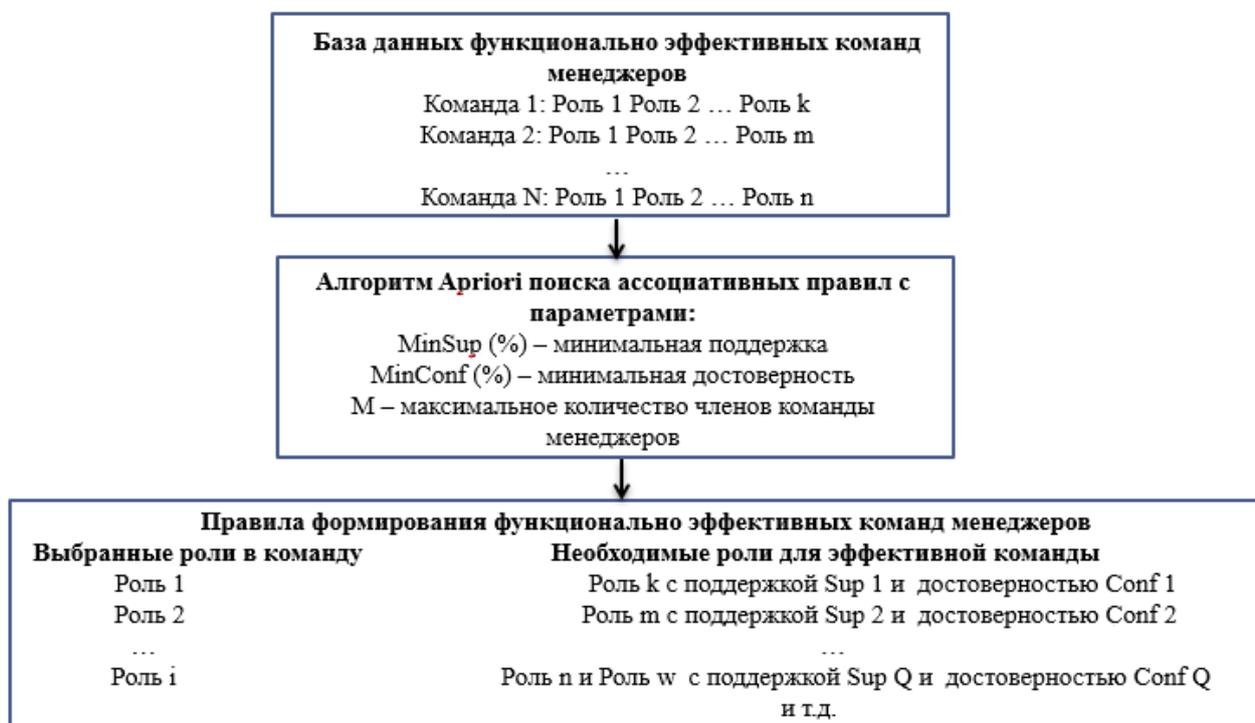


Рис. 2. Структура алгоритма поиска ассоциативных правил для формирования команд менеджеров

[Fig. 2. Structure of the algorithm for finding associative rules for forming management teams]

Каждую команду T_k будем представлять в виде бинарного вектора, где

$$t_r = \begin{cases} 1, & \text{если соответствующая} \\ & \text{роль } i_r \in T_k \\ 0, & \text{если соответствующая} \\ & \text{роль } i_r \notin T_k \end{cases} \quad (3)$$

где $r = \overline{1, R}$, k — номер команды.

Под ассоциативным правилом понимается импликация вида $X \rightarrow Y$, если $X \subset I$, $Y \subset I$ и $X \cap Y = \emptyset$, где X, Y — наборы членов команд менеджеров.

Для того чтобы из множества всех возможных правил выбрать те, которые являются значимыми, используются понятия: поддержка и достоверность. Поддержка — это показатель, характеризующий насколько часто некоторый набор ролей по Белбину обнаруживается в базе данных эффективных команд менеджеров.

Таким образом, ассоциативное правило $X \rightarrow Y$ имеет поддержку $S_{x \rightarrow y}$, если $S_{x \rightarrow y}$ процентов эффективных команд менеджеров из базы данных D содержит набор ролей по Белбину $X \cup Y$.

Введём обозначение: $\sigma(X \cup Y)$ — количество эффективных команд менеджеров в базе данных, в которых присутствуют все роли по Белбину из множества $X \cup Y$, тогда

$$S_{x \rightarrow y} = \frac{\sigma(X \cup Y)}{k}. \quad (4)$$

Достоверность — это показатель, характеризующий насколько часто ассоциативное правило оказывается верным. Ассоциативное правило $X \rightarrow Y$ справедливо с достоверностью $C_{X \rightarrow Y}$, если $C_{X \rightarrow Y}$ процентов эффективных команд менеджеров, содержащих множество ролей по Белбину X , также содержат и множество ролей по Белбину Y :

$$C_{X \rightarrow Y} = \frac{S_{X \rightarrow Y}}{S_X}. \quad (5)$$

Целью анализа функционально-эффективных команд менеджеров является выявление зависимостей вида: если в команде менеджеров имеется множество ролей по Белбину X , то на основании этого можно сделать вывод, что множество ролей Y также в ней должно быть.

При поиске ассоциативных правил их поддержка и достоверность должны быть выше соответствующих минимальных порогов, значения которых выбирает исследователь.

Существует достаточно широкий спектр алгоритмов поиска ассоциативных правил: AIS, SETM, Apriori, AprioriTid, AprioriHybrid, DHP, PARTITION, DIC, FPG. При проведении данного исследования использовался алгоритм Apriori.

На начальном этапе выполнения алгоритма была сформирована база данных функционально-эффективных команд, в основу экспертного составления данной базы был положен ключевой принцип: чтобы команда менеджеров была функционально-эффективной, необходимо чтобы в ней присутствовали все роли по Р. М. Белбину за счёт основных и поддерживающих ролей каждого члена команды. База содержала 50 команд из 6–9 человек. По ней были построены правила формирования функционально эффективных команд менеджеров. В качестве значения минимальной поддержки использовалось 10%, а в качестве значения минимальной достоверности — 40 %, максимальное количество членов — 9 человек. В качестве примера можно рассмотреть следующую ситуацию: предположим, что в команде уже присутствуют Аналитик (Исследователь ресурсов) и Реализатор (Контролёр). В соответствии с полученными правилами для того, чтобы сформированная команда менеджеров была функционально-эффективной, помимо ролей, которые уже есть в команде, необходимы также следующие роли: Генератор идей (Вдохновитель команды); Контролёр (Исследователь ресурсов); Координатор (Исследователь ресурсов); Мотиватор (Вдохновитель команды) (поддержка 10 %, достоверность 71,45 %).

2. НЕЙРОСЕТЕВОЙ АЛГОРИТМ РАСПОЗНАВАНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОМАНДЫ МЕНЕДЖЕРОВ ПО ЕЁ РОЛЕВОМУ СОСТАВУ

Полученные по методике Р. М. Белбина ролевые профили $r = (r_1, r_2, \dots, r_8)$ членов ко-

манды упорядочиваются в соответствии с некоторым отношением порядка и на основании полученного упорядоченного списка строится матрица близости ролевых профилей команды (рис. 3). В качестве данной матрицы может использоваться либо матрица расстояний (евклидово, городских кварталов, Чебышева), либо матрица коэффициентов ранговой корреляции Спирмена. Полученная матрица близости ролевых профилей играет роль входных данных в предложенном в рамках исследования нейросетевом алгоритме.

При подаче на вход нейросетевого алгоритма матрица близости ролевых профилей преобразуется в вектор $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$. Выходной вектор $y = (y_1, y_2, \dots, y_5)$ нейросетевого алгоритма содержит пять критериев эффективности работы команды менеджеров по функциональной модели оценки менеджмента (ФМОМ или MFAM) [10]: планирование, организация, мотивация, контроль, координация. Критерии формируют структуру управления, определяющую характер взаимосвязей и коммуникационный профиль команды. Каждый критерий вычисляется через пять субкритериев, которые оцениваются экспертами в шкале: «0» — деятельность не ведется; «1» — деятель-

ность ведется непостоянно, от случая к случаю; «2» — деятельность ведется частично, в зависимости от ситуации; «3» — деятельность ведется постоянно и систематически; «4» — деятельность ведется максимально эффективно (эталонный уровень).

Обобщенная эффективность команды менеджеров определяется по сумме баллов в соответствии со шкалой, приведенной в табл. 1.

На рис. 4 приведена детальная схема обработки информации и обучения для используемого в работе нейросетевого алгоритма.

В алгоритме используется двухслойная нейронная сеть с сигмоидальными активационными функциями, проводится нормализация входных параметров и предобработка выходных параметров.

Обучение нейронной сети проводится по алгоритму обратного распространения ошибок [4] с квадратичной функцией ошибки.

Для экспериментального тестирования предложенного в работе подхода к оценке эффективности команды по ее ролевому составу были сгенерированы 55 команд, реализующие экспертное видение связи между ролевым составом по М. Белбину и эффективностью команды по методике ФМОМ. Табл. 2 отражает

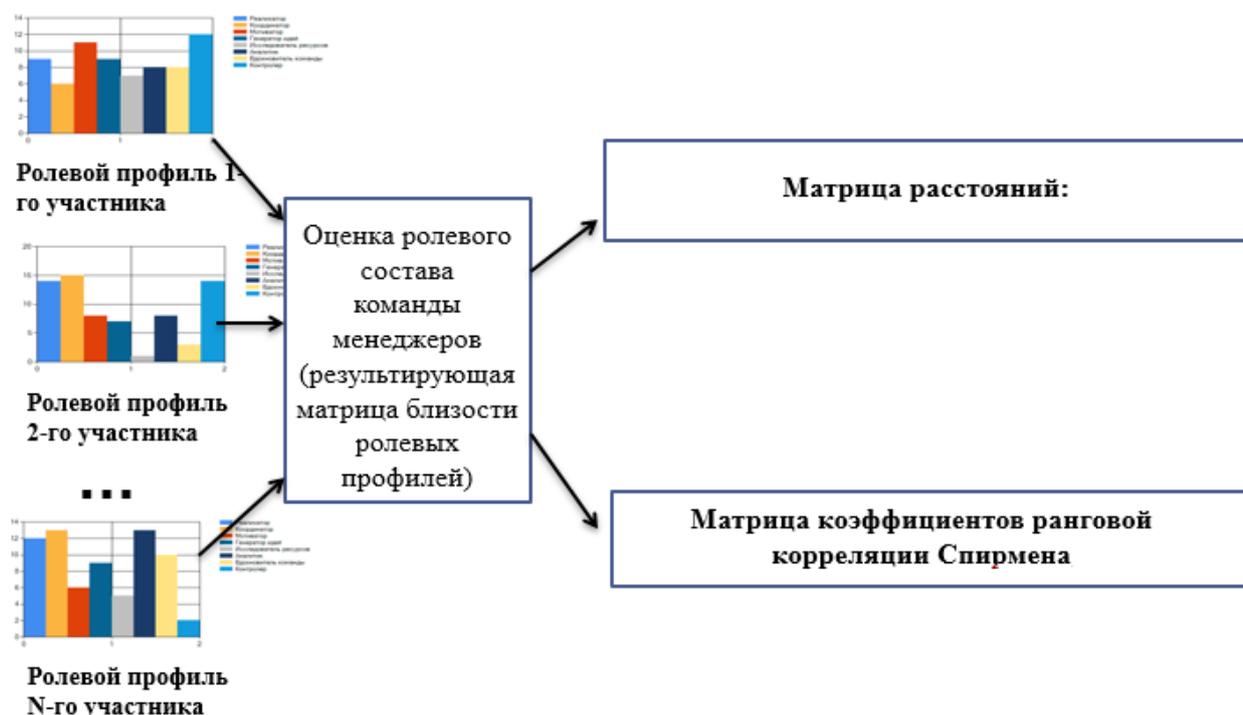


Рис. 3. Формирование матрицы близости ролевых профилей команды
 [Fig. 3. Forming a proximity matrix for team role profiles]

Таблица 1. Шкала уровней эффективности менеджмента
[Table 1. Scale of management efficiency levels]

Уровень	Общая оценка	Характеристика состояния менеджмента
I	0–20	Бессистемная работа команды менеджеров. Цели четко не определены. Для дальнейшего развития необходимо полностью пересмотреть принципы работы команды.
II	21–40	Команда менеджеров имеет потенциал для развития, однако эти возможности слабо реализуются. Руководителю команды необходимо проявить инициативу, четко сформулировать цель и разработать стратегию развития на основе качества.
III	41–60	Команда менеджеров сформировалась. Необходимо акцентировать внимание на оптимизации деятельности команды и улучшениях качества на каждом ее этапе.
IV	61–80	Постоянное совершенствование качества работы команды менеджеров ведется по большинству направлений. Необходимо поддерживать динамику улучшений и начать преобразование оставшихся проблемных областей.
V	81–100	Достигнуты максимальные результаты по всем направлениям управленческой деятельности. Команда менеджеров является эталонной.



Рис. 4. Нейросетевой алгоритм распознавания функциональной эффективности команд менеджеров по ролевому составу

[Fig. 4. Neural network algorithm for recognizing the functional effectiveness of teams of managers by role composition]

экспертное видение связи критериев ФМОМ с ролями по М. Белбину.

В табл. 3 представлены согласованные с таблицей 2 уровни выполнения критериев ФМОМ в команде менеджеров.

На основании данных (55 команд из 6 человек) сгенерированных по описанному выше принципу была обучена нейронная сеть. Ошибка обученной нейронной сети на тестовом множестве составила 0,0086.

Таблица 2. Таблица соответствия ролей по М. Белбину критериям ФМОМ
[Table 2. Role mapping table according to M. Belbin FMOM criteria]

Критерии ФМОМ	Роли по Белбину
1. Планирование	Генератор идей
2. Организация	Реализатор Исследователь ресурсов Вдохновитель команды
3. Мотивация	Мотиватор
4. Контроль	Контролер
5. Координация	Координатор, Аналитик

Таблица 3. Уровни выполнения критериев ФМОМ в команде менеджеров
[Table 3. Levels of fulfillment of FMOM criteria in the management team]

Уровень	Количество баллов
Низкий (0–33 %)	0–6
Средний (34–66 %)	7–13
Высокий (67–85 %)	14–17
Очень высокий (86–100 %)	18–20

Рассмотрим ролевые профили команды менеджеров, для которой необходимо сделать прогноз эффективности по критериям модели ФМОМ (рис. 5–10).



Рис. 5. Ролевой профиль первого участника команды
[Fig. 5. Role profile of the first team member]



Рис. 6. Ролевой профиль второго участника команды
[Fig. 6. Role profile of the second team member]



Рис. 7. Ролевой профиль третьего участника команды
[Fig. 7. Role profile of the third team member]



Рис. 8. Ролевой профиль четвертого участника команды
[Fig. 8. Role profile of the fourth team member]



Рис. 9. Ролевой профиль пятого участника команды
[Fig. 9. Role profile of the fifth team member]



Рис. 10. Ролевой профиль шестого участника команды
 [Fig. 10. Role profile of the sixth team member]

По принципу составления обучающей выборки можно сделать предварительную оценку функциональной эффективности рассматриваемой команды менеджеров:

– *Планирование* (генератор идей) имеет средний уровень реализации. В явном виде роль ни у кого не выражена, но имеет у пяти участников средний и высокий уровни, поэтому команда может осуществить данную функцию на среднем уровне.

– *Организация* (реализатор, исследователь ресурсов, вдохновитель команды) имеет средний уровень реализации. Роль реализатора выступает в качестве поддерживающей и находится на высоком уровне у 3-го члена команды. Вдохновитель команды является поддерживающей ролью и имеет средний уровень у 5-го участника. Роль исследователь ресурсов практически не реализуется в команде. У двух членов команды эта роль считается самой неподходящей, однако у 6-го члена команды она выражена на среднем уровне, поэтому он может отчасти выполнять эту роль.

– *Мотивация* в команде на высоком уровне. Соответствующую роль реализует 6-й участник, и она у него выражена на очень высоком уровне. Однако ее уровень может быть несколько снижен за счет наличия еще одного потенциального мотиватора — 2-го участника команды.

– *Контроль* у команды на среднем уровне. Соответствующая данному критерию роль

контролер реализуется на очень высоком уровне у 1-го члена команды, но также является ведущей ролью у 2-го участника и одной из поддерживающих у 3-го.

– *Координация* имеет средний уровень реализации, поскольку роли координатор и аналитик являются основными или поддерживающими у трех членов команды.

Результаты предварительной оценки можно сравнить с результатами работы нейросетевого алгоритма, которые представлены на рис. 11–12. На рис. 11 приведена матрица близости для ролевых профилей данной команды (матрица евклидовых расстояний).

Для рассматриваемой команды менеджеров программа прогнозирует функциональную эффективность, соответствующую 3 уровню состояния менеджмента по ФМОМ. Коммуникационный профиль построен по следующим значениям критериев: планирование — 8 (средний уровень); организация — 13 (средний уровень); мотивация — 16 (высокий уровень); контроль — 10 (средний уровень); координация — 7 (средний уровень).

Результаты работы программы по уровням выполнения критериев ФМОМ для рассматриваемой команды оказались близки к предварительным оценкам экспертов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты исследования показывают, что предложенные инструментальные средства,

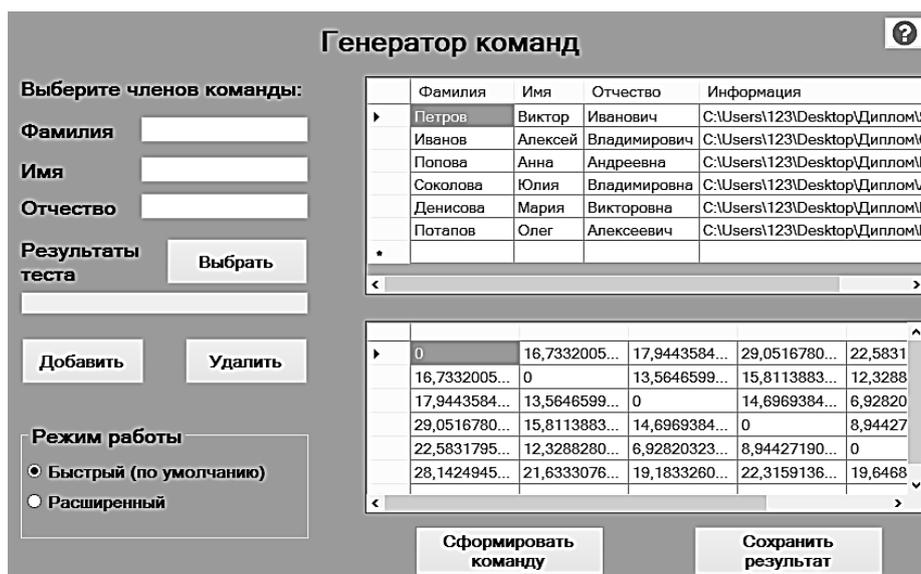


Рис. 11. Оценка ролевого состава анализируемой команды менеджеров
 [Fig. 11. Assessment of the role structure of the analyzed management team]



Рис. 12. Диаграмма функциональной эффективности команды менеджеров
 [Fig. 12. Diagram of the functional effectiveness of the management team]

представленные в виде моделей, методов, алгоритмов и программного обеспечения, являются эффективным практико-ориентированным механизмом анализа успешности уже существующих команд менеджеров и формирования команд менеджеров, отвечающих определённым требованиям к уровню их функциональной результативности.

БЛАГОДАРНОСТИ

Статья выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ (номер 19-29-07400 мк)

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Omar M., Syed-Abdullah SL., Mohd Hus-sin N. Developing a Team Performance Prediction Model: A Rough Sets Approach. In: Abd Manaf A., Zeki A., Zamani M., Chuprat S., El-Qawasmeh E. (eds) Informatics Engineering

and Information Science. ICIEIS 2011. Communications in Computer and Information Science, Vol 252. Springer, Berlin, Heidelberg.

2. *Granasen D.* Towards automated assessment of team performance by mimicking expert observers' ratings. *Cogn Tech Work.* – 2019. – I. 21. – 253 p. <https://doi.org/10.1007/s10111-018-0499-6>.

3. *Sinclair M. A., Siemieniuch C. E., Haslam R. A., Henshaw M.J.d.C., Evans L.* The development of a tool to predict team performance. *Applied Ergonomics.* – 2012. – V. 43, I. 1. January. – P. 176–183.

4. *Josey W. Chad, England Kenric.* Utilizing a project profile matrix to determine project management requirements // Paper presented at the PMI Global Congress 2009, North America, Orlando, FL.

5. *Marks M. A., Mathieu J. E., Zaccaro S. J.* A temporally based framework and taxonomy of team processes // *Academy of Management Review.* – 2001. – V. 26, I. 3. – P. 356–376.

6. *Chien C. F., Chen L. F.* Data mining to improve personnel selection and enhance human capital: A case study in high-technology industry // *Expert Systems and Applications.* – 2008. – V. 34. – P. 280–290.

7. *Kozlowski SWJ, Ilgen DR.* Enhancing the effectiveness of work groups and teams. *Psychological Science in the Public Interest.* – 2006. – V. 7, I. 3. – P. 77–124.

8. *Neuman G. A., Wagner S. H., Christiansen N. D.* The Relationship Between Work-Team Personality Composition and the Job Performance of Teams // *Group Organization Management.* – 1999. – V. 24, I. 1. P. 28–45.

9. *Белбин М.* Команды менеджеров. Секреты успехов и причины неудач / М. Белбин; пер. с англ. – М. : НИППО, 2003. – 315 с.

10. *Маслов Д. В.* Функциональная модель оценки менеджмента / Д. В. Маслов, П. Ватсон, Н. Чилиши // *Методы менеджмента качества.* – 2005. – № 3.

11. *Азарнова Т. В.* Информационные аналитические приложения для оценки человеческого потенциала организационных систем / Т. В. Азарнова, И. Н. Щепина, А. С. Демидова, Е. А. Глотова, К. С. Нетяга / *Современная экономика: проблемы и решения.* – 2017. – № 10 (94). – С. 14–32

12. *Азарнова Т. В.* Нейросетевой алгоритм оценки функциональной эффективности команд менеджеров на основе их ролевого состава / Т. В. Азарнова, Е. А. Глотова // *Вопросы науки.* – 2017. – № 2. – С. 4–18.

13. *Каширина И. Л.* Нейросетевые и гибридные системы / И. Л. Каширина, Т. В. Азарнова. – Воронеж : Издательский дом ВГУ, 2014. – 79 с.

Азарнова Татьяна Васильевна — д-р техн. наук, профессор кафедры математических методов исследования операций Воронежского государственного университета.

E-mail: ivdas92@mail.ru

ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0001-6342-9355>

Терлюга Ирина Михайловна — аспирант 3-го года обучения кафедры математических методов исследования операций Воронежского государственного университета.

E-mail: terlyuga@mail.ru

ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0001-5692-3240>

Ухлова Вера Владимировна – канд. техн. наук, доцент кафедры математических методов исследования операций Воронежского государственного университета.

E-mail: it_content@list.ru

ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-6689-3089>

INTELLIGENT DATA ANALYSIS METHODS FOR THE EVALUATION OF THE EFFICIENCY OF MANAGEMENT TEAMS

© 2020 T. V. Azarнова✉, I. M. Terluyga, V. V. Uhlova

Voronezh State University
1, Universitetskaya Square, 394018 Voronezh, Russian Federation

Annotation. Employing teams of managers for the management of projects is an established trend in modern business. The effectiveness of projects depends directly on the effectiveness of the management teams. When forming a team, it is obviously necessary to take into account the professional qualifications of its members. But it is also important to think of the role each member can play in the team, and whether all the members can effectively work together. According to the model suggested by R. M. Belbin, each team member combines to some extent the roles of the plant, the monitor evaluator, the resource investigator, the co-ordinator, the implementer, the shaper, the completer finisher, and the teamworker. The vector and degree of intensity of these roles forms the role profile of each team member. This article analyses the possibility of applying intelligent data analysis methods for assessing the effectiveness of teams based on the role profiles of their members. We suggest algorithms for obtaining predictive estimates of the efficiency of management teams based on neural network technologies, as well as algorithms for determining association rules for building effective teams. Association rules help to identify cause and effect patterns in the role composition of effective management teams, which can be used when forming new teams or changing compositions of the existing ones. The database for the neural network algorithm is a system whose input is a correlation matrix or a matrix of proximity of team members' role profiles, and whose outputs are five components of the team's functional efficiency (planning, organisation, motivation, control, and coordination). Using this database the neural network is trained to recognise outputs depending on the inputs. All the algorithms have been implemented in software and were successfully tested. The article describes the main characteristics of the developed software and the results of a computational experiment.

Keywords: correlation matrix of team role profiles, assessment of the effectiveness of management teams, neural network technologies, methods of determining association rules.

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare the absence of obvious and potential conflicts of interest related to the publication of this article.

REFERENCES

1. Omar M., Syed-Abdullah SL., Mohd Hus-sin N. Developing a Team Performance Prediction Model: A Rough Sets Approach. In: Abd Manaf A., Zeki A., Zamani M., Chuprat S., El-Qawasmeh E. (eds) Informatics Engineering

and Information Science // ICIEIS 2011. Communications in Computer and Information Science, 2011. Vol 252. Springer, Berlin, Heidelberg.

2. Granasen D. Towards automated assessment of team performance by mimicking expert observers' ratings // Cogn Tech Work. 2019. I. 21. 253 p. Available at: <https://doi.org/10.1007/s10111-018-0499-6>.

3. Sinclair M. A., Siemieniuch C. E., Haslam R. A., Henshaw M.J.d.C., Evans L. The development of a tool to predict team performance. Applied Ergonomics. 2012. V. 43, I. 1. January. P. 176–183.

4. Josey W. Chad & England Kenric. Utilizing a project profile matrix to determine project management requirements // Paper presented at

✉ Azarнова Tatiana V.
e-mail: ivdas92@mail.ru

the PMI Global Congress 2009, North America, Orlando, FL.

5. Marks M. A., Mathieu J. E., Zaccaro S. J. A temporally based framework and taxonomy of team processes // *Academy of Management Review*. 2001. V. 26, I. 3. P. 356–376.

6. Chien C. F., Chen L. F. Data mining to improve personnel selection and enhance human capital: A case study in high-technology industry // *Expert Systems and Applications*. 2008. V. 34. P. 280–290.

7. Kozlowski SWJ, Ilgen DR. Enhancing the effectiveness of work groups and teams. *Psychological Science in the Public Interest*. 2006. V. 7, I. 3. P. 77–124.

8. Neuman G. A., Wagner S. H., Christiansen N. D. The Relationship Between Work-Team Personality Composition and the Job Performance of Teams // *Group Organization Management*. 1999. V. 24, I. 1. P. 28–45.

9. Belbin Meredith. Management teams. Why they succeed or fail. Butterworth Heinemann. 2003. 315 p.

10. Maslow D., Watson P., Chilishi N. Functional model for evaluating a manager // *Methods of quality management*. 2005. V. 3.

11. Azarnova T. V., Shchepina I. N., Demidova A. S., Glotova E. A., Nenyaga K. S. Information analytical applications for evaluation the human potential of organizational systems // *The modern economy: problems and solutions*. 2007. V. 10. P. 14–32

12. Azarnova T. V., Glotova E. A. Neural network algorithm for evaluating the functional effectiveness of management teams based on their role composition // *Questions of science*. 2017. V. 2. P. 4–18.

13. Kashirina I. L., Azarnova T. V. Neural network and hybrid systems. Voronezh : VSU Publishing House, 2014. 79 p.

Azarnova Tatiana V. — DSc in Technical Sciences, Professor, Department of Mathematical Methods of Operations Research, Voronezh State University.

E-mail: ivdas92@mail.ru

ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0001-6342-9355>

Terlyuga Irina M. — a 3rd year postgraduate student, Department of Mathematical Methods of Operations Research, Voronezh State University.

E-mail: terlyuga@mail.ru

ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0001-5692-3240>

Ukhlova Vera V. — PhD in Technical Sciences, Associate Professor, Department of Mathematical Methods of Operations Research, Voronezh State University.

E-mail: it_content@list.ru

ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-6689-3089>