



УПРАВЛЕНИЕ

УДК 005; 330.45

ФОРМИРОВАНИЕ ЯДРА ДИНАМИЧЕСКОЙ ПАРТНЕРСКОЙ СЕТИ: ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЙ ИНСТРУМЕНТАРИЙ

А. В. Катаев

кандидат экономических наук, доцент кафедры менеджмента и инновационных технологий, Южный федеральный университет, Таганрог. E-mail: kataev@kataev.ru

Т. М. Катаева

кандидат экономических наук, доцент кафедры менеджмента и инновационных технологий, Южный федеральный университет, Таганрог. E-mail: tm@kataeva.ru

Е. Л. Макарова

кандидат педагогических наук, доцент кафедры менеджмента и инновационных технологий, Южный федеральный университет, Таганрог. E-mail: helen_makarova@mail.ru

Введение. В настоящее время наиболее актуальной формой хозяйствования авторам исследования представляется динамическая партнерская сеть, способная стремительно перестраиваться в ответ на изменения рынка. Наибольшую сложность при этом представляет проблема формирования ядра данной структуры, члены которого должны обладать всеми без исключения требуемыми ключевыми компетенциями для поиска и исполнения основного потока рыночных заказов. **Теоретический анализ.** Разработано достаточно большое количество моделей и методов, позволяющих решить указанную проблему, однако их применение на практике, как правило, не гарантирует получения точного оптимального решения и зачастую описывает частные случаи ее разрешения. **Методика и результаты исследования.** В работе приведена сформулированная авторами математическая постановка задачи целочисленного линейного программирования о формировании минимальной по количеству группы партнеров, покрывающей все требуемые ключевые компетенции динамической сети. В модели предусмотрена возможность учета взаимосвязей между партнерами, т.е. объединение в группу исключительно экономических агентов, составляющих клику в терминах теории графов.

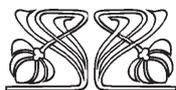
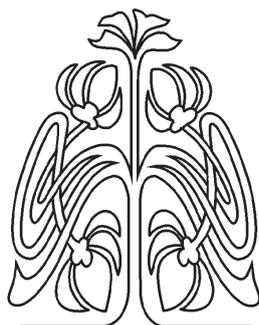
Ключевые слова: динамическая сеть партнеров, ядро, экономико-математические модели, ключевые компетенции.

DOI: 10.18500/1994-2540-2017-17-3-274-278

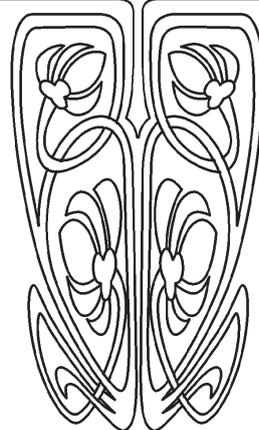
Введение

В период бурного развития информационно-телекоммуникационных технологий, стремительно меняющихся условий функционирования наиболее актуальной и соответствующей новому времени формой хозяйствования для многих экономических агентов, на наш взгляд, становится динамическая партнерская сеть.

В случае если динамическая сетевая структура ориентирована на долгосрочное функционирование, т.е. создается на постоянной основе для регулярного поиска и выполнения различных работ в рамках проектов либо реализации проектов целиком, возникает насущная потребность в формировании ее ядра. По существу, оно представляет собой группу постоянных участников динамической сети, в совокупности обладающих всеми необходимыми компетенциями – знаниями, умениями, навыками и ресурсами, для поиска и исполнения основного потока рыночных заказов в соответствии с



НАУЧНЫЙ
ОТДЕЛ





предназначением, направлением и сферой деятельности виртуального предприятия [1].

В этой связи одной из основных является проблема нахождения потенциальных партнеров динамической сети для регулярного активного участия в ее деятельности, а также проблема формирования оптимального по численности и ключевым компетенциям состава таких экономических агентов.

Отметим, что в рамках данной работы термины «динамическая сетевая структура», «динамическая партнерская сеть», «виртуальное предприятие» будут использоваться как синонимы.

Теоретический анализ

В настоящее время существует достаточно развитый организационно-экономический инструментарий, позволяющий в той или иной степени решить данную проблему.

Так, например, некоторые авторы [1] предлагают производить отбор и объединение тех из потенциальных участников сети, которые имеют наибольшее совпадение собственных компетенций с требуемыми в рамках виртуального предприятия компетенциями. Однако данный способ не гарантирует покрытия всех ключевых знаний, умений, навыков и ресурсов [2, 3], особенно в случае необходимости минимизации количества участников в сети. Последнее условие приобретает актуальность в случае необходимости сокращения транзакционных издержек, связанных с заключением контрактов, трудовых договоров, дальнейшим контролем их исполнения и проч., а также для повышения управляемости и устойчивости функционирования виртуального предприятия.

В работах [4, 5] описано несколько разработанных авторами точных и приближенных алгоритмов решения задачи минимизации состава участников в рамках команды проекта при наличии ограничений по бюджету, определены условия целесообразности использования каждого из них с учетом конкретных параметров практической ситуации и особенности их реализации на практике.

В данной статье представлены экономико-математические модели, формализующие задачу подбора оптимального количества партнеров и гарантирующие нахождение точного решения.

Методика и результаты исследования

Формулировка задачи. Для успешного функционирования динамической сетевой структуры на регулярной основе требуется m ключевых компетенций. Есть n потенциальных участников виртуального предприятия, каждый из которых

обладает некоторыми из требуемых компетенций. Необходимо сформировать минимальную группу партнеров, которая бы покрывала все компетенции.

Математическая постановка задачи представлена в виде задачи целочисленного линейного программирования:

$$L(y) = \sum_{i=1}^n y_i \rightarrow \min, \quad (1)$$

$$\sum_{i=1}^n c_{i,j} y_i \geq 1, \quad j = \overline{1, m}, \quad (2)$$

$$y_i \in \{0, 1\}, \quad i = \overline{1, n}, \quad (3)$$

где $c_{i,j}$ – наличие у i -го исполнителя j -ой компетенции (1 – обладает компетенцией, 0 – нет); y_i – искомые неизвестные, показывающие выбор в команду проекта i -го партнера (1 – выбран, 0 – нет).

Условия (1)–(3) соответствуют постановке задачи о покрытии множества, для решения которой наряду с симплекс-методом существует ряд эффективных алгоритмов, реализованных в широком спектре программных средств (например LPSolve, MS Excel с надстройкой Solver, CPLEX Optimizer).

Задача (1)–(3) предполагает, что каждой из выделенных ключевых компетенций обладает как минимум один потенциальный партнер из подобранной группы. В отдельных случаях может потребоваться подбор нескольких участников под одну ключевую компетенцию, что позволит уменьшить зависимость от деятельности единственного партнера, обладающего соответствующими знаниями, умениями, навыками и ресурсами, а также увеличить производственный и интеллектуальный потенциал виртуального предприятия.

В этом случае вместо (2) используется условие

$$\sum_{i=1}^n c_{i,j} y_i \geq r_j, \quad j = \overline{1, m}, \quad (4)$$

где r_j – минимальное количество партнеров в группе, обладающих j -ой компетенцией.

Возможные дополнительные условия задачи, расширяющие ее первоначальную постановку:

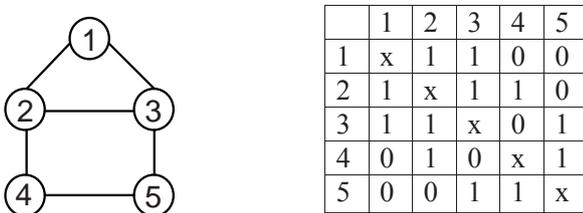
1) учитывается «конфликт интересов» или ситуации межличностных конфликтов, имевшие место в прошлой совместной деятельности. Таким образом, в состав участников виртуального предприятия могут быть включены исключительно экономические агенты, не имеющие разногласий или не являющиеся соперниками в своей основной коммерческой и/или профессиональной деятельности;



2) учитывается наличие положительного опыта сотрудничества партнеров друг с другом в прошлом.

Указанные расширения задачи предполагают учет взаимосвязей между партнерами. В группу включаются только те исполнители, которые имеют связи с каждым исполнителем из этой группы, т.е. составляют клику в терминах теории графов. Покажем возможность моделирования взаимосвязей в виде линейных ограничений на следующем примере.

Пример. Пусть имеются пять потенциальных партнеров, которые с учетом существующих между ними связей можно представить в виде простого неориентированного графа. На рисунке приведено изображение данного графа, а также матрица смежности его вершин.



Граф, описывающий взаимосвязь между пятью партнерами и матрица смежности его вершин
The count describing interrelation between five partners and a matrix of contiguity of his tops

Ограничения (5) и (6) задают условие, что все возможные пары вершин, входящих в выбранную клику, имеют связывающее их ребро:

$$\sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n (1 - e_{i,j}) y_i y_j = 0, \quad (5)$$

$$y_i, y_j \in \{0, 1\}, \quad i, j = \overline{1, n}, \quad n \geq 2, \quad (6)$$

где $e_{i,j}$ – наличие связи между i -ыми j -ым исполнителем (1 – есть связь, 0 – нет); y_i – искомые неизвестные, определяющие выбор в состав динамической сетевой структуры i -го партнера (1 – выбран, 0 – нет).

Нелинейное ограничение (5) корректно определяет наличие клики. Докажем это, предположив, что выбор пал на некоторую пару $\{y_i, y_j\}$, не имеющую связывающего ребра, т.е. $e_{i,j} = 0$, тогда одно из слагаемых левой части уравнения (5) и, соответственно, вся левая часть этого уравнения принимают значение 1, что противоречит условию.

Линеаризуем (5), заменив группой ограничений вида:

$$(1 - e_{i,j}) + y_i + y_j \leq 2. \quad (7)$$

Количество ограничений (7) составляет $\frac{1}{2}(n^2 - n)$, т.е. равно числу ребер (количеству неповторяющихся пар вершин) в полном графе с n вершинами.

Выражение (7) упрощается:

$$y_i + y_j \leq 1 + e_{i,j}. \quad (8)$$

Для данной задачи число ограничений (8) можно сократить на количество существующих ребер в графе, т.е. на количество связанных пар партнеров. В этом случае ограничения с $e_{i,j} = 1$ не задаются (исключаются), а ограничения с $e_{i,j} = 0$ упрощаются до

$$y_i + y_j \leq 1. \quad (9)$$

Для приведенного выше примера ограничения тогда будут выглядеть следующим образом:

$$\begin{cases} y_1 + y_4 \leq 1 \\ y_1 + y_5 \leq 1 \\ y_2 + y_5 \leq 1 \\ y_3 + y_4 \leq 1 \end{cases} \quad (10)$$

y_1, y_2, y_3, y_4, y_5 – бинарные.

При нахождении клики могут быть заданы веса ребер ($a_{i,j}$) и введены ограничения, например, на средний вес ребра (g) в выбранной клике. Другими словами, задается не только сам факт связи, но и определенная количественная характеристика конкретной связи. В этом случае потребуется найти и ребра, входящие в выбранную клику. Для этого можно ввести переменные $x_{i,j}$, принимающие значение 1, когда ребро (i, j) входит в выбранную клику, и 0 – в противном случае. Тогда ограничение на средний вес связи запишется следующим образом:

$$\sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n a_{i,j} x_{i,j} \geq g \cdot \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n x_{i,j}. \quad (11)$$

Ребро (i, j) входит в клику тогда и только тогда, когда и обе вершины в нее входят. Следовательно,

$$x_{i,j} = y_i y_j. \quad (12)$$

Для линеаризации уравнения (11) предлагается замена его на следующие ограничения:

$$y_i + y_j - 1 \leq 2x_{i,j} \leq y_i + y_j. \quad (13)$$

Докажем корректность замены условий (12) ограничениями вида (13), показав истинность (13) для всех удовлетворяющих условию (12) значений $y_i, y_j, x_{i,j} \in \{0, 1\}$ и ложность – в противном случае. Ниже показана корректность (13) для всех возможных значений неизвестных:



– значения неизвестных, удовлетворяющие условию (12):

- 1) если $y_i = 1, y_j = 1, x_{i,j} = 1$, то $(1 \leq 2 \leq 2)$ – истина;
- 2) если $y_i = 0, y_j = 1, x_{i,j} = 0$, то $(0 \leq 0 \leq 1)$ – истина;
- 3) если $y_i = 1, y_j = 0, x_{i,j} = 0$, то $(0 \leq 0 \leq 1)$ – истина;
- 4) если $y_i = 0, y_j = 0, x_{i,j} = 0$, то $(-1 \leq 0 \leq 0)$ – истина;

– значения неизвестных, противоречащие условию (12):

- 1) если $y_i = 1, y_j = 1, x_{i,j} = 0$, то $(1 \leq 0 \leq 2)$ – ложь;
- 2) если $y_i = 0, y_j = 1, x_{i,j} = 1$, то $(0 \leq 2 \leq 1)$ – ложь;
- 3) если $y_i = 1, y_j = 0, x_{i,j} = 1$, то $(0 \leq 2 \leq 1)$ – ложь;
- 4) если $y_i = 0, y_j = 0, x_{i,j} = 1$, то $(-1 \leq 2 \leq 0)$ – ложь.

Таким образом, линейная модель задачи нахождения минимальной по численности взвешенной клики, покрывающей все требуемые компетенции, выглядит следующим образом:

$$L(y) = \sum_{i=1}^n y_i \rightarrow \min, \quad (14)$$

$$\sum_{i=1}^n c_{i,j} y_i \geq 1, \quad j = \overline{1, m}, \quad (15)$$

$$\sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n (1 - e_{i,j}) x_{i,j} = 0, \quad (16)$$

$$\sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n (a_{i,j} - g) \cdot x_{i,j} \geq 0, \quad (17)$$

$$2x_{i,j} \leq y_i + y_j, \quad i = \overline{1, n-1}, \quad j = \overline{i+1, n}, \quad (18)$$

$$2x_{i,j} \geq y_i + y_j - 1, \quad i = \overline{1, n-1}, \quad j = \overline{i+1, n}, \quad (19)$$

$$x_{i,j}, y_i, y_j \in \{0, 1\}, \quad i, j = \overline{1, n}, \quad n \geq 2. \quad (20)$$

Модели (1)–(3), (14)–(20) и их вариации могут использоваться в автоматизированных процедурах поддержки принятия решений при формировании долгосрочных виртуальных предприятий и групп партнеров для реализации проектов различной направленности и уровня сложности.

В заключение следует отметить, что использование предложенной модели требует тщательной проработки бизнес-модели виртуального предприятия, особенно в части подробной детализации требуемых ключевых компетенций, а также разработки процедуры выявления существующих компетенций у потенциальных участников динамической партнерской сети. Возможность описания в математической модели взаимосвязей партнеров друг с другом позволяет при формировании ядра учесть положительный и отрицательный опыт взаимодействия агентов, что способствует осуществлению на практике быстрого перехода от формирования сети к ее эффективному функционированию и снижению вероятности возникновения конфликтных ситуаций.

Список литературы

1. Катаев А. В. Виртуальные бизнес-организации. СПб., 2009. 120 с.
2. Johnson S. M. Optimal two- and three-stage production schedules with setup times included // Nav. Res. Log. Quart. 1954. Vol. 1, № 1. P. 61–68.
3. Manne A. S. On the Job-Shop Scheduling Problem // Operat. Res. 1960. Vol. 8, № 2. P. 219–223.
4. Катаев А. В., Катаева Т. М. Задачи минимизации количества исполнителей работ в проекте : математическая модель и алгоритм решения // Экономика и социум. 2016. № 6 (25). С. 77–84.
5. Катаев А. В., Катаева Т. М. Межорганизационные сетевые структуры : проблемы организации и управления // Конкурентоспособность в глобальном мире : экономика, наука, технологии. 2016. № 7 (ч. 1). С. 141–144.

Образец для цитирования:

Катаев А. В., Катаева Т. М., Макарова Е. Л. Формирование ядра динамической партнерской сети: экономико-математический инструментарий // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Экономика. Управление. Право. 2017. Т. 17, вып. 3. С. 274–278. DOI: 10.18500/1994-2540-2017-17-3-274-278.

Dynamic Partner Network Core: Economic-Mathematical Tools

Aleksey V. Kataev

ORCID 0000-0002-1250-5116, Southern Federal University
1, Engels str., Taganrog, 347928, Russia. E-mail: kataev@kataev.ru
Researcher ID: C-4624-2017

Tatiana M. Kataeva

ORCID 0000-0001-6769-4965, Southern Federal University
1, Engels str., Taganrog, 347928, Russia. E-mail: tm@kataeva.ru
Researcher ID: C-4631-2017

Elena L. Makarova

ORCID 0000-0003-4100-4879, Southern Federal University



1, Engels str., Taganrog, 347928, Russia
E-mail: helen_makarova@mail.ru

Introduction. At present the most actual form of economic research for the authors is a dynamic partner network that can be rapidly rearranged in response of market changes. The greatest difficulty in this case is the problem of the core development structure, the members of which shall have all, without exception, the required core competencies for search and performance of the market orders main stream. **Theoretical analysis.** A sufficiently large number of models and methods is developed, which can solve this problem, but their use in practice, as a rule, does not guarantee an exact optimal solution and often describes special cases permission. **Methodology and results of the study.** In this research paper the mathematical problem of integer linear programming about development of the minimum number in partner group, covering all the required core competencies of dynamic network is formulated by authors. The model provides the possibility of accounting relationships between partners, for example, the integration of economic agents only in the group that makes up the clique in terms of graph theory.

Key words: dynamic partner network, core, economic-mathematical models, core competences.

References

1. Katayev A. V. Virtual'nie biznes-organizatsii [Virtual business organizations]. St. Petersburg, 2009. 120 p. (in Russian).
2. Johnson S. M. Optimal two- and three-stage production schedules with setup times included. *Nav. Res. Log. Quart.*, 1954, vol. 1, no. 1, pp. 61–68.
3. Manne A. S. On the Job-Shop Scheduling Problem. *Operat. Res.*, 1960, vol. 8, no. 2, pp. 219–223.
4. Kataev A. V. Kataeva T. M. Zadachi minimizatsii kolichstva ispolniteley rabot v projekte: matematicheskaya model' i algoritm resheniya [The tasks of minimization the number of contractors in the project: mathematical model and solution algorithm]. *Ekonomika i sotsium* [Economy and Society], 2016, no. 6 (25), pp. 77–84 (in Russian).
5. Kataev A. V. Kataeva T. M. Mezhorganizatsionnye setevye struktury: problemy organizatsii i upravleniya [Inter-organizational network structures: problems of organization and management]. *Konkurentosposobnost' v global'nom mire: ekonomika, nauka, tekhnologii* [Competitiveness in a globalized world: economics, science, technologies], 2016, no. 7 (pt. 1), pp. 141–144 (in Russian).

Cite this article as:

Kataev A. V., Kataeva T. M., Makarova E. L. Dynamic Partner Network Core: Economic-Mathematical Tools. *Izv. Saratov Univ. (N.S.), Ser. Economics. Management. Law*, 2017, vol. 17, iss. 3, pp. 274–278 (in Russian). DOI: 10.18500/1994-2540-2017-17-3-274-278.
