

ФОРМАЛИЗАЦИЯ ЗАДАЧИ ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНОЙ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ ИЗМЕНЕНИЙ АРХИТЕКТУРЫ ПРЕДПРИЯТИЯ НА ОСНОВЕ МАТРИЦЫ ИЗМЕНЕНИЙ БРИНЬОЛФССОНА

В.А. Агиевич,

аспирант кафедры инноваций и бизнеса в сфере информационных технологий,
факультет бизнес-информатики, Национальный исследовательский университет
«Высшая школа экономики»

К.Г. Скрипкин,

кандидат экономических наук, доцент кафедры экономической информатики,
экономический факультет, Московский государственный университет
имени М.В. Ломоносова

E-mail: vagievich@hse.ru, k.skripkin@gmail.com

Адрес: г. Москва, ул. Мясницкая, 20

Несмотря на большое разнообразие методов и подходов к построению архитектуры предприятия, при их практическом применении проявляется ряд недостатков. Одним из наиболее существенных пробелов в этой области знаний является недостаточная проработка и слабая формализованность методов планирования перехода от текущего состояния архитектуры предприятия к целевому. При этом зачастую планирование перехода является творческим процессом, успех которого сильно зависит от опыта, интуиции, знания корпоративной культуры, истории предприятия. Кроме того, в крупных организациях процесс усложняется большим числом элементов архитектурных моделей, что делает затруднительным применение описанных в литературе методов.

В литературе по архитектуре предприятия также отмечается важность принятия во внимание взаимодействия между элементами архитектуры предприятия во время планирования миграции, но не приводятся методы, позволяющие учесть это взаимодействие. Аналогичная проблема решается в теории комплементарных активов.

Матрица изменений Э.Бриньолфссона – эффективный инструмент управления изменениями организации на основе теории комплементарных активов. Однако этот инструмент может применяться только в небольших проектах и для оценки отдельных крупных изменений. Причина – ограничение размера матрицы. В статье описывается математическая модель и соответствующая постановка задачи дискретной оптимизации, решение которой позволит снять это ограничение за счет использования математического аппарата вместо визуальной оценки при поиске оптимальной последовательности изменений.

Ключевые слова: управление изменениями, матрица изменений, комплементарные активы, дискретная оптимизация, архитектура предприятия.

Введение

Значение архитектуры предприятия в современных условиях постоянно увеличивается за счет обеспечения возможностей эффективного использования существующих технологий и эволюционного перехода к новейшим технологиям. Однако, несмотря на большое разнообразие методов и подходов к построению архитектуры предприятия, при их практическом применении проявляется ряд недостатков. Одним из наиболее существенных пробелов в этой области знаний является недостаточная проработка и слабая формализованность методов планирования перехода от текущего состояния архитектуры предприятия к целевому.

Анализ существующих методологий архитектуры предприятия и соответствующей специальной литературы [1] показывает, что описание процессов внедрения целевой архитектуры (миграции) представлено, как правило, общими рекомендациями и перечислением факторов, которые необходимо учитывать при планировании миграции. При этом в качестве одного из наиболее значимых факторов планирования архитектурных изменений указывается необходимость принятия во внимание разного рода зависимостей, однако не приводится достаточно строгих методов, позволяющих эффективно реализовать это указание на практике.

В [1] для решения данной проблемы авторами было предложено использовать матрицу изменений – инструмент управления изменениями, учитывающий комплементарные взаимосвязи между базовыми и целевыми практиками предприятия.

1. Теория комплементарных активов и матрица изменений

Необходимость учитывать взаимосвязи при планировании изменений на предприятии подтверждена многими исследованиями. В частности, еще в 1992 году они явились центральным предметом исследования теории комплементарных активов П.Милгрона и Дж.Робертса [2].

Согласно [2] комплементарность приводит к образованию предсказуемых связей между отдельными видами деятельности. Милгром и Робертс дают следующее определение комплементарности [2]: «Несколько видов деятельности считаются комплементарными, если увеличение объема любого из них увеличивает (или, по крайней мере, не уменьшает) предельную прибыльность каждого из всех остальных видов деятельности».

В исследованиях Бринйолфсона и более поздних источниках вместо понятия «актив» используется понятие «практика» или «организационная практика», определяемая как определенный способ решения задачи, стоящей перед организацией [3].

Как можно описать и проанализировать взаимосвязи различных организационных практик компании друг с другом, с ИТ-сервисами и со свойствами человеческого капитала? Для описания бизнес-процессов, организационной структуры, архитектуры информационных систем и данных в настоящее время разработан целый ряд моделей, широко применяемых как самостоятельно, так и при формировании архитектуры предприятия. Однако, как отмечают авторы [4], на сегодняшний день существует лишь одна модель, решающая задачу описания взаимосвязей между практиками – матрица изменений. Она была предложена Э.Бринйолфссоном и соавторами в работе «Матрица изменений» [5], [6] (рис. 1).

Матрица изменений состоит из двух таблиц, наложенных друг на друга. Каждая состоит из прямоугольной части – списка организационных практик и треугольной, содержащей данные о взаимосвязях между практиками. Знак «+» в ячейках треугольника означает комплементарность двух практик, знак «-» – что эти практики выступают по отношению друг к другу как конкуренты. Горизонтальная таблица описывает существующие практики, вертикальная – практики, внедряемые в ходе проекта. Данные о комплементарности организационных практик за-

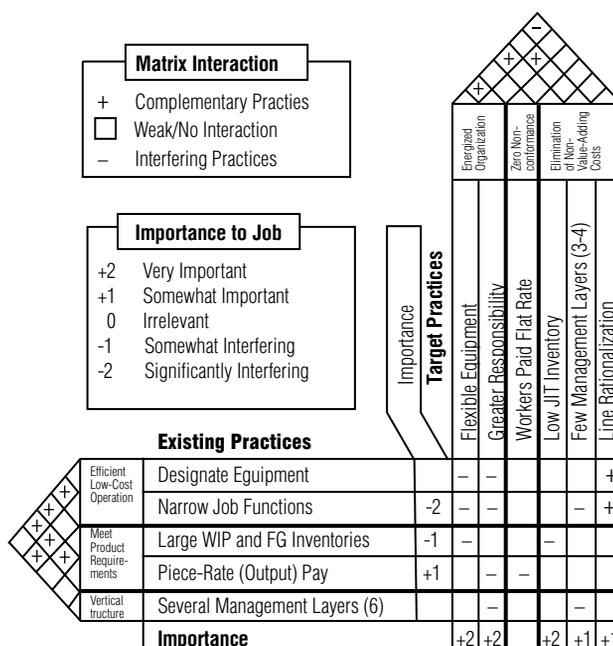


Рис. 1. Матрица изменений [5]

полняются на основе экспертных оценок сотрудников организации. Строка и столбец «Importance» описывают важность внедряемых практик по шкале Ликерта (от -2 – очень мешает до +2 – очень важна). Наконец, прямоугольник на пересечении двух таблиц описывает сочетаемость существующих и внедряемых практик и, соответственно, трудности перехода от «как есть» к «как будет» [3].

Матрица изменений – полезный инструмент для ответа на следующие типы вопросов [7].

- ◆ Выполнимость изменений.
- ◆ Последовательность выполнения изменений.
- ◆ Темп и характер изменений.
- ◆ Оценка изменений организаторами процесса.

Несмотря на всю простоту и эффективность подхода, заложенного в описанном инструменте, его применение для планирования изменений, связанных с переходом к целевой архитектуре предприятия осложняется большим объемом данных. Как показывает практика применения матрицы изменений, максимальная размерность матрицы, позволяющая работать с ней непосредственно, составляет 10x10.

Далее для решения проблемы размерности матрицы изменений описана формальная модель матрицы изменений и поставлена задача дискретной оптимизации, решение которой позволит работать с системами практик больших размерностей.

2. Построение математической модели матрицы изменений

Для построения формальной модели матрицы изменений опишем, прежде всего, этот инструмент в аспекте содержащихся в нем данных и ограничений, а также приемов, которые используются при его практическом применении.

Фактически при построении матрицы изменений задается два множества практик: базовые практики, заданные вертикальной треугольной матрицей, и целевые практики, заданные горизонтальной треугольной матрицей [5], рис. 2.

В матрице изменений, предложенной Э. Бринойолфссоном, взаимодействия между практиками описываются следующими отношениями:

◆ «+» между элементами множества практик обозначает, что соответствующие им практики взаимно усиливают друг друга; соответствующие практики называются комплементарными.

◆ «-» между элементами множества практик обозначает, что соответствующие им практики взаим-

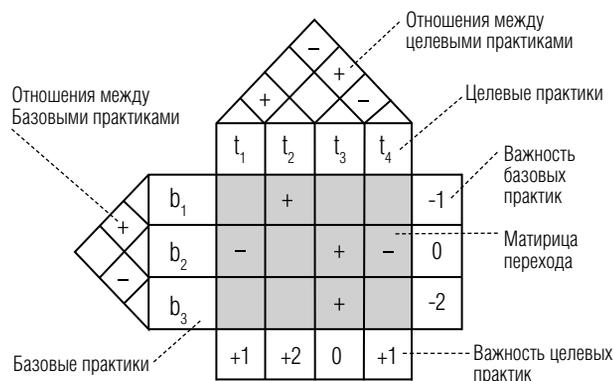


Рис. 2. Макет матрицы изменений

но ослабляют друг друга; соответствующие практики называются конкурирующими.

Если взаимодействия между практиками не определены, такие практики называются независимыми. Обозначим множество базовых практик $B = \{b_1, \dots, b_n\}$, где n – количество базовых практик, а множество целевых практик – $T = \{t_1, \dots, t_m\}$, где m – количество целевых практик.

Множество всех практик, входящих в матрицу, будем обозначать X :

$$X = B \cup T = \{x_1, \dots, x_{n+m}\}$$

Для элементов множества B отношения заданы горизонтальной треугольной матрицей (на рис. 2 слева). Для элементов множества T отношения заданы вертикальной треугольной матрицей (на рис. 2 сверху).

Аналогичные отношения установлены между некоторыми элементами множества T и некоторыми элементами множества B . Эти отношения заданы прямоугольной матрицей (на рис. 2 в центре).

Каждой базовой и целевой практике в матрице приписывается степень важности по шкале Ликерта (от -2 до +2).

Пусть степени важности практик множеств B и T заданы множествами V_b и V_t соответственно:

$$V_b = \{v_1, \dots, v_n\};$$

$$V_t = \{v_1, \dots, v_m\}.$$

При анализе подходов, используемых при работе с матрицей изменений, описанных в [5], выявлено, что некоторые решения, принимаемые на ее основе, требуют наличия дополнительных данных, которые отсутствуют в матрице. Такими дополнительными данными являются:

◆ порядок выполнения изменений, существующий для некоторых практик (примеры: «переходить к запасам точно в срок необходимо до переключения

на гибкое оборудование», «невозможно делегировать рабочим больше ответственности, когда надзор за ними осуществляется на всех уровнях»);

♦ явное указание целевой практики, на которую заменяется базовая практика (может существовать для некоторых базовых практик);

♦ степень взаимодействия между практиками (для выделения в дальнейшем блоков практик, которые необходимо внедрять или удалять одновременно).

Как отмечается в [4], одним из недостатков матрицы изменений, предложенной Э.Бринйолфссоном, является тот факт, что взаимосвязи между практиками описываются только качественно, хотя степень их взаимного влияния, а также влияния на результат может сильно отличаться. Для устранения этого недостатка в [4] предложена идея расширенной матрицы изменений, в которой вместо шкалы «+» – практики комплементарны», «-» – практики конкурируют» вводится следующая шкала:

- 2 при совместном использовании практики неработоспособны;
- 1 совместное использование практик снижает эффективность;
- 0 связи практик нет;
- +1 совместное использование практик повышает эффективность;
- +2 по отдельности практики неработоспособны.

Данная шкала предлагается к использованию в матрице изменений как в треугольных матрицах, создаваемых для базовых и целевых практик, так и в матрице перехода. При этом для матрицы перехода отношение «+2» является нерелевантным, поскольку рассматриваются взаимосвязи двух разных систем.

Явное соответствие между практикой, используемой в настоящее время, и практикой, на которую она будет заменена, может быть задано при помощи значения «-2» в переходной матрице.

Таким образом, вместо матрицы изменений Э.Бринйолфссона для исследования была принята расширенная матрица изменений (рис. 3), дополнен-

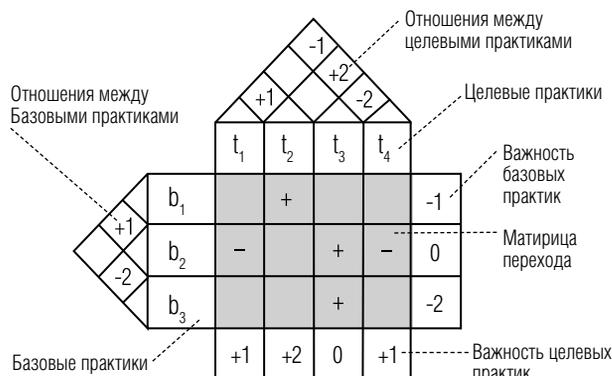


Рис. 3. Макет расширенной матрицы изменений

ная информацией о порядке выполнения изменений.

Определим шкалу степеней взаимосвязи практик как множество $R = \{r_1, \dots, r_5\} = \{-2, -1, 0, +1, +2\}$. Взаимосвязи практик, представленные в расширенной матрице изменений, также могут быть заданы в виде графа или при помощи функций:

$$r(b_i, b_j) = r_i, r(t_i, t_j) = r_i, r(b_i, t_j) = r_i,$$

$$\text{или } r(x_i, x_j) = r_l, \text{ где } l \in [1, 5].$$

Порядок выполнения изменений, существующий для некоторых практик, может быть задан дополнительно к матрице изменений в виде отношений частичного порядка:

$$b_i \leq b_j, \text{ где } i, j \in [1, n];$$

$$t_i \leq t_j, \text{ где } i, j \in [1, m];$$

$$b_i \leq t_j, \text{ где } i \in [1, n], j \in [1, m].$$

Модель расширенной матрицы изменений можно представить в виде взвешенного неориентированного раскрашенного графа с весами ребер от -2 до +2 («0» не используется) и весами вершин от -2 до +2 (рис. 4).

При этом базовое состояние системы практик представлено подграфом G_b , а целевое состояние системы практик представлено подграфом G_t .

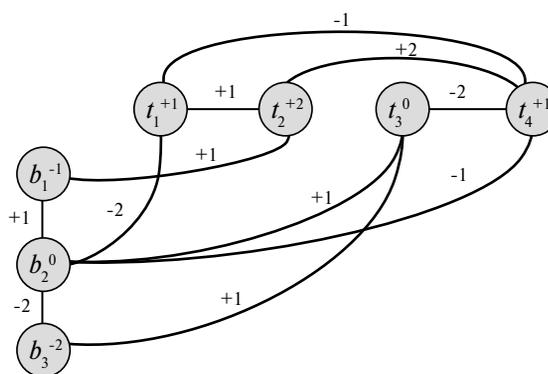


Рис. 4. Представление расширенной матрицы изменений в виде графа

3. Постановка задачи дискретной оптимизации

Определение. Элементарным преобразованием графа системы практик (или просто элементарным преобразованием) c_i будем называть внедрение целевой практики $t \in T$ или удаление базовой практики $b \in B$. Элемент множества X , соответствующий элементарному преобразованию c_i будем определять при помощи функции $X(c_i)$.

Определение. Последовательность элементарных преобразований будем называть траекторией $Tr = \{c_1, \dots, c_{n+m}\}$, $c_i \succ c_{i+1}$. Множество всех возмож-

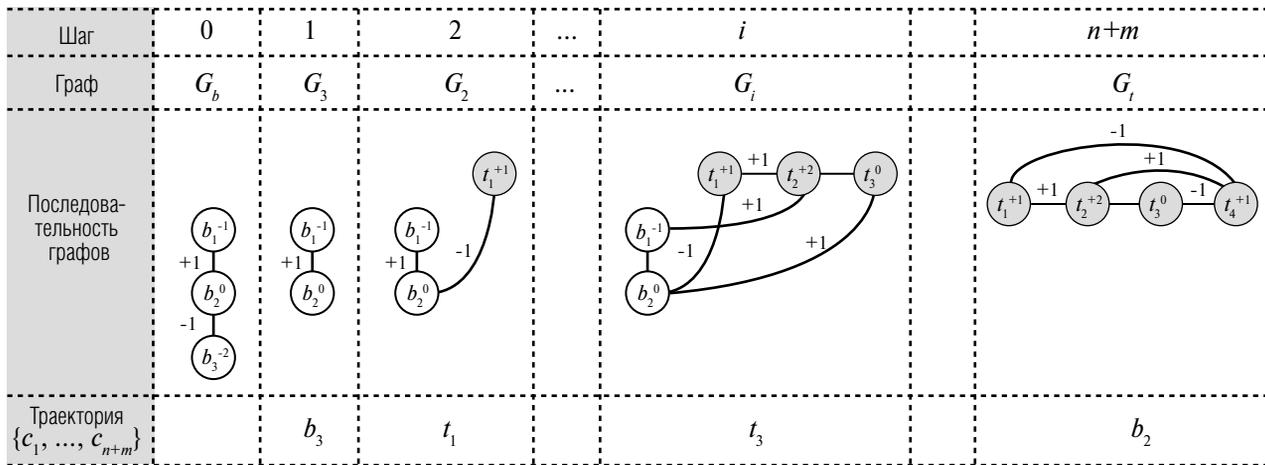


Рис. 5. Преобразование графа базовых практик в граф целевых практик

ных траекторий от графа G_b к графу G_t обозначим через $Tr(G_b, G_t)$.

Согласно [5] целевая функция должна отражать «легкость» изменений: «Легче всего ликвидируются практики, конкурирующие с другими базовыми практиками. Легче внедряются те целевые практики, которые комплементарны базовым практикам».

«Легкость» внедрения или удаления практик определяется на основе теории комплементарных активов при помощи суммирования показателей взаимосвязи между внедряемой или удаляемой практикой и всеми практиками текущей системы практик. Для внедряемой целевой практики как сумма величины взаимосвязей между внедряемой практикой и всеми практиками текущей системы практик.

«Легкость» изменения c_i будем измерять относительно текущего состояния системы практик, представленного графом $G_i = (X, V)$, соответствующим графу G_b с выполненными изменениями $c_1 \dots c_{i-1}$. При этом «легкости» внедрения новой целевой практики будет соответствовать функция

$$l(c_i) = \sum_{j=1}^n r(X(c_i), b_j) + \sum_{j=1}^{i-1} \begin{cases} -r(X(c_i), X(c_j)), & \text{если } X(c_j) \in B \\ r(X(c_i), X(c_j)), & \text{если } X(c_j) \in T \end{cases}$$

а «легкости» исключения базовой практики — та же функция с противоположным знаком. То есть функция «легкости» для изменения c_i есть сумма значений взаимодействий между практикой $X(c_i)$ и всеми практиками текущей системы практик G_i (рис. 5). Следовательно, суммарный показатель «легкости» изменений Tr_i на траектории может быть вычислен как

$$L(Tr_i) = \sum_{j=1}^{n+m} \begin{cases} l(c_j), & \text{если } X(c_j) \in B \\ -l(c_j), & \text{если } X(c_j) \in T \end{cases}$$

Таким образом, для решения задачи построения оптимальной последовательности изменений, содержательно описанной в [1], необходимо найти такую последовательность преобразований от графа G_b к графу G_t (траекторию $Tr(G_b, G_t)$), чтобы суммарная «легкость» перехода $L(Tr_i)$ была максимальной, а максимальное значение «трудности» отдельного преобразования $(-l(c_i))$ было минимальным. Минимаксный критерий вводится для исключения скачков трудности отдельных преобразований.

Определим теперь ограничения задачи.

Как было отмечено выше, для некоторых практик существуют отношения частичного порядка, определяемые в общем виде как $x_i \leq x_j$, где $i, j \in [1, n+m]$.

Также, в соответствии с [5], необходимо обеспечить удаление базовой практики и внедрение целевой, если целевая практика должна заменить базовую (в расширенной матрице изменений эта связь показана как «-2»). Значит, мы должны выстроить соответствующие изменения так, чтобы между ними не выполнялись никакие другие. Таким образом, для всех пар практик b, t , таких что $r(b, t) = -2$, должно быть задано ограничение

$$\begin{aligned} X(c_i) = b \text{ и } X(c_{i+1}) = t \\ \text{или } X(c_i) = t \text{ и } X(c_{i+1}) = b. \end{aligned}$$

В итоге оптимизационная задача формулируется в следующем виде:

Найти такую траекторию $Tr_i \in Tr(G_b, G_t)$, что

$$L(Tr_i) \rightarrow \max,$$

$$\max_{1 \leq j \leq n+m} (-l(c_j)) \rightarrow \min, c_j \in Tr_i$$

при ограничениях $x_i \leq x_j$, где $i, j \in [1, n+m]$

$$X(c_i) = b \text{ и } X(c_{i+1}) = t (b, t: r(b, t) = -2).$$

Заключение

Авторами статьи описана математическая модель матрицы изменений и поставлена задача дискретной оптимизации, решение которой позволит формализовать процесс нахождения оптимальной по-

следовательности изменений на основе матрицы.

На следующем этапе исследования планируется решение данной задачи методами комбинаторной оптимизации с апробацией результатов на реальном бизнес-кейсе построения архитектуры предприятия. ■

Литература

1. Агиевич В. А., Скрипкин К. Г., Гимранов Р. Д. Матрица изменений Бриньолфссона как инструмент планирования архитектуры предприятия // Современные информационные технологии и ИТ-образование / Сборник избранных трудов VIII международной научно-практической конференции. Москва: ИНТУИТ.ру, 2013. С. 785-794.
2. Roberts J., Milgrom P. Economics, Organization, and Management. EnglewoodCliffs, NJ: PrenticeHall. 1992.
3. Скрипкин К. Организационный капитал российских предприятий: проблема разнообразия // Инновационное развитие экономики России: региональное разнообразие: Шестая международная научная конференция. Сборник статей. Москва: ТЕИС, 2013. Т. 1. С. 286-294.
4. Лугачев М., Скрипкин К., Ананьин В., Зимин К. Эффективность инвестиций в ИТ. Альманах лучших работ. Москва: СоДИТ, 2013. С. 178-186.
5. Brynjolfsson E., Renshaw A., Alstynе M. The Matrix of Change // Sloan Management Review. 1997. Vol. 38.No. 2.
6. Хромов-Борисов С. Управление сложностью. Операционная система бизнеса. Москва: ИД Гребенникова, 2012. С. 143-183.
7. Щегельская О. «Матрица изменений» – инструмент управления трансформацией компании // Управление компанией. 1999. № 5.

FORMALIZATION OF THE PROBLEM OF CHOOSING THE OPTIMAL SEQUENCE OF ENTERPRISE ARCHITECTURE CHANGES ON BASIS OF BRYNJOLFSSON'S MATRIX OF CHANGE

Vadim AGIEVICH,

Postgraduate Student, Department of Innovation and Business in Information Technologies,
Faculty of Business Informatics, National Research University Higher School of Economics

Address: 20, Myasnitskaya str., Moscow, 101000, Russian Federation

E-mail: vagievich@hse.ru

Kirill SKRIPKIN,

Associate Professor, Department of Economic Informatics, Faculty of Economics,
Lomonosov Moscow State University

Address: 1, Leninskie Gory, Moscow 119991, Russian Federation

E-mail: k.skripkin@gmail.com

Despite the great variety of methods and approaches to Enterprise Architecture development, their application in practice reveals a number of shortcomings. One of the most significant gaps in this area of knowledge is insufficient study and weak formalization of planning of transition from the current state to the target Enterprise Architecture. That is why transition planning is often a creative process, its success depending much on experience, intuition, knowledge of corporate culture, the history of a company. Besides, in big companies the process is complicated by a great number of elements of architecture models, which makes it more demanding to implement the methods described in literature.

EA literature describes also the importance of taking into consideration the interactions between EA elements during

migration planning, but do not express the methods of this. Similar problem is solved by the theory of complementary assets.

Brynjolfsson's Matrix of Change is an effective tool for managing organizational change based on the theory of complementary assets. However this tool can be used only in small projects or for assessment of individual consolidated changes. The reason is the limited size of the matrix. The paper describes the mathematical model and the corresponding discrete optimization problem formulation, the solution of which will overcome this restriction by using the mathematical apparatus instead of visual assessment when searching for the optimal sequence of change.

Key words: change management, matrix of change, complementary assets, discrete optimization, Enterprise Architecture.

References

1. Agievich V. A., Skripkin K. G., Gimranov R. D. (2013) Matrica izmenenij Brinjolfssona kak instrument planirovanija arhitektury predpriyatija [The Brynjolfsson's Matrix of Change as a Tool for Enterprise Architecture Planning]. *Sovremennye informacionnye tehnologii i IT-obrazovanie. Sbornik izbrannyh trudov VIII mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii* [Modern Information Technology and IT Education / Collection of Selected Works of the VIII International Scientific and Practical Conference], Moscow: INTUIT.ru, pp. 785-794. (in Russian)
2. Roberts J., Milgrom P. (1992). *Economics, Organization, and Management*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
3. Skripkin K. (2013) Organizacionnyj kapital rossijskih predpriyatij: problema raznobrazija [Organizational Capital of Russian Companies: The Problem of Diversity]. *Innovacionnoe razvitie ekonomiki Rossii: regional'noe raznobrazije: Shestaja mezhdunarodnaja nauchnaja konferencija. Sbornik statej* [Innovative Development of the Russian Economy: Regional Diversity. Sixth International Scientific Conference. Collection of articles], Moscow: TEIS, vol. 1, pp. 286-294. (in Russian)
4. Lugachev M., Skripkin K., Anan'in V., Zimin K. (2013) *Effektivnost' investicij v IT. Al'manah luchshih rabot* [Effectiveness of IT Investments. Almanac of the Best Works], Moscow: SoDIT, pp. 178-186. (in Russian)
5. Brynjolfsson E., Renshaw A., Alstynne M. (1997) The Matrix of Change. *Sloan Management Review*. vol. 38, no 2.
6. Hromov-Borisov S. (2012) *Upravlenie slozhnost'ju. Operacionnaja sistema biznesa* [Complexity Management. The Operation System of Business], Moscow: ID Grebennikova, pp. 143-183. (in Russian)
7. Schegel'skaya O. (1999) «Matrica izmenenij» – instrument upravlenija transformaciej kompanii [The Matrix of Change – a Tool for Company Transformation Management]. *Company Management*, no 5. (in Russian)