

УДК 65.012

Е.В. Колесникова, А.А. Негри

Одесский национальный политехнический университет, Одесса

ТРАНСФОРМАЦИЯ КОГНИТИВНЫХ КАРТ В МОДЕЛИ МАРКОВСКИХ ПРОЦЕССОВ ДЛЯ ПРОЕКТОВ СОЗДАНИЯ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

Разработана когнитивная карта проекта, которая включает процессы основных областей знаний создания программного обеспечения. Предложен метод когнитивного моделирования сложных проектных процессов с помощью однородных марковских цепей с дискретными состояниями и временем.

Ключевые слова: проекты, когнитивные карты, моделирование, цепи Маркова

Розроблено когнітивну карту проекту, що включає процеси основних галузей знань створення програмного забезпечення. Запропоновано метод когнітивного моделювання складних проектних процесів за допомогою однорідних марковських ланцюгів з дискретними станами і часом.

Ключові слова: проекти, когнітивні карти, моделювання, ланцюги Маркова

Developed a cognitive map of the project to create software based on the main areas of expertise. We propose a method of cognitive modeling of complex design processes using homogeneous Markov chains with discrete states and time.

Keywords: projects, cognitive maps, simulation, Markov chains

Введение

Исследование явлений и сущности, связей и закономерностей в процессах управления проектами (программами) портфелями в жизненных циклах проектов, как управляемых социальных или организационно-технических систем, с признаками уникальности, ограничениями по срокам, времени и ресурсам, а также требованиями к качеству продуктов или услуг, составляет содержательный аспект теоретических изысканий в области проектного управления [1]. При этом существующие подходы формирования тактики и стратегии реализации проектов нацелены на получение определенных результатов и создание их ценности благодаря исследованиям связей и закономерностей на уровне организационного управления, а не технологии изготовления продукта проекта [2; 3].

Сложности управления проектами в организационно-технических системах обусловлены рядом особенностей [2]:

– наличием множества факторов и их взаимосвязанностью, что не позволяет выделить и детально исследовать отдельные элементы системы,

поэтому все происходящие в них явления должны рассматриваться в совокупности;

– отсутствием достаточной информации о динамике процессов, что вынуждает переходить к качественному анализу таких процессов;

– турбулентностью окружения и изменчивостью характера процессов во времени.

Подобные проекты из-за указанных особенностей называются *слабо структурированными системами*. Множество факторов системы образует сложную систему связей и состояний, изменяющихся во времени причин и следствий. Увидеть и осознать логику развития событий в такой многофакторной системе достаточно сложно. В то же время в практической деятельности постоянно приходится принимать решения о том, что нужно сделать (на какие факторы повлиять) для улучшения состояния проекта, что будет с ситуацией через такое-то время, если ничего не предпринимать, какие из возможных действий будут эффективнее для достижения поставленной цели и пр. [4]. Процедура принятия решений может основываться на когнитивном (познавательном) анализе и моделировании сложных процессов [4, ..., 8].

Постановка проблемы

Компетентного специалиста отличает критическое мышление, способность среди множества решений выбрать оптимальное, аргументировано опровергать ложные решения. Компетентность предполагает постоянное обновление знаний и умений, владение новой информацией для успешного решения профессиональных задач в условиях изменяющегося внешнего окружения [4]. Иными словами, «компетентность – это способность к актуальному выполнению деятельности» как самостоятельно, так и в составе команды проекта [9].

Основу такой деятельности составляют подготовка и принятие эффективных решений в управлении проектами / программами / портфелями проектов на основе приемлемых методов целеполагания и целедостижения для проактивного управления проектами создания и развития систем, продуктов и технологий [1]. При этом в силу многофакторности систем проектного управления следует учитывать возможности компромисса, балансировки и гармонизации решений, а это возможно только благодаря применению современных методов моделирования. Это позволяет не только получить результат в форме тенденции изменения параметров и состояний системы, но и формирует общее видение системы в динамике выполнения работ проектов и понимание особенностей взаимодействия технических, поведенческих и контекстуальных компетенций в ходе выполнения проектов / программ / портфелей проектов [8].

Управление функционированием и развитием проектно-управляемых или проектно-ориентированных социальных и организационно-технических систем предполагает наличие подсистем анализа, подготовки и принятия эффективных решений [10]. Создание подобных информационных технологий и систем управления проектами / программами / портфелями проектов невозможно без разработки моделей, методов и механизмов взаимодействия команды проекта.

Ориентация на подготовку таких специалистов предопределяет усовершенствование методов и моделей обучения, а также практической деятельности. Изменения в подходах к обучению состоят в том, что необходимо перейти от застывших схем накопления знаний к обучению деятельности в изменяющихся условиях социума и производства [11]. Моделирование сложных ситуаций на основе когнитивного анализа позволяет разрешить указанное противоречие между требованиями к уровню компетентности проектных менеджеров и методами и моделями обучения [5; 7].

Цель публикации

Разработка метода трансформации когнитивных карт в марковские модели случайных процессов для развития когнитивного анализа проектов с получением количественных оценок вероятностей состояний процессов проектов.

Материалы исследований могут быть использованы в системах принятия решений по управлению проектами разработки программного обеспечения, а также для моделирования сложных процессов в образовательном процессе с целью формирования профессиональных компетенций проектных менеджеров, а также специалистов любого профиля.

Анализ предыдущих публикаций

Исходным понятием в когнитивном моделировании сложных процессов является понятие когнитивной карты, которая представляет собой ориентированный взвешенный граф, в котором [7]:

- вершины соответствуют базисным факторам (состояниям) проекта, которые могут быть верифицированы с помощью технологии data mining, позволяющей отбросить избыточные факторы, слабо связанные с ядром базисных факторов;

- непосредственные связи между факторами отображают причинно-следственные цепочки, по которым распространяются влияния некоторого фактора на другие факторы - считается, что факторы, входящие в условие “если..., то...”, влияют на факторы следствия всей цепочки, причем это влияние может быть либо усиливающим (положительным), либо тормозящим (отрицательным), либо переменного знака в зависимости от возможных дополнительных условий.

Когнитивная карта отображает лишь структуру связей между факторами. В ней не отражается сущность воздействия, а также динамика изменения влияний в зависимости от изменения ситуации или изменения во времени самих факторов. Отображение этих особенностей, содержащихся в когнитивной карте, возможно на следующем уровне структуризации информации в когнитивной модели [8]. На этом уровне каждая связь между факторами может быть раскрыта до соответствующего уравнения, которое может содержать как количественные (измеряемые) переменные, так и качественные (нечеткие) выражения. При этом количественные переменные входят естественным образом в виде их численных значений. Каждой качественной переменной ставится в соответствие совокупность лингвистических переменных, отображающих

различные состояния этой переменной (например, функциональность программного продукта может быть “низкой”, “удовлетворительной”, “выше требований технического задания на проект”). С другой стороны каждой лингвистической переменной соответствует определенный числовой эквивалент в интервале $[0, 1]$, например, с использованием функции желательности Харрингтона [12]. По мере накопления знаний о процессах становится возможным более детально раскрывать характер связей между факторами [13].

В настоящем исследовании предлагается использовать марковскую модель изменения состояний, которая позволяет отобразить многовекторную сущность случайных процессов управления проектами / программами / портфелями проектов [10]. В соответствии с законом С.Д. Бушуева, определяющего закономерности инициации проектов: “Команда проекта и его турбулентное окружение составляют систему, в которой существующие взаимосвязи определяют результат проекта” [2]. Эта формулировка закона С.Д. Бушуева об инициации проектов определяет, что три сущности: команда проекта, окружение и сам проект, - в сложном слабо структурируемом и формализуемом взаимодействии определяют ход и результативность процессов проекта в зависимости от множества внешних и внутренних случайных возмущений. В такой постановке задача построения модели может быть сведена к созданию некоторого математического объекта, который будет отображать существенные свойства оригинала (проекта), необходимые для принятия решений и управления проектами, и одновременно будет учитывать уникальность сочетания команды, проекта и окружения. Подобными свойствами обладают марковские модели с дискретными состояниями и временем. В этих моделях настройка на отображение состояний некоторого оригинала осуществляется путем определения условных вероятностей перехода между состояниями, присущих только данному объекту. В данном случае под объектом понимается совокупность элементов системы: проект, команда, окружение [2].

Известные марковские модели, которые использовались в проектном менеджменте, отображали разные аспекты функционирования проектно-управляемых организаций. Эти модели реализуют структурное и параметрическое подобие оригиналов и марковских моделей. В работе [10] с помощью марковской модели представлена организационно-техническая система проектно-ориентированного управления станкостроительным предприятием. Применение марковской модели в управлении проектами оказания медицинских услуг рассмотрено в публикации [14]. Управление

рекламными проектами с использованием марковской модели предложено в работе [15]. Можно также отметить эффективность использованных подходов в работе [16] для оценки качества работы учебных заведений. Разработана марковская модель изменения состояний процессов, которые составляют основу проектно-ориентированного управления и направлены на получение полезных результатов при выполнении международных образовательных и научных проектов [17; 18].

Указанные примеры показывают, что общим для построения всех моделей является подготовка систем моделирования на основе декомпозиции исследуемых систем на определенные дискретные состояния с обозначением схем переходов между этими состояниями. Следует отметить, что в указанных выше моделях различными способами определялись условные переходные вероятности переходов между дискретными состояниями. Это позволяет сделать вывод о том, что специфика отражения различных объектов однородными марковскими цепями с дискретными состояниями и дискретным временем определяется способами вычисления переходных вероятностей [10; 15; 16].

Определение переходных вероятностей относится к наименее исследованным и наиболее сложным задачам идентификации и настройки моделей на отображение свойств конкретного объекта, тогда как актуальность и практическое значение этого этапа является важным для широкого применения марковских моделей в проектном управлении.

Существующие подходы к определению переходных вероятностей можно классифицировать по сложности обработки экспериментальных данных: экспертное оценивание [14], решение обратной задачи для марковской цепи [15], прямое измерение [10].

Свойствами марковских моделей является зависимость случайного процесса изменения совокупности состояний $S_k = \{s_1, s_2, \dots, s_i\}_k$ от времени $t \in [0, T]$, где k – номер шага, а i – число состояний. Совокупность $\{s_1, s_2, \dots, s_i\}_k$ отвечает возможным состояниям случайного процесса $S_k(t)$, если в интервале $[0, T]$ есть такое время t , что вероятность $P\{s-h < S(t) < s+h\} \geq 0$ для любого значения $h > 0$. Время t пробегает дискретный ряд значений $t_0, t_1, t_2, \dots, t_k: \{t_n, n = 0, 1, \dots, k\}$ и случайная совокупность $S_k(t_n) = S_i|_n$ может принимать дискретное множество состояний s_1, s_2, \dots, s_m или $\{s_m, m=1, 2, \dots, i\}$. «Марковость» проектных процессов подтверждается тем, что и в проектных процессах и в марковских цепях возможны изменения вероятностей состояний системы по шагам k , имеет место сходство топологической структуры переходов [14].

Существуют вероятности переходов π_{ij} в другие состояния, а сумма переходных вероятностей из некоторого состояния равна единице [15]:

$$\sum_{j=1}^m \pi_{ij} = 1, \quad i = 1, 2, \dots, m.$$

Сумма вероятностей всех состояний $p_i(k)$ на каждом шаге k также равна единице [16]:

$$\sum_{i=1}^m p_i(k) = 1,$$

где $p_i(k)$ - вероятность состояния i на шаге k ; m – число дискретных состояний.

Под шагом понимается некоторое управляющее действие, которое переводит систему в новое состояние [17].

Величины $p_1(k), p_2(k), \dots, p_m(k)$ отображают вероятности состояний однородной цепи Маркова с дискретным временем, в котором вероятности переходов не зависят от номера шага k . Для любого шага k существуют также «вероятности задержки» π_{ii} системы в данном состоянии, которые дополняют до единицы сумму переходных вероятностей по всем переходам из данного состояния [18].

Для построения цепи Маркова необходимо построить ориентированный граф $A = \{S, G\}$, состоящий из упорядоченных пар вершин S и ориентированных дуг G , которые их соединяют. При этом процессы отвечают определенным вершинам графа [14]. Ребра определяют переходы из данных состояний, необходимые для управления проектом. В общем случае каждый процесс соответствует определенному состоянию системы.

Далее для построения ориентированного графа, являющегося основой построения марковской цепи, воспользуемся методами разработки когнитивных карт [7].

Построение когнитивной карты

Важным этапом когнитивного моделирования является построения когнитивной карты, которая представляет собой ориентированный граф, вершинами которого являются связанные факторы, а дугами – причинно-следственные связи между факторами [5, ..., 8]. При этом знак «+» означает положительную связь, а «-» соответствует отрицательной связи [7].

Рассмотрим построение когнитивной карты на примере управления проектом разработки программного обеспечения (ПО).

Наиболее распространенным подходом к разработке ПО в настоящее время является версионирование, при котором последовательно выполняются этапы разработки и отладки программного кода, а оценка результата сводится к формуле «как получится». Такой подход, как

правило, обеспечивает разработку ПО при приемлемых затратах и качестве, но этот процесс включает в себя множество случайных ошибок и проб, является «знанием команды» и держится на конкретных исполнителях [4; 11; 13].

Согласно SWEBOOK 2004 разработка ПО включает в себя использование 10 основных областей знаний [20].

1. Software requirements – программные требования.
2. Software design – дизайн (архитектура).
3. Software construction – конструирование программного обеспечения.
4. Software testing – тестирование.
5. Software maintenance – поддержка программного обеспечения.
6. Software configuration management – конфигурационное управление.
7. Software engineering management – управление в программной инженерии.
8. Software engineering process – процессы программной инженерии.
9. Software engineering tools and methods – инструменты и методы.
10. Software quality – качество программного обеспечения.

Когнитивная карта разработки программного обеспечения включает 10 вершин, соответствующих основным областям знаний (компетенциям и связям между этими вершинами (рис. 1).

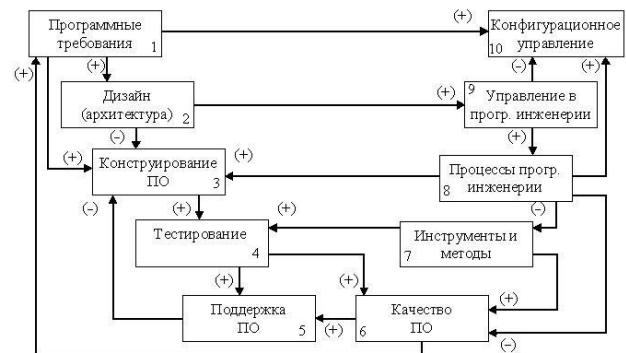


Рис. 1. Когнитивная карта разработки программного обеспечения

Фактически данная когнитивная карта разработки ПО отображает состояния системы и переходы между этими состояниями. Если принять, что сумма вероятностей всех состояний равна единице, а также то, что переход из каждого состояния в другие состояния являются несовместными событиями, то такой граф может быть представлен в виде однородной марковской цепи с дискретными состояниями и дискретным временем [14; 15].

Для этого дополним ориентированный граф, отображающий когнитивные особенности проектов разработки ПО, связями задержки в каждом из 10 процессов (состояний) и получим марковскую цепь.

Указанная трансформация когнитивной карты в марковскую цепь позволяет перейти от качественных оценок хода проектов к количественным характеристикам. При этом количественные оценки представляют собой не только многовекторную картину состояния проектов, но и обладают свойством прогнозирования.

Матрица условных переходных вероятностей для этой марковской цепи (рис. 1) будет иметь вид:

| | | | | | | | | | |
|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|---------------|
| $\pi_{1,1}$ | $\pi_{1,2}$ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | $\pi_{1,10}$ |
| 0 | $\pi_{2,2}$ | $\pi_{1,3}$ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | $\pi_{1,9}$ | 0 |
| 0 | 0 | $\pi_{3,3}$ | $\pi_{3,4}$ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | $\pi_{4,4}$ | $\pi_{4,5}$ | $\pi_{4,6}$ | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | $\pi_{5,3}$ | 0 | $\pi_{5,5}$ | | 0 | 0 | 0 | 0 |
| $\pi_{6,1}$ | 0 | 0 | 0 | $\pi_{6,5}$ | $\pi_{6,6}$ | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | $\pi_{7,4}$ | 0 | 0 | $\pi_{7,7}$ | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | $\pi_{8,3}$ | 0 | 0 | $\pi_{8,6}$ | $\pi_{8,7}$ | $\pi_{8,8}$ | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | $\pi_{9,8}$ | $\pi_{9,9}$ | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | $\pi_{10,9}$ | $\pi_{10,10}$ |

Значения переходных вероятностей $\pi_{i,j}$ определим экспертным методом:

| | | | | | | | | | |
|------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 0,4 | 0,4 | | | | | | | | 0,2 |
| 0 | 0,5 | 0,3 | | | | | | | 0,2 |
| | 0 | 0,2 | 0,8 | | | | | | |
| | | | 0,40 | 0,40 | 0,20 | | | | |
| | | 0,60 | | 0,40 | 0,00 | 0,00 | | | |
| 0,10 | | 0,00 | | 0,20 | 0,70 | | | | |
| | | | 0,30 | | | 0,70 | 0,00 | 0,00 | |
| | | 0,10 | | | 0,15 | 0,30 | 0,45 | 0,00 | |
| | | | | | | | 0,20 | 0,80 | |
| | | | | | | | | 0,60 | 0,40 |

На основании матрицы переходных вероятностей, при условии, что начальное состояние системы известно, можно найти вероятности состояний $p_1(k), p_2(k), \dots, p_{10}(k)$ после любого k -го шага (рис. 2):

$$p_i(k) = \sum_{j=1}^n [p_j(k-1) \cdot \pi_{ji}]_{n=6}; \quad i = 1, 2, \dots, n.$$

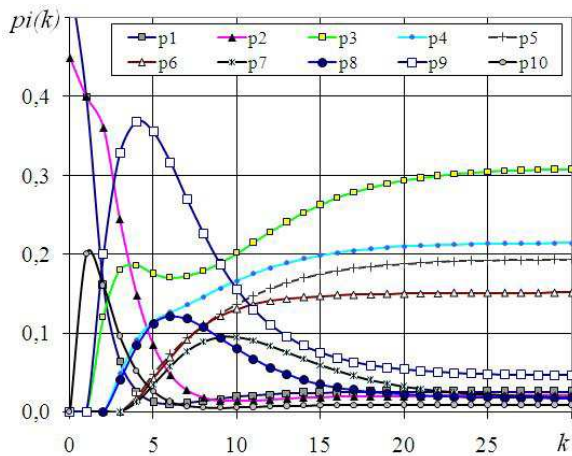


Рис. 2. Изменение вероятности состояний процессов для условий $\pi_{3,4} = 0,4$ и $\pi_{3,3} = 0,6$

Полученные в результате выполненных действий вероятности состояний позволяют прогнозировать и оценивать результативность выполнения проектов. На рис. 2 приведены результаты моделирования системы с помощью марковской цепи. Следует отметить, что по мере выполнения проекта степень ресурсоемкости отдельных процессов изменяется.

Для данного уровня компетентности и организованности команды проекта, соответствующих совокупности значений переходных вероятностей, определяемых экспертным методом, можно сделать следующие выводы. Наибольшая вероятность состояния для условий $\pi_{3,4} = 0,4$ и $\pi_{3,3} = 0,6$ после 10-го шага отвечает процессу 3 – «Конструирование ПО» (рис. 2) Далее наиболее ресурсоемкими являются процессы 4 и 5. «Управление качеством ПО» (кривая б) также можно отнести к наиболее важным процессам.

Для условий $\pi_{3,4} = 0,4$ и $\pi_{3,3} = 0,7$ после 10-го шага картина результативности проекта существенно изменяется - основными затратными по времени становятся процессы 4 «Тестирование» и 5 «Поддержка программного обеспечения». На третью и четвертую позицию по затратам времени перемещаются, соответственно, процессы 3 «Конструирование ПО» и 6 «Управление качеством ПО» (рис. 3).

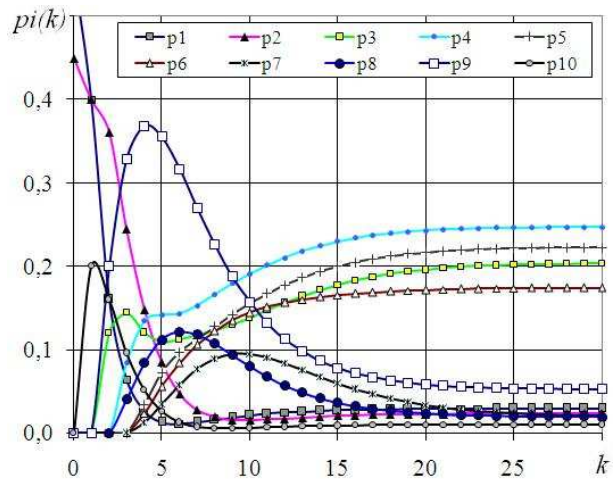


Рис. 3. Изменение вероятности состояний процессов для условий $\pi_{3,4} = 0,3$ и $\pi_{3,3} = 0,7$

Основной причиной большинства провалов программных проектов является именно применение неадекватных методов управления его разработкой. Классические методы управления перестают работать в случаях, когда структура и свойства управляемого объекта нам не известны и/или изменяются во времени [19]. Эти подходы также не помогут, если текущие свойства объекта не позволяют ему двигаться с требуемыми характеристиками. Если команда проекта не может

обеспечить требуемую эффективность и поэтому постоянно работает в режиме аврала, то это приводит не к росту производительности, а к уходу профессионалов из проекта [19].

Выводы

Применение когнитивных карт с последующим их отображением с помощью марковских цепей позволяет количественно представить ход проектных процессов, что является существенным условием успешности выполнения проектов. Область приложения предложенного метода трансформации когнитивных карт в марковские модели может быть существенно расширена за счет применения в учебном процессе для компетентностного обучения при подготовке профессионалов.

Список литературы

1. Бушуев С.Д. Напрями дисертаційних наукових досліджень зі спеціальності «Управління проектами та програмами» [Текст] / С.Д. Бушуев, В.Д. Гогунський, К.В. Кошкін // Управління розвитком складних систем, 2012. – № 12. – С. 5 – 7.
2. Вайсман В.А. Теория проектно-ориентированого управления: обоснование закона Бушуева С.Д. [Текст] / В.А. Вайсман, В.Д. Гогунський, С. В. Руденко // Наукові записки Міжнар. гуманіт. ун-ту. – Одеса: МГУ, 2009. – Вип. 16. – С. 9 – 13.
3. Белоцицкий А.А. Управление проблемами в методологии проектно-векторного управления образовательными средами [Текст] / А.А. Белоцицкий // Управління розвитком складних систем, 2012. – № 9. – С. 104 – 107.
4. Морозов В.В. Формування, управління та розвиток команди проекту (поведінкові компетенції) [Текст]: навч. посібн / В.В. Морозов, А.М. Чередніченко, Т.І. Шнільова; за ред. В.В. Морозова; Ун-т економіки та права «КРОК». – К.: Таксон, 2009. – 464 с.
5. Максимов В.И. Когнитивные технологии для поддержки принятия управленческих решений [Электронный ресурс] / В.И. Максимов, Е.К. Корноушенко, С.В. Качаев. – Институт проблем управления РАН. – <http://emag.iis.ru/arc/infosoc/emag.nsf/BPA092aa276c601a997c32568c0003ab839>.
6. Толмен, Э. Когнитивные карты у крыс и у человека [Электронный ресурс]. – Хрестоматия по истории психологии. Под ред. Гальперина П.Я., Ждан А.Н. – М.: Изд-во МГУ, 1980. – С. 63 - 69. – <http://www.psychology.ru/library/00060.shtml>
7. Кошкин К.В. Когнитивные модели управления жилищно-коммунальным хозяйством как активной системой [Текст] / К.В. Кошкин, С.А. Макеев, Г.В. Фоменко // Управління розвитком складних систем. – К.: КНУБА, 2011. – № 5. – С. 17 – 19.
8. Фарионова Т. А. Когнитивное моделирование в проектировании композиционных материалов и покрытий [Текст] / Т.А. Фарионова, Ю.А. Казимиренко // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 1/6 (49). – Харьков: Технол.центр, 2011. – С. 36 – 38.
9. Бушуев С.Д. National Competence Baseline, NCB UA Version 3.1 / С.Д. Бушуев, Н.С. Бушуева. – К.: ІПІДІУМ, 2010. – 208 с.
10. Колесникова Е.В. Разработка марковской модели состояний проектно управляемой организации [Текст] / Е.В. Колесникова, В.А. Вайсман, С.А. Величко // Суч. технології в машинобуд.: зб. наук. праць. – НТУ «ХПИ», 2012. – Вип. 7. – С. 217 – 223.
11. Рач В.А. Контекстно-личностное оценивание компетентности проектных менеджеров с использованием теории нечетких множеств [Текст] / В.А. Рач, О.В. Бирюков // Управління проектами та розвиток виробництва: зб. наук. пр. – Луганськ: СНУ ім. В. Даля, 2009. – № 1 (29). – С. 151 – 169.
12. Адлер Ю.П. Сравнение результатов построения обобщенного параметра оптимизации процесса с помощью функций Харрингтона и Тагути [Электронный ресурс] / Ю.П. Адлер, Г.В. Стасова // 17-й Ежегодный международный семинар «Непрерывное совершенствование деятельности организаций». – М.: МИСИС, 2012. – 12 с. – <http://www.mc.misis.ru/seminar/2012/reports/stasovaadler2012.pdf>.
13. Дружинин Е.А. Реализация стратегии диверсификации на основе управления компетенциями предприятия и его сотрудников [Текст] / Е.А. Дружинин, М.В. Кравченко, Б.В. Гайдабурас // Вост.-Европ. журнал передовых технологий. – Харьков: Технол. центр, 2012. – № 1/11 (56). – С. 4 – 6.
14. Розробка марківської моделі зміни станів пацієнтів в проектах надання медичних послуг [Текст] // С.В. Руденко, М.В. Романенко, О.Г. Катуніна Е.В. Колеснікова // Управління розвитком складних систем. – К.: КНУБА, 2012. – №12. – С. 86 – 89.
15. Оборская А.Г. Модель эффектов коммуникаций для управления рекламными проектами [Текст] / А.Г. Оборская, В.Д. Гогунский. // Тр. Одес. политехн. ун-та. – Одесса: ОНПУ, 2005. – С. 31 – 34.
16. Яковенко В.Д. Прогнозування стану системи керування якістю навчального закладу / В.Д. Яковенко, В.Д. Гогунський // Системні дослідження та інформаційні технології, 2009. – № 2. – С. 50 – 57.
17. Колесникова Е.В. Моделирование стратегического управления международной деятельностью университета [Текст] / Е.В. Колесникова, С.М. Гловацкая, С.В. Руденко // Проблемы техники, 2013. – № 1. – С. 95 – 101.
18. Власенко О.В. Марковські моделі комунікаційних процесів в міжнародних проектах [Текст] / О.В. Власенко, В.В. Лебідь, В.Д. Гогунський // Управління розвитком складних систем, 2012. – № 12. – С. 35 – 39.
19. Колесникова Е.В. Управление знаниями в IT-проектах [Текст] / Е.В. Колесникова, А.А. Негри // Вост.-Европ. журнал передовых технологий, 2013. – 1/10 (61). – С. 213 – 215.
20. IEEE Std 1074-1995, IEEE Standard for Developing Software Life Cycle Processes.

Статья поступила в редколлегию 08.07.2013

Рецензент: д-р техн. наук, проф. В.Д. Гогунский, Одесский национальный политехнический университет, Одесса.