

УДК 004.94: 330.45
DOI: 10.12737/17151

А.Л. Машкова

СТРУКТУРА И МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОГРАММНОГО МОДУЛЯ «ЭКОНОМИКА И ОБРАЗОВАНИЕ» АГЕНТНОЙ МОДЕЛИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ЭКОНОМИКИ

Рассмотрены вопросы разработки математического и информационного обеспечения прогнозирования экономических процессов и образовательных программ в агентной модели экспериментальной экономики. Для решения перечисленных задач в агентной модели предусмотрено создание

специального программного модуля «Экономика и образование».

Ключевые слова: экспериментальная экономика, агентная модель, операции над матрицами, программный модуль, информационное обеспечение, математическое обеспечение.

A.L. Mashkova

STRUCTURE AND MATHEMATICAL SUPPORT OF PROGRAM MODULE «ECONOMICS AND EDUCATION» OF EXPERIMENTAL ECONOMICS AGENT MODEL

The development problems of mathematical and information support for forecasting economic processes and curricula in an agent model of experimental economics are considered. To solve the problems listed in the agent model there is provided a creation of a special program module "Economics and Education". The module development was carried out through the methods of a structural analysis and designing allowing the communication installation of document files and computing units of the module. To form a forecast of economics requirements in personnel with higher vocational education there was used information of the structure of the employed for a reference year (in the context of aggregative groups of specialties), a forecast of development dynamics in separate kinds of econom-

ic activity, the expected indices of birth and death rate. Input, output and inner information files of a software module are shown as one-dimensional and two-dimensional matrices. At the output of the software module there was obtained a plan of applicant enrollment in aggregative groups of specialties beginning from a reference year. In conclusion the analysis of the applicability limits of the offered simulator and application possibilities for a scenario analysis of economic dynamics for the adequacy increase of economics development forecast is carried out.

Key words: experimental economics, agent model, matrix operation, software module, information assurance, mathematical assurance.

Наиболее современным инструментом, позволяющим отразить протекание сложных процессов с точки зрения их участников, является агент-ориентированное моделирование. Разработка комплексной модели экспериментальной экономики, основанной на данном подходе, позволит получать оценку управляющих воздействий – реформ и программ развития – как результат реакции на них отдельных людей, выражающейся в принятии ими экономических, социальных и политических решений. В такой модели поведение человека воспроизводится интеллектуальным агентом, имеющим связи с внешним миром, собственную меру осведомленности о происходящих в нем процессах, субъективные оценки своего положения и процедуры принятия реше-

ний, учитывающие его ограниченную рациональность [6].

В процессе работы коллектива под руководством автора уже были разработаны программные модули «Демография» [5] и «Миграция» [7]. Настоящая работа посвящена вопросам воспроизведения динамики экономических процессов в агентной модели экспериментальной экономики во взаимосвязи с рынком труда и системой подготовки кадров с высоким уровнем квалификации (высшее образование).

Для отражения структуры и алгоритмов программного модуля были выбраны методы структурного анализа и проектирования. Для представления входных и выходных данных была выбрана матричная модель [1], поскольку двухмерные матрицы легко могут быть преобразованы

в таблицы базы данных агентной модели экспериментальной экономики. Информационные массивы базы данных имеют логическую связь с блоками модели структурного анализа. Для каждого блока модели разработан самостоятельный информационный массив.

На вход модуля поступает следующая информация (рисунок):

- сведения о структуре кадров с высшим профессиональным образованием (ВПО), занятых в экономике РФ, на базовый год;
- сведения о приоритетных направлениях развития экономики РФ на N лет;
- сведения о демографической ситуации в РФ на базовый год;
- прогнозы изменения демографической ситуации в РФ на N лет.

Выходом является спрогнозированная согласно планируемым инвестициям по приоритетным направлениям и ожидаемому развитию демографической ситуации в РФ структура занятых кадров с ВПО на N лет и необходимая для обеспечения потребностей развивающейся экономики структура набора студентов в вузы.

В модуле выделены три основных блока (рисунок):

1. Прогноз развития экономики РФ на N лет.

На входе данный блок получает сведения о текущей структуре кадров с ВПО,

занятых в экономике РФ, и о приоритетных направлениях развития экономики РФ на N лет. Выходом блока является прогноз структуры занятых в экономике РФ кадров с ВПО на N лет и прогноз численности кадров с ВПО, требуемых для обеспечения функционирования и развития экономики.

2. Прогноз численности занятых в экономике РФ кадров с ВПО с учетом демографической ситуации в РФ на N лет.

На вход блока поступают сведения о демографической структуре занятых, безработных и работающих не по специальности кадров с ВПО, студентов, поступивших в вузы до базового года, а также демографический прогноз выбытия кадров с ВПО из производственного процесса. Выходом блока является прогноз на N лет численности кадров с ВПО, поступивших в вузы до базового года.

3. Прогноз потребности экономики РФ в подготовке новых кадров с ВПО.

На входе блок получает прогноз потребности экономики в кадрах с ВПО, уже обученных и начавших обучение, а также сведения о демографической ситуации в РФ и прогноз рождаемости, определяющие ограничения на количество абитуриентов. На выходе блока формируется необходимая для обеспечения функционирования и развития экономики РФ структура набора студентов в вузы на N лет.

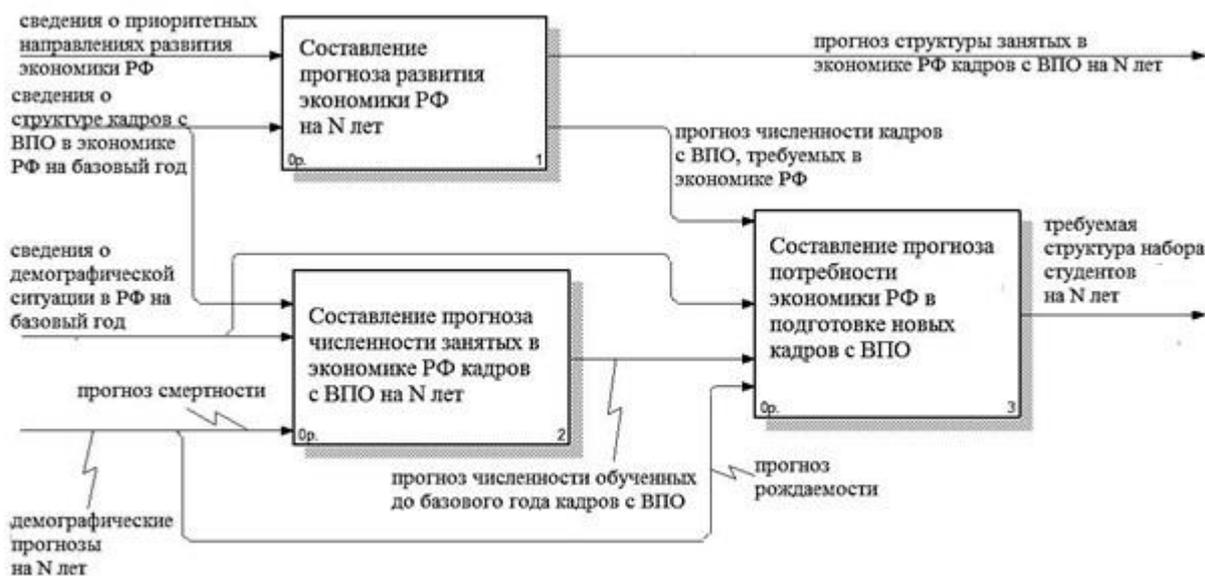


Рис. Структурная модель модуля «Экономика и образование»

Примем следующую индексацию параметров:

i – номер специальности по укрупненным группам специальностей (УГС), $i = \overline{1, M}$;

j – номер вида экономической деятельности (ВЭД), $j = \overline{1, V}$;

t – номер временного интервала (год), $t = \overline{1, N}$.

Составляющими фрагмента базы данных для блока «Составление прогноза развития экономики РФ на N лет» являются следующие информационные массивы [4]:

- $E1[i, j]$ – матрица структуры занятых, показывающая количество специалистов (в тысячах человек), отнесенных к УГС, занятых в каждом виде экономической деятельности (ВЭД), на базовый год, $i = \overline{1, M}$, $j = \overline{1, V}$;

- $E2[j, t]$ – матрица коэффициентов развития видов экономической деятельности по годам на N лет, $j = \overline{1, V}$, $t = \overline{1, N}$;

- $E3[i, t]$ – матрица коэффициентов увеличения производительности труда для каждой УГС по годам на N лет, $i = \overline{1, M}$, $t = \overline{1, N}$;

- $E4[i, t]$ – прогноз численности кадров с ВПО, требуемых в экономике РФ, по годам на N лет, $i = \overline{1, M}$, $t = \overline{1, N}$;

- $E5[i, t]$ – прогноз численности занятых кадров с ВПО, с учетом увеличения производительности труда, по годам на N лет, $i = \overline{1, M}$, $t = \overline{1, N}$;

- $E6[i, t]$ – прогноз структуры занятых в экономике РФ кадров с ВПО по ВЭД на N лет, $i = \overline{1, M}$, $t = \overline{1, N}$.

Детализация блока «Прогноз развития экономики РФ на N лет» включает блоки, соответствующие решению следующих задач:

1. Определение структуры занятых в экономике РФ кадров с ВПО по УГС и ВЭД на базовый год. Основу решения данной задачи составляют сведения о текущей структуре кадров с ВПО, занятых в экономике РФ, поступающие на вход модели.

Результатом решения задачи является матрица структуры занятых ($E1[i, j]$).

2. Составление прогноза инвестирования приоритетных видов экономической деятельности по годам на N лет. Для решения задачи используются сведения о приоритетных направлениях развития экономики РФ. Предполагается, что развитие по каждому ВЭД прямо пропорционально объему инвестиций. Результатом выполнения блока будет матрица коэффициентов развития ВЭД, для удобства дальнейших вычислений представленная в следующем виде:

$$E2[j, t] = 1 + R/100,$$

где $E2[j, t]$ – матрица коэффициентов развития ВЭД, $j = \overline{1, V}$, $t = \overline{1, N}$; R – ожидаемый рост каждого ВЭД в процентах.

3. Составление прогноза увеличения производительности труда по УГС по годам на N лет. Для решения задачи используются сведения о направлениях развития технологий, обеспечивающих рост производительности труда по УГС. Результатом выполнения блока будет матрица коэффициентов увеличения производительности труда, для удобства дальнейших вычислений представленная в следующем виде:

$$E3[i, t] = 1 + R1/100,$$

где $E3[i, t]$ – матрица коэффициентов увеличения производительности труда, $i = \overline{1, M}$, $t = \overline{1, N}$; $R1$ – ожидаемый рост производительности труда в процентах.

4. Составление прогноза по годам численности кадров с ВПО по УГС, требуемых для функционирования и развития экономики РФ до n -го года. Для решения задачи необходимы уже построенные матрицы $E1$, $E2$, $E3$. Задача решается в два этапа. На первом этапе строится прогноз численности кадров с ВПО, требуемых в экономике РФ, показывающий количество требуемых специалистов по УГС при развитии ВЭД:

$$E4[i, t] = E1[i, j]E2[j, t], \quad i = \overline{1, M}, \\ j = \overline{1, V}, \quad t = \overline{1, N}.$$

На втором этапе строится прогноз численности занятых кадров с ВПО с учетом увеличения производительности труда:

$$E5[i, t] = \frac{E4[i, t]}{\prod_{k=1}^t E3[k]}, \quad i = \overline{1, M}, \quad t = \overline{1, N},$$

где $E5[i, t]$ – прогноз численности занятых кадров с ВПО с учетом увеличения производительности труда, $i = \overline{1, M}$, $t = \overline{1, N}$; k – текущий год, позволяющий вычислить достигнутый за предшествующий период уровень роста производительности труда.

Выходом блока является прогноз численности занятых кадров с ВПО с учетом увеличения производительности труда.

5. Составление прогноза структуры занятых в экономике РФ кадров с ВПО по ВЭД и УГС до $(C+N)$ -го года, где C – год начала моделирования (базовый год). Для решения задачи необходимы уже построенные матрицы $E1$, $E2$, $E3$. Расчет элементов результирующей матрицы выполняется следующим образом:

$$E6[i, t] = \frac{E1[i, j] \times \prod_{k=1}^t E2[j, k]}{\prod_{k=1}^t E3[i, k]}, \quad i = \overline{1, M},$$

$$j = \overline{1, V}, \quad t = \overline{1, N},$$

где $E6[i, t]$ – прогноз структуры занятых в экономике РФ кадров с ВПО, $i = \overline{1, M}$, $t = \overline{1, N}$; k – текущий год; N – период прогноза в годах.

Выходом блока является прогноз структуры занятых кадров с ВПО по ВЭД.

Составляющими фрагмента базы данных для блока «Прогноз численности занятых в экономике РФ кадров с ВПО с учетом демографической ситуации в РФ на N лет» являются следующие информационные массивы:

- $D1[i, l]$ – матрица распределения занятых кадров с ВПО по возрастным группам (20-25 лет, 25-30 лет и т. д. до 60 лет, всего 8 групп) на базовый год, $i = \overline{1, M}$, $l = \overline{1, 8}$;

- $D2[i, l]$ – матрица распределения кадров с ВПО, безработных или работающих не по специальности (в тысячах человек), по УГС и возрастным группам на базовый год, $i = \overline{1, M}$, $l = \overline{1, 8}$;

- $D3[i, z]$ – матрица распределения студентов по УГС и курсам обучения (от первого до шестого) на базовый год, $i = \overline{1, M}$, $z = \overline{1, 6}$;

- $D4[i, t]$ – прогноз до n -го года количества занятых из числа получивших ВПО и поступивших в вузы до базового года с учетом завершения обучения студентов, выхода на пенсию специалистов старше 60 лет и выбытия специалистов с ВПО из производственного процесса по иным причинам, $i = \overline{1, M}$, $t = \overline{1, n}$.

Детализация блока «Прогноз численности занятых в экономике РФ кадров с ВПО с учетом демографической ситуации в РФ до $(C+N)$ -го года» включает блоки, соответствующие решению следующих задач [4]:

1. Составление матрицы распределения занятых в экономике РФ специалистов с ВПО по возрастным группам. Основу решения данной задачи составляют сведения о текущей структуре кадров с ВПО, занятых в экономике РФ, поступающие на вход модели. Результатом решения задачи является матрица распределения занятых кадров с ВПО по возрастным группам ($D1[i, l]$, $i = \overline{1, M}$, $l = \overline{1, 8}$).

2. Составление матрицы распределения безработных/ работающих не по специальности специалистов с ВПО по возрастным группам. Для решения задачи используются сведения о текущей структуре кадров с ВПО, занятых в экономике РФ. Результатом выполнения блока будет матрица распределения безработных/ работающих не по специальности специалистов с ВПО по возрастным группам ($D2[i, l]$, $i = \overline{1, M}$, $l = \overline{1, 8}$).

3. Составление матрицы распределения студентов вузов по возрастным группам. Для решения задачи используются сведения о демографической ситуации в РФ на базовый год. Результатом выполнения блока является матрица распределения студентов вузов по возрастным группам ($D3[i, z]$, $i = \overline{1, M}$, $z = \overline{1, 6}$).

4. Составление прогноза на N лет численности занятых кадров, получивших ВПО и поступивших в вузы до базового

года, с учетом выхода на пенсию и выбытия из производственного процесса по иным причинам.

Для решения задачи необходимы уже построенные матрицы $D1$, $D2$, $D3$, а также прогноз смертности, выраженный в виде коэффициента выбытия специалистов с ВПО из производственного процесса. Задача сводится к динамическому расчету количества имеющихся в РФ специалистов с ВПО в каждом году до окончания периода прогнозирования ($(C+N)$ -го года) исходя из предположения, что студенты могут начать работать по специальности с четвертого курса (с 20 лет), а специалисты заканчивают работу в 60 лет. Результатом выполнения блока будет прогноз до n -го года количества занятых из числа получивших ВПО и поступивших в вузы до базового года ($D4$). Расчет элементов матрицы выполняется следующим образом:

$$D4[i, t] = \sum_{l=1}^{k1} D1[i, l] + D2[i, l] + \sum_{z=1}^{k2} D3[i, z] \cdot k3, \\ i = \overline{1, M}, \quad t = \overline{1, n},$$

где z – курс обучения студента (по данным на t -й год); $k1$ – максимальное целое положительное число, удовлетворяющее неравенству $(20+5k)+(t-n_0)<60$; $k2$ – индекс поступления специалистов с ВПО в экономику за счет выпускников вузов; $k3$ – коэффициент выбытия специалистов с ВПО из производственного процесса.

Составляющими фрагмента базы данных для блока «Прогноз потребности экономики РФ в подготовке новых кадров с ВПО» являются следующие информационные массивы:

- $P1[i, t]$ – прогноз недостающего количества кадров с ВПО, распределенных по УГС, по годам до $(C+N)$ -го года;

- $P2[t]$ – прогноз количества абитуриентов, одномерный массив, показывающий ожидаемое количество абитуриентов по годам до $(C+N)$ -го года;

- $P3[i, t]$ – двухмерный массив, показывающий количество абитуриентов (в тысячах человек), распределенных по УГС, которое должно быть набрано в вузы в каждом году с базового по $(C+N)$ -й год.

Детализация блока «Прогноз потребности экономики РФ в подготовке новых

кадров с ВПО» включает блоки, соответствующие решению следующих задач [4]:

1. Расчет недостающего в экономике РФ количества кадров с ВПО по УГС по годам до $(C+N)$ -го года. Для решения задачи необходимы уже построенные матрицы $E5$ и $D4$. Задача сводится к динамическому расчету разницы между требуемым в экономике и имеющимся количеством специалистов с ВПО в каждом году до окончания периода прогнозирования ($(C+N)$ -й год). Вычисление избытка специалистов не входит в цель исследования, поэтому учитывается лишь положительная разница, отражающая нехватку специалистов. Результатом выполнения блока будет прогноз недостающего количества кадров с ВПО ($P1$). Расчет элементов матрицы выполняется следующим образом:

$$P1[i, t] = \begin{cases} E5[i, t] - D4[i, t], & E5[i, t] > D4[i, t], \\ 0, & E5[i, t] \leq D4[i, t], \end{cases} \\ i = \overline{1, M}, \quad t = \overline{1, n},$$

где $P1[i, t]$ – прогноз недостающего количества кадров с ВПО.

2. Построение матрицы прогноза количества абитуриентов по годам до $(C+N)$ -го года. Для решения задачи используются сведения о демографической ситуации в РФ на базовый год и прогноз рождаемости. Результатом выполнения блока будет матрица прогноза количества абитуриентов по годам до $(C+N)$ -го года ($P2$).

3. Составление прогноза набора в вузы по УГС по годам до $(C+N)$ -го года. Для решения задачи необходимы уже построенные матрицы $P1$ и $P2$. Задача сводится к динамическому расчету количества абитуриентов, которые должны поступить в вузы в каждом году до окончания периода прогнозирования (до n -го года), исходя из предположения, что обучение занимает 4-6 лет и к моменту окончания вуза выпускник сможет найти работу по специальности. Результатом выполнения блока будет прогноз набора в вузы по УГС по годам до $(C+N)$ -го года ($P3$). Расчет элементов матрицы выполняется следующим образом:

$$P3[i, t] = P1[i, t + 5], \quad i = \overline{1, M}, \quad t = \overline{1, n}, \\ \text{при условии}$$

$$\sum_{i=1}^n P3[i, t] \leq P2[t], \quad i = \overline{1, M}, \quad t = \overline{1, n},$$

где $P3[i, t]$ – прогноз набора в вузы по УГС по годам до $(C+N)$ -го года; $P1[i, t]$ – прогноз недостающего количества кадров с ВПО; $P2[t]$ – матрица прогноза количества абитуриентов по годам до $(C+N)$ -го года.

Последнее неравенство проверяет, не превосходит ли рассчитанное количество поступающих по УГС общее количество абитуриентов, имеющееся в РФ в текущем году. Если неравенство не выполняется, то требуется проведение специальных расчетов для увеличения набора студентов по некоторым УГС в год, предшествующий или следующий за текущим.

Основным вопросом, определяющим границы применимости предложенной модели расчета, является прогнозирование роста или стагнации экономики. Ответом на него может быть известный прием в исследовании процессов принятия решений в условиях неопределенности – проведение сценарных расчетов [2]. В рамках сценария закладываются ожидаемые параметры в некоторых условиях, таких как стабильное

развитие (консервативный сценарий), внедрение инноваций, технологический прорыв (оптимистический сценарий), финансовый кризис (пессимистический сценарий). В вычислительной модели параметры сценариев отображаются в оценках ожидаемого роста по видам экономической деятельности (матрица E2).

Еще одним аспектом является пространственное разделение высших учебных заведений и мест, где требуются квалифицированные специалисты [3], ввиду чего вопросы получения образования и трудоустройства оказываются тесно связанными с миграционными процессами [7].

С учетом перечисленных ограничений и допущений предложенный в данной работе программный модуль «Экономика и образование» может служить эффективным инструментом планирования требуемых образовательных мест в агентной модели экспериментальной экономики, позволяющим принять во внимание ожидаемую динамику экономики в разрезе видов экономической деятельности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Башмаков, И.А. О реализации и анализе результатов макроэкономических прогнозов (метод семи матриц) /И.А. Башмаков // Система обработки макроэкономической информации. - М.:Наука, 1987.
2. Гурман, В. И. Программный комплекс для сценарного анализа инновационных стратегий развития региона /В.И. Гурман, Е.А. Трушкова, О.В. Фесько // Программные системы: теория и приложения. – 2012. – № 5(14). - С.7–22.
3. Концепция модернизации российского образования на период до 2010 года, одобренная распоряжением Правительства Российской Федерации от 29 декабря 2001 г. № 1756-р. – URL: www.president.kremlin.ru (дата обращения: 22.10.2014).
4. Машкова, А.Л. Вычислительное моделирование потребности экономики России в кадрах высокой квалификации / А.Л. Машкова //Актуальные вопросы экономических наук: сб. материалов XLI Междунар. науч.-практ. конф: в 2 ч. / под общ. ред. С.С. Чернова. – Новосибирск: Изд-во ЦРНС, 2014. – Ч.1. – С. 142-153.
5. Машкова, А.Л. Оценка адекватности моделирования демографических процессов в вычислительной модели экспериментальной экономики на основе сравнения с ретроспективными данными / А.Л. Машкова, С.В. Сарапкина// Международная научно-практическая интернет-конференция «Информационные системы и технологии - 2015». – URL: <http://youconf.ru/isit2015/materials/manager/view/421> (дата обращения: 19.05.2015).
6. Рабин, М. Интеграция ограниченной рациональности в экономическую науку /М. Рабин // Вопросы экономики. – 2014. – № 5. – С. 45-65.
7. Машкова, А.Л. Математическая модель принятия решений агентами в имитационной модели миграционных потоков / А.Л. Машкова // Информационные системы и технологии. – 2011. – №6. – С. 66-72.
1. Bashmakov, I.A., On realization and analysis of macro-economic forecast results (seven matrices method) /I.A. Bashmakov // *System for Macroeconomic Information Processing*. – M.: Science, 1987.
2. Gurman, V.I., Bundled software for scenario analysis of innovation strategies of region development/V.I. Gurman, E.A. Trushkova, O.V. Fesko//*Software Systems: Theory and Applications*. – 2012.-No 5(14). –pp. 7-22.

3. *Concept for Russian Education Modernization till 2010*, approved by the order of the Russian Government on December 29, 2001 No 1756-p. – URL: www.president.kremlin.ru (address date: 22.10.2014).
4. Mashkova, A.L., Computer aided design of Russian economics requirements in personnel of high professional skill/A.L. Mashkova // *Urgent Questions of Economic Sciences: Proceedings of the XLI Int. Scient.-Pract. Conf.*: in 2 Parts / under general Editorship of S.S. Chernov.- Novosibirsk: Publishing House CRNC, 2014. – Part 1.- pp. 142-153.
5. Mashkova, A.L., Adequacy assessment of demographic process modeling in computer model of experimental economics on basis of comparison with retrospective data / A.L. Mashkova, S.V. Sarapkina// *Int. Scient.-Pract. Internet-Conf. "Information Systems and Technologies - 2015"*.- URL: <http://youconf.ru/isit2015/materials/manager/view/421> (Address date: 19.05.2015).
6. Rabin, M., Integration of limited rationality into economic science / M. Rabin // *Problems in Economics*. – 2014. – No 5. – pp. 45-65.
7. Mashkova, A.L., Simulator of decision-making by agents in imitation model of migration flows / A.L. Mashkova // *Information Systems and Technologies*.- 2011. – No 6.- pp. 66-72.

Материал поступил в редколлегию 2.11.15.

*Рецензент: д.т.н., профессор
Приокского государственного университета
О.А.Савина*

Сведения об авторах:

Машкова Александра Леонидовна, к.т.н., доцент кафедры «Информационные системы» Приокского государственного университета, e-mail: aleks.savina@gmail.com.

Mashkova Alexandrovna Leonidovna, an. Eng., Assistant Prof. of the Dep. «Information Systems» Prioksky State University, e-mail: aleks.savina@gmail.com.