

УДК 65.014.1

**О.В. Граецкая, Е.В. Корохова, А.С. Сомов, А.В. Петракова****МОДЕЛИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ АДАПТАЦИИ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ К УПРАВЛЕНИЮ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНЫМ ПРОЕКТОМ**

*В работе получена модель, описывающая процедуру проектирования профессиональных компетенций специалиста, включающая: характеристики профессиональных компетенций и оборудования, размер инвестиционного фонда, время формирования компетенций, возможный выпуск по направлениям подготовки, реальный выпуск, себестоимость и цену, прибыль. Рассмотрена процедура построения модели и алгоритма формирования профессиональных компетенций по индикаторам высокотехнологичного проекта.*

*Индикаторами в рамках рассматриваемого проекта приняты: управление внутренними проектами, управление качеством, согласование работы системных аналитиков, программистов, моделирование и оптимизация бизнес-процессов, управление ресурсами, расписанием, содержанием проекта, рисками и т.д.*

*Решение приведенной задачи в рамках синтеза профессиональных компетенций для эффективного управления высокотехнологичным проектом проведено с применением кластерного анализа адаптации имеющейся образовательной среды по направлению подготовки «Системный анализ и управление».*

*Компетенция, адаптация, управление; модель алгоритм; высокотехнологичный проект; кластер; анализ; образовательная среда.*

**O.V. Graetskaya, E.V. Korokhova, A.S. Somov, A.V. Petrakova****MODELS OF DECISION-MAKING OF ADAPTING OF PROFESSIONAL COMPETENCES TO HANDLE OF THE HIGH-TECH PROJECT**

*The model of designing the professional competence, including the characteristics of professional competence and instruments, size of investment funds, time of forming the competence, possible number of graduate student and real number of graduate student, prime cost and price, profit was proposed. The procedure of forming the model and the algorithm of professional competence based on high-tech project indicators was considered.*

*The indicators in this project was inner process management, quality management, work coordination of systems analysts and programmer, simulation and optimization of business process, resource management, risk management, schedule management, project management.*

*The problem on synthesis of professional competence for effective high-tech project management was solved using cluster analysis of adapting the educational milieu on the training course "Systems analysis and management".*

*Professional competence; educational milieu; high-tech project management.*

Выберем образовательную программу из широкой номенклатуры возможных, определенных на основе научно-технического и образовательного форсайта по перспективным направлениям развития науки, техники [1] и построим модель для ее реализации в образовательной среде системного анализа и управления. Будем считать, что технология образования задается совокупностью удельных показателей, характеризующих эффективность использования в данном процессе различных видов интеллектуальных, материальных, трудовых и капитальных ресурсов.

Пусть для проектирования используются  $m$  ресурсов, величины которых не ограничены. Нормы расхода  $a_j$  ( $j=1, \dots, m$ ) на единицу работ и цены  $PR_j$  ресурсов считаем заданными.

Пусть для выполнения проекта, на выпуск которого ориентирована система, необходимо выполнить  $n$  операций соответственно на  $n$  типах ресурсов (профессиональных компетенций), каждый из которых характеризуется определенным набором параметров (умений, навыков)  $h_i$  ( $i=1, \dots, n$ ).

Время  $T_i$ , затрачиваемое на выполнение работы  $i$ -м ресурсом, определим по формуле [2]:  $T_t = B_t \cdot h_t$ ,

где  $T_t = \begin{bmatrix} T_1(t) \\ \dots \\ T_n(t) \end{bmatrix}$ ,  $T_i(t)$  – время выполнения работы  $i$ -м ресурсом на шаге  $t$ ;

$h_t = \begin{bmatrix} h_1(t) \\ \dots \\ h_n(t) \end{bmatrix}$ ,  $h_i(t)$  – характеристика  $i$ -го ресурса на шаге  $t$ ;

$B_t = \begin{bmatrix} b_1(t) & \dots & 0 \\ 0 & b_i(t) & 0 \\ 0 & \dots & b_n(t) \end{bmatrix}$ ,  $b_i(t)$  – определяет зависимость времени выполнения

работы  $i$ -м ресурсом от его характеристик на шаге  $t$ .

Поскольку в данном случае объем работ ограничен только применяемым ресурсом, будем рассчитывать его величину по формуле

$xv_i(t) = \frac{|t|}{T_i(t)}$ , где  $|t|$  – длительность периода  $t$ ;

$xv_t = \begin{bmatrix} xv_1(t) \\ \dots \\ xv_n(t) \end{bmatrix}$ ,  $xv_i(t)$  – потенциально возможный перечень работ с использо-

ванием  $i$ -го ресурса на шаге  $t$ . Себестоимость  $C_t$  работы на шаге  $t$  рассчитывается классическим способом:

$C_t = A_t^T(h) \cdot PR_t + \frac{ПЗ_t}{x_t}$ , где  $x_t$  – объем работ на шаге  $t$ ;

$A_t(h) = \begin{bmatrix} a_1(t) \\ \dots \\ a_m(t) \end{bmatrix}$ ,  $a_j(t)$  – количество  $j$ -го ресурса на шаге  $t$ ;

$PR_t = \begin{bmatrix} PR_1(t) \\ \dots \\ PR_m(t) \end{bmatrix}$ ,  $PR_j(t)$  – цена единицы  $j$ -го ресурса на шаге  $t$ ;

$ПЗ_t$  – величина постоянных затрат на выполнение работы на шаге  $t$ .

Цену на формирование ресурса определим следующим образом:  $PP_t = (1 + \delta) \cdot C_t$ , соответственно прибыль на шаге  $t$  определится выражением

$П_t = (PP_t - C_t) \cdot x_t = \delta \cdot C_t \cdot x_t$ , где  $\delta$  – норма прибыли (рентабельность);

$PP_t$  – цена работы на шаге  $t$ .

Поскольку ресурсы, используемые для выполнения проекта, могут меняться, соответственно будут изменяться его характеристики, поэтому необходимо построить вспомогательную модель формирования новых профессиональных компетенций технического персонала проектировщиков.

Пусть в рассматриваемой системе возможны  $r$  множеств профессиональных компетенций специалистов (ресурсов). Для каждого варианта известна их стоимость (на начальный момент времени)  $K_i^s$  и набор характеристик  $hv_i^s$  ( $i=1, \dots, n$ ;  $s=1, \dots, r$ ). Таким образом, заданы следующие матрицы:

$$K = \begin{bmatrix} K_1^1 & \dots & K_1^r \\ \dots & \dots & \dots \\ K_n^1 & \dots & K_n^r \end{bmatrix}, K_i^s - \text{стоимость } s\text{-го варианта } i\text{-го типа компетенций, во}$$

взаимно однозначное соответствие которой поставлена матрица  $HV$ :

$$HV = \begin{bmatrix} hv_1^1 & \dots & hv_1^r \\ \dots & \dots & \dots \\ hv_n^1 & \dots & hv_n^r \end{bmatrix}, hv_i^s - \text{характеристики } s\text{-го варианта } i\text{-го типа}$$

компетенций.

Зададим матрицу  $\alpha_t$ , определяющую, какого типа компетенции необходимо сформировать на шаге  $t$ :

$$\alpha_t = \begin{bmatrix} \alpha_{11}(t) & \dots & \alpha_{1n}(t) \\ \dots & \dots & \dots \\ \alpha_{n1}(t) & \dots & \alpha_{nn}(t) \end{bmatrix}, \alpha_{ii}(t)=1, \text{ если на } t\text{-м шаге } i\text{-ю компетенцию необ-}$$

ходимо заменить, остальные элементы матрицы равны 0.

Обобщая вышесказанное, определим алгоритм формирования ресурса управления проектом: умножить матрицу  $\alpha_t$  на матрицы  $K$  и  $HV$ , в результате чего в них ненулевыми останутся строки, соответствующие типам заменяемых компетенций и содержащие стоимости и характеристики всех вариантов их замены соответственно; лицо, принимающее решение, обнуляет все элементы ненулевых строк, кроме единственного, оптимального с точки зрения сочетания стоимости и характеристик. В результате чего получаются матрицы  $K'$  и  $HV'$ , в каждой строке которых не более 1 ненулевого элемента, расположенных на одинаковых местах и соответствующие характеристикам новых компетенций; определяем вектор характеристик новых профессиональных компетенций и применяемого ресурса для их формирования  $h_i^{TR}(K)$ , элементы которого получены в результате построчного суммирования элементов матрицы  $HV'$ :

$$h_i^{TR}(t) = \sum_{s=1}^r hv_i^s$$

Изменение характеристик профессиональных компетенций и применяемого для их формирования ресурса во времени можно описать следующим выражением:  $h_{t+1} = (1 - \alpha 1_t) \cdot h_t + h_t^{TR}(K)$ , где  $h_t^{TR}(K)$  – вектор, полученный по описанному выше алгоритму;  $\alpha 1_t = [\alpha 1_1 \dots \alpha 1_n]$ ,  $\alpha 1_i = \alpha_{ii}$  – вектор, состоящий из элементов главной диагонали матрицы  $\alpha_t$  и определяющий номер типа профессиональных компетенций и ресурса, подлежащего применению на шаге  $t$ .

Таким образом, получили модель, описывающую процедуру проектирования профессиональных компетенций специалиста:

$h_{t+1} = (1 - \alpha 1_t) \cdot h_t + h_t^{TR}(K)$  – характеристики профессиональных компетенций и применяемого ресурса;  $T_t = B_t \cdot h_t$  – время формирования профессиональных компетенций по направлениям подготовки;  $xv_i(t) = \frac{|t|}{T_i(t)}$ , ( $i=1 \dots n$ ) – возможный выпуск по направлениям подготовки;  $x_t = \min_i \{xv_i(t)\}$  – реальный выпуск;

$C_t = A_t^T(h) \cdot PR_t + \frac{ПЗ_t}{x_t}$  – себестоимость;  $PP_t = (1 + \delta) \cdot C_t$  – цена единицы продукции;  $\Pi_t = (PP_t - C_t) \cdot x_t = \delta \cdot C_t \cdot x_t$  – прибыль.

Поскольку основным ресурсом управления высокотехнологичным проектом являются специалисты с определенными профессиональными компетенциями и себестоимость выполнения программы  $C$ , и их оптимумы могут достигаться при различных нововведениях, оба эти параметра могут быть приняты в качестве критериев оптимизации.

Рассмотрим процедуру построения модели и алгоритма формирования профессиональных компетенций по индикаторам высокотехнологичного проекта. Такими индикаторами в рамках рассматриваемого проекта являются: управление внутренними проектами; управление качеством; согласование работы системных аналитиков, программистов и других специалистов; моделирование и оптимизация бизнес-процессов, управление ресурсами, расписанием, содержанием проекта, рисками и т.д. Высокотехнологичность выполняемого проекта в соответствии с его индикаторами формирует новую систему знаний, а именно: владение современными методологиями управления организацией, теорией организационных систем, теория системного анализа и принятия решений, в том числе владение методами многокритериальной оптимизации, современной теорией управления, управления проектами. Решение приведенной задачи в рамках синтеза профессиональных компетенций для эффективного управления высокотехнологичным проектом потребует адаптацию имеющейся образовательной среды. Принцип адаптации в этом случае заключается в изменении состояния образовательной среды на основе принятия решения о проектировании новых профессиональных компетенций, сформированных на основе индикаторов высокотехнологичного проекта.

Адаптация образовательной среды к требованиям проектирования и управления высокотехнологичным проектом предусматривает содержание по крайней мере двух инновационных связей: кратковременную гибкую, обеспечивающую изменение профессиональных компетенций, и постоянно действующую, направленную на создание принципиально новых компетенций. Обе эти связи содержат функционально одинаковые элементы принятия решений [2].

Реализация принципа адаптации образовательной среды предполагает решение следующих основных задач: разработка алгоритма мониторинга профессиональных компетенций; классификация данных; классификация компетенций. Реализация этих задач достигается использованием специальных методов автоматического анализа. Такое направление называют добычей данных или DataMining [3]. Основными задачами DataMining являются следующие: классификация, которая сводится к определению класса объекта по его характеристикам; регрессия, которая позволяет определить по известным характеристикам объекта значение некоторого его параметра. В отличие от задачи классификации значением параметра является не конечное множество классов, а множество действительных чисел; поиск ассоциативных правил, который заключается в поиске частых зависимостей (ассоциаций) между объектами и событиями; кластеризация, которая заключается в поиске независимых групп (кластеров) и их характеристик во всем множестве анализируемых данных. Решение такой задачи позволяет лучше понимать данные, а также сократить число объектов, что облегчает анализ. Так как при группировке компетенций, требуемых при выполнении проекта, заранее неизвестно, в какие именно группы должны быть объединены эти компетенции, то задача их классификации сводится к задаче кластеризации. Кластеризация отличается от классификации тем, что для проведения анализа не требуется иметь выделенную целевую переменную. Эта задача решается на начальных этапах проведения анализа.

Кластерный анализ (Dataclustering) – задача разбиения заданной выборки объектов (ситуаций) на непересекающиеся подмножества-кластеры, так, чтобы каждый кластер состоял из схожих объектов, а объекты разных кластеров существенно отличались.

Существует множество различных алгоритмов кластеризации, что обусловлено множеством критериев, отражающих те или иные свойства автоматического группирования. Один из алгоритмов кластеризации с использованием метода К-средних приведен в [3].

Для осуществления кластерного анализа составлены таблицы требований, в которых помимо самих требований указаны области знаний и их разделы, виды деятельности специалистов, используемые инструменты, типы занятий и т.п. Метод основан на разбиении объектов на заранее известное число кластеров  $k$ . Алгоритм этого метода состоит из следующих действий:

- ◆ выбирается число кластеров  $k$ ;
- ◆ из исходного множества данных случайным образом выбираются  $k$  записей, которые будут служить начальными центрами кластеров;
- ◆ для каждой записи исходной выборки определяется ближайший к ней центр кластера. При этом записи, «притянутые» определенным центром, образуют начальные кластеры;
- ◆ вычисляются центроиды – центры тяжести кластеров. Каждый центроид – вектор, элементы которого представляют собой средние значения признаков, вычисленные по всем записям кластера. Затем центр кластера смещается в его центроид.

Третий и четвертый шаги итеративно повторяются. На каждой итерации происходит изменение границ кластеров и смещение их центров. В результате минимизируется расстояние между элементами внутри кластеров. Остановка алгоритма производится тогда, когда границы кластеров и расположения центроидов не перестанут изменяться от итерации к итерации, т.е. на каждой итерации в каждом кластере будет оставаться один и тот же набор записей.

Таким образом, происходит классификация требований высокотехнологичного проекта и состава образовательной среды. Благодаря современным вычислительным средствам это занимает достаточно короткое время, что позволяет быстро и адекватно реагировать на изменения в составе высокотехнологичных проектов и программ, а построенная модель, описывающая процедуру проектирования профессиональных компетенций специалиста на основе определенных связей их характеристик и ресурсом со временем формирования профессиональных компетенций по направлениям подготовки, формирует алгоритм синтеза профессиональных компетенций по индикаторам высокотехнологичного проекта и выделенным кластерам компетенций.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Петраков В.А.* Адаптация управления высокотехнологичным проектом // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2012. – № 5 (130). – С. 254-258.
2. *Петраков В.А., Граецкая О.В.* Системный анализ инновационных и технических процессов. – Ростов-на-Дону: Изд-во ЮФУ, 2007. – 288 с.
3. *Корохова Е.В., Калашикова А.А., Корохов В.В.* Классификация компетенций специалистов в области системного анализа и менеджмента высоких технологий // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2011. – № 5 (118). – С. 243-248.

Статью рекомендовал к опубликованию д.т.н., профессор С.Л. Беляков.

**Граецкая Оксана Владимировна** – Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Южный федеральный университет»; e-mail: g\_oks@inbox.ru; 344090, г. Ростов-на-Дону, Мильчакова. 10, каб. 505; тел.: +78632696991, 89287555585; кафедра системного анализа и управления; к.т.н.; доцент.

**Корохова Елена Вячеславна** – e-mail: alen\_ko@mail.ru; тел.: 89281113306; кафедра системного анализа и управления; к.т.н.; доцент.

**Сомов Александр Сергеевич** – e-mail: kaf\_sau@mail.ru; тел.: 88632696991; кафедра системного анализа и управления; аспирант.

**Петракова Анастасия Вадимовна** – тел.: 89281952545; кафедра системного анализа и управления; магистрант.

**Graetskaya Oksana Vladimirovna** – Federal State-Owned Autonomy Educational Establishment of Higher Vocational Education “Southern Federal University”; e-mail address: g\_oks@inbox.ru; 10, Milchakova street, of. 505, Rostov-on-Don, 344090, Russia; phone: +78632696991, +79287555585; the department of systems analysis and control; cand. of eng. sc.; associate professor.

**Korokhova Elena Vyacheslavna** – e-mail: alen\_ko@mail.ru; phone: +79281113306; the department of systems analysis and control; cand. of eng. sc.; associate professor.

**Somov Aleksandr Sergeevich** – e-mail: kaf\_sau@mail.ru; phone: +78632696991; the department of systems analysis and control; postgraduate student.

Petrakova Anastasiya Vadimovna – phone: +79281952545; the department of systems analysis and control; graduate student.

УДК 62-52, Л 24

**Г.С. Лапинский, З.Р. Майрансаев**

### **ОДНОФАКТОРНЫЕ РЕГРЕССИОННЫЕ МОДЕЛИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ**

*В статье приведен сравнительный анализ однофакторных регрессионных моделей, используемых при составлении прогнозов производственных потребностей промышленных предприятий на примере потребления электрической энергии на территории Республики Северная Осетия – Алания. Рассматриваются аддитивные и мультипликативные модели с линейными, логарифмическими и полиномиальными трендами. Приведена оценка точности моделей, рассчитан критерий Фишера для проверки адекватности моделей, также рассчитаны среднеотносительные ошибки прогнозирующих моделей. На основе выбранной модели построен месячный прогноз электропотребления промышленными предприятиями на год вперед, рассчитаны доверительные интервалы и критерий Дарбина-Уотсона. Приведен алгоритм процедуры выбора однофакторной регрессионной модели для составления прогноза.*

*Аддитивная модель; мультипликативная модель; линейный тренд; логарифмический тренд; экспоненциальный тренд; сезонная компонента; доверительный интервал.*

**G.S. Lapinsky, Z.R. Mirantsaev**

### **ONE-FACTORIAL REGRESSION MODELS OF FORECASTING OF THE POWER CONSUMPTION OF THE INDUSTRIAL ENTERPRISES**

*In article the comparative analysis of one-factorial regression models of forecasts of production requirements of the industrial enterprises used by drawing up on the example of consumption of electric energy is given in the territory of the Republic of North Ossetia-Alania. Additive and multiplicative models with linear, logarithmic and polynomial trends are considered. The*