

## **КОМПЛЕКС ПРОГРАММ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО НАПРАВЛЕНИЮ «АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ПРОИЗВОДСТВ» В ВЕКТОРНОМ ПРОСТРАНСТВЕ ЗНАНИЙ**

**Прошин Д.И.<sup>1</sup>, Руденко Н.Н.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>ФБГОУ ВПО «Пензенский государственный технологический университет», г.Пенза, Россия (ПензГТУ 440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул.Гагарина, д.1А/11.), e-mail: [Rnn19@mail.ru](mailto:Rnn19@mail.ru)

Статья посвящена математическому моделированию образовательного процесса в вузе по вектору знаний специальности. Авторы предлагают метод математического моделирования образовательного процесса в векторном пространстве. Причём вектор знаний объединяет в единую систему компоненты, которые характерны как для всех видов деятельности, производства и технических проектов, так и для всех предметов и компетенций направления подготовки. Это позволяет проводить моделирование в целом образовательного процесса на любом временном отрезке в едином векторном пространстве знаний. Для обеспечения этого процесса созданы модели обучающегося, как объекта управления и математические модели внутренних динамических свойств обучающихся по восприятию информации. Для задач математического моделирования образовательного процесса по организационно-экономическому компоненту вектора знаний предлагается использовать специализированный комплекс программ, встраиваемый в разработанный в ПензГТУ единый интегрированный комплекс сетевых автоматизированных лабораторий, позволяющий объединять все виды научной и учебной деятельности вуза в единую систему. Рассмотрены назначения и возможности модулей специализированного программного комплекса, встраиваемого в единый интегрированный комплекс сетевых автоматизированных лабораторий, для математического моделирования организационно-экономического компонента вектора знаний образовательного процесса.

Ключевые слова: специализированный комплекс программ; математические модели внутренних динамических свойств обучающихся, интегрированный комплекс сетевых автоматизированных лабораторий; организационно-экономический компонент вектора знаний.

## **COMPLEX PROGRAMME OF MATHEMATICAL MODELING OF THE EDUCATIONAL PROCESS IN THE DIRECTION «AUTOMATISATION OF TECHNOLOGICAL PROCESSES AND PRODUCTIONS» IN KNOWLEDGE VECTOR AREA**

**Proshin D.I.<sup>1</sup>, Rudenko N.N.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*Penza State Technological University, Penza, Russia (440039, Penza, Baidukova / Gagarina str., 1A / 11), e-mail: [rnn19@mail.ru](mailto:rnn19@mail.ru)*

The article is devoted to the mathematical modeling of educational process in the high school within the knowledge vector of a proper specialization. The method of mathematical modeling of educational process in knowledge vector area is offered as an effective one by the authors. Moreover knowledge vector combines some components on the whole univesal system, which is typical for all kinds of activity, production and technological projects as well as different subjects and specialized prof-directions and competences. It helps to promote modeling along every time period within the educational process of universal knowledge vector area. Student's models are created to fulfill this educational task for the object of management as well as mathematical models of the personal dynamic characteristics of «listener» to analyse a proper information. For the tasks of mathematical modeling in educational process along with organizingly-economic component of knowledge vector of highly specialized programme complex, is due to use. Having been inserted in Penza State Technological University the united integrative net complex is adapted for automized laboratories, which makes it possible to unite both prominent kinds of scientific and educational activity in unique system. On the whole new definitions and item possibilities of speciased programme complex have been viewed, inserted in all round integrative netcomplex of automized laboratories as well as mathematical modeling of organizingly-economic component of knowledge vector in educational community.

Keywords: highly specialized programme complex, mathematical models of students personal dynamic characteristics, the integitive complex of net automized laboratories, organizingly-economic component of knowledge vector.

Математическое моделирование образовательного процесса наталкивается на сложности его математического описания в едином пространстве для всех уровней профессиональной подготовки. Действительно, в процессе обучения в соответствии с предметно-ориентированным и компетентностным подходами на различных курсах обучающиеся изучают множество разнообразных предметов. При таких подходах математическое моделирование возможно либо в пространстве всех изучаемых предметов (количество координат определяется количеством изучаемых предметов), либо отдельно по каждому предмету, либо в пространстве предметов семестра или курса. При этом, учитывая, что по мере обучения изучаемые дисциплины от семестра к семестру изменяются, пространство координат математического моделирования образовательного процесса постоянно изменяется. Это обусловлено тем, что ни дисциплины, ни компетенции не могут быть приняты в качестве системообразующей основы математического моделирования образовательного процесса.

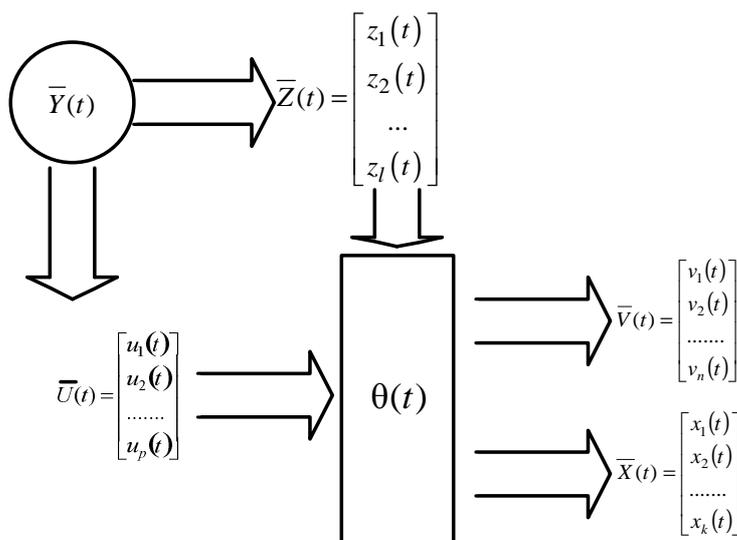
Авторы предлагают метод и комплекс программ математического моделирования образовательного процесса в пространстве вектора знаний [1]. Причём вектор знаний объединяет в единую систему компоненты, которые характерны как для всех видов деятельности, производства и технических проектов, так и для всех предметов и компетенций направления подготовки [3,6]. Это позволяет проводить моделирование в целом образовательного процесса на любом временном отрезке в едином векторном пространстве.

### **Основные положения**

Для математического моделирования образовательного процесса на любом временном отрезке разработана математическая модель образовательного процесса [3,6], описывающая познавательный процесс как целостную систему накопления, совершенствования и повышения уровня и качества знаний в едином векторном пространстве, объединяющем математико-методологическую, технико-технологическую, организационно-экономическую; информационно-программно-алгоритмическую и культурно-воспитательную компоненты вектора знаний  $(v_1, v_2, v_3, v_4, v_5)$  [1,3,5]. Все составляющие учебного процесса, в том числе и дисциплины на всех стратах обучения описываются в пространстве компонент вектора знаний. Основу организационно-экономического модуля направления подготовки «Автоматизация и управление» составляет множество предметов, обеспечивающих формирование у обучающихся базовых знаний в контексте организационно-экономического компонента, начиная от детализации через обобщение к специализации по стратам обучения [7]. Представление всего комплекса дисциплин в векторном пространстве знаний обеспечивает моделирование образовательного процесса во взаимосвязи всех составляющих

учебного процесса. При этом на протяжении всего периода обучения определяющей экономической составляющей для всех дисциплин специальности является организационно-экономическая компонента.

Для математического моделирования механизма управления познавательной деятельностью обучающегося на всех этапах обучения в пространстве единых независимых управляемых координат, устанавливающих уровень знаний в целом по специальности, предполагается определение структуры объекта управления (ОУ) [2]. Моделирование познавательного процесса основывается на представлении обучающегося как объекта управления (рисунок 1) в векторном пространстве знаний [4].



**Рисунок 1. Структурная схема объекта управления**

Здесь за выходные координаты по организационно-экономическому компоненту приняты: управляемые координаты  $\bar{X}_4(t)$  – это достижение поставленных целей – овладение знаниями (теоретический материал и задачи) и  $\bar{V}_4(t)$  – вектор состояний организационно-экономического компонента – характеризует текущее состояние объекта в процессе обучения (количество и качество знаний и навыков по организационным и экономическим вопросам).  $\bar{Y}_4(t)$  – совокупность входных координат, включающих:  $\bar{U}_4(t)$  – управляющие координаты (мотивация, цели, задачи, методика и содержание обучения) и  $\bar{Z}_4(t)$  – возмущающие воздействия,  $Q_4(t)$  – внутренние динамические параметры объекта (обучающегося).

По каждому компоненту вектора знаний внутренние динамические свойства по восприятию информации обучающихся можно представить моделью  $\eta$ -ого порядка в виде передаточной функции в канонической форме

$$W(s) = \frac{b_0^*}{s^\eta + a_{\eta-1}^* s^{\eta-1} + \dots + a_1^* s + a_0^*}$$

или моделью в нормальной форме пространства состояний

$$\begin{bmatrix} v_1^{(1)} \\ v_2^{(1)} \\ \dots \\ v_{\eta-1}^{(1)} \\ v_\eta^{(1)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{\eta-1}^* & a_{\eta-2}^* & \dots & a_1^* & a_0^* \\ 1 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \dots & 1 & 0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \\ \dots \\ v_{\eta-1} \\ v_\eta \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} b_0^* \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} y;$$

$$x = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \\ \dots \\ v_\eta \end{bmatrix}.$$

Размерность вектора знаний может быть произвольной и для большинства специальностей она не превышает пяти или шести [4,6]. По времени и по характеру обучения процесс обучения распределён на отдельные этапы (лекции, лабораторные, практические и другие виды занятий). В пространстве состояний выбранных компонент вектора знаний процесс обучения представим в виде дискретной модели

$$\begin{bmatrix} v_1 [i+1] \\ v_2 [i+1] \\ v_3 [i+1] \\ v_4 [i+1] \\ v_5 [i+1] \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} z_1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & z_2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & z_3 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & z_4 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & z_5 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} v_1 [i] \\ v_2 [i] \\ v_3 [i] \\ v_4 [i] \\ v_5 [i] \end{bmatrix} +$$

$$+ \begin{bmatrix} \alpha_{1,1} & \alpha_{1,2} & \dots & \alpha_{1,r} \\ \alpha_{2,1} & \alpha_{2,2} & \dots & \alpha_{2,r} \\ \alpha_{3,1} & \alpha_{3,2} & \dots & \alpha_{3,r} \\ \alpha_{4,1} & \alpha_{4,2} & \dots & \alpha_{4,r} \\ \alpha_{5,1} & \alpha_{5,2} & \dots & \alpha_{5,r} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} y_1 [i] \\ y_2 [i] \\ \dots \\ y_r [i] \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} \beta_{1,1} & \beta_{1,2} & \dots & \beta_{1,r} \\ \beta_{2,1} & \beta_{2,2} & \dots & \beta_{2,r} \\ \beta_{3,1} & \beta_{3,2} & \dots & \beta_{3,r} \\ \beta_{4,1} & \beta_{4,2} & \dots & \beta_{4,r} \\ \beta_{5,1} & \beta_{5,2} & \dots & \beta_{5,r} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} y_1^0 [i] \\ y_2^0 [i] \\ \dots \\ y_r^0 [i] \end{bmatrix}.$$

Период дискретизации может быть принят равным одной неделе.

Приведённые математические модели отражают внутренние свойства обучающихся, их возможности и скорость восприятия информации по каждому компоненту вектора знаний.

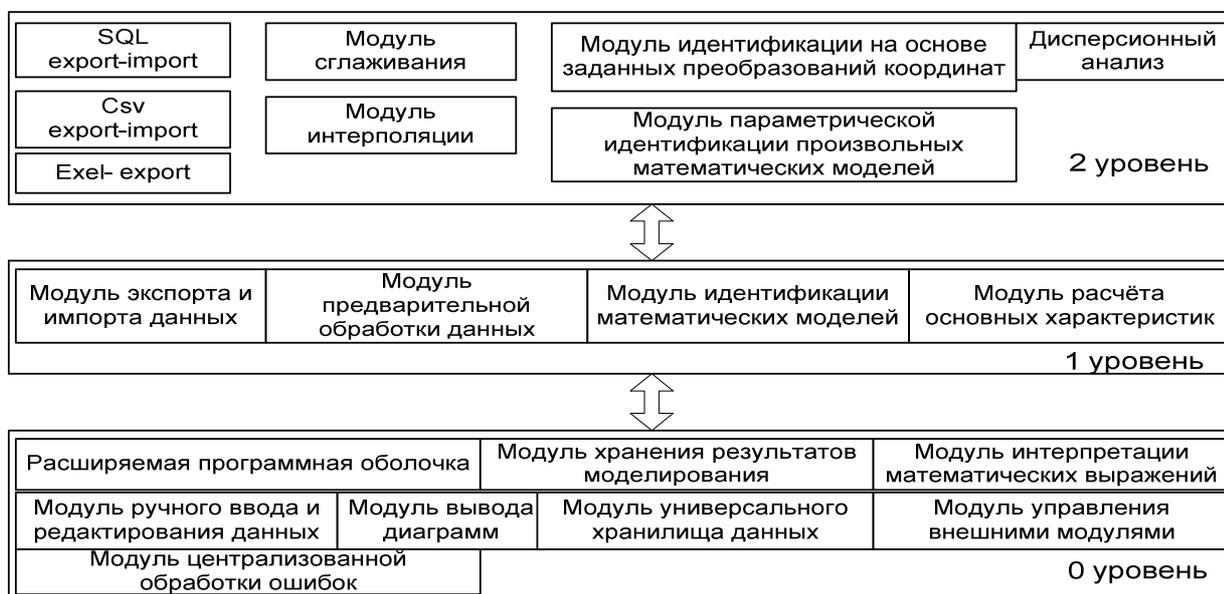
### Цель исследования

Цель данного исследования в том, чтобы создать комплекс программ, обеспечивающий математическое моделирование образовательного процесса по организационно-экономическому компоненту в координатном пространстве вектора знаний.

Для задач математического моделирования образовательного процесса по организационно-экономическому компоненту (ОЭК) вектора знаний [2] предлагается создать специализированный комплекс программ, встраиваемый в разработанный в ПензГТУ единый интегрированный комплекс сетевых автоматизированных лабораторий (ИКСАЛ), позволяющий объединять все виды научной и учебной деятельности вуза в единую систему [2, 3].

Программный комплекс является модульным приложением, которое позволяет загружать данные посредством взаимодействия с SQL-сервером. Каждый модуль может использоваться во всех программных компонентах ИКСАЛ за счёт различных наборов сервисов [2].

Модульное приложение структурировано в трёх уровнях (рисунок 2).



**Рисунок 2. Уровни программного комплекса построения математических моделей**

В нулевой уровень входит расширяемая программная оболочка (РПО) которая представляет собой основной набор функций, а также общий графический web-интерфейс, обеспечивающий управление математическим моделированием объектов специальности в контексте всех компонент вектора знаний, в том числе и в контексте ОЭК.

В первый уровень включены модули, поддерживающие встраиваемые в интерфейс графические и функциональные оболочки для дополнительных модулей второго уровня.

На базе сервисов второго уровня реализуются модули с рабочими процедурами расчёта и моделирования [2].

Рассмотрим назначение и возможности модулей [1,2,4,6].

Для хранения результатов моделирования используется модуль хранения результатов моделирования – качественные и количественные характеристики отобранных функциональных наборов, произведённых модулями первого уровня. Программные вычисления значений пользовательских форм математических моделей для параметрической идентификации выполняет модуль интерпретации математических выражений. В ОЭК этого модуля включены процедуры моделирования анализа и оценивания объектов специальности в пространстве организационно-экономических индикаторов.

Модуль ручного ввода и редактирования данных позволяет в удобной форме вводить и редактировать экспериментальные данные и создавать сложные, зависимые таблицы с

наборами результативных и определённых признаков. ActiveX интерфейс реализуется в модуле диаграмм и графиков, дающем графическое представление данных, находящихся в системе. Единые компоненты встроенной поддержки диаграмм, используются для представления информации всеми модулями системы. Иерархию связей между таблицами позволяет хранить модуль универсального хранилища данных и является сервисным интерфейсом к реляционной базе данных на основе SQL-сервера. Данные таблиц используются для процедур обработки множества экспериментальных массивов и в процессе предварительной обработки экспериментальной выборки.

Для вывода и фиксации сообщений об ошибках служит модуль централизованной обработки ошибок, т.к. модули расширения создаются разными разработчиками и необходимо разработать и применить однотипный подход к обработке ошибок.

Модули первого уровня обнаруживаются, регистрируются и загружаются модулем управления внешними модулями, который представляет интерфейсы для обратного взаимодействия с РПО.

Модуль экспорта и импорта находится на первом уровне системы и обеспечивает загрузку и активизацию модулей экспорта и импорта второго уровня, что позволяет расширять возможности комплекса за счёт разработки новых модулей «конвертеров».

Модуль предварительной обработки информации осуществляет загрузку модулей сглаживания и интерполяции второго уровня. Для доступа к рабочим процедурам предоставляется графический интерфейс, взаимодействующий с интерфейсом РПО.

Авторская методика [1,2,4] построения однофакторных и многофакторных зависимостей реализована в модуле идентификации математических моделей, также представляет собой графический интерфейс, взаимодействующий с интерфейсом РПО, осуществляет загрузку и регистрацию модуля идентификации на основе заданных преобразований координат и модуля параметрической идентификации математических моделей заданной формы [3,6].

На основе входных данных по индексу таблицы данных и буфера результатов моделирования модулем расчёта основных статистических характеристик формируются отчёты со статистическими характеристиками, характеризующими данные и модели.

На основе заданных преобразований координат модуль идентификации осуществляет с требуемой точностью процедуру идентификации на основе входной информации: уровня преобразований и индекса таблицы с экспериментальными данными. При этом выполняется следующая последовательность: перебор сочетаний преобразований координат и преобразование в соответствии с ними результативного признака таблицы с экспериментальными данными; оценка параметров математической модели; проверка

диапазона точности и, в заключение – синтез вида математической модели на основе преобразования координат.

Модуль параметрической идентификации математических моделей заданной формы решает задачи параметрической идентификации с  $n$  параметрами. Возможен выбор конкретного метода оптимизации: методы золотого сечения, деления отрезка пополам, градиентного спуска с полиномиальной аппроксимацией по координатам, Фибоначчи. Входными параметрами являются: структура математической модели, шаг оптимизации, начальные значения параметров и заданная точность расчёта.

### **Выводы**

Программный модуль моделирования объектов специальности обеспечивает решение задач образовательного процесса на всех стратах обучения по организационно-экономическому компоненту.[7]

Разработанный комплекс программ математического моделирования объектов специальности представляет единую систему, обеспечивающую проведение исследований, как объектов специальности, так и самого образовательного процесса в едином векторном пространстве знаний с использованием элементов математического и физического моделирования [2].

Методика формирования управляемых координат образовательного процесса – вектора знаний, основана на анализе видов деятельности выпускников специальности, структур предприятий и типовых проектов по рассматриваемой специальности и требует выявления предметных составляющих – в данном случае – организационно-экономического компонента [6].

Возможность математического и физического моделирования систем управления и технических объектов, различающихся как по физическим законам, так и по динамике протекания процессов, т. е. многофункциональность, позволяющая моделировать и образовательный процесс в вузе, является главной особенностью интегрированного комплекса сетевых автоматизированных лабораторий [5].

### **Список литературы**

1. Прошин Д.И., Прошин И.А., Прошина Р.Д. Концепция построения интегрированных обучающих систем по вектору знаний // Кибернетика и высокие технологии XXI века: Сб. статей XI Междунар. научно-технической конференции. Секция 2.6. – г. Воронеж: Воронежский государственный университет. – 2010. – С. 877–889.

2. Прошин Д.И., Прошин И.А., Прошина Р.Д. Построение математических моделей объектов исследования в условиях интегрированного комплекса сетевых автоматизированных лабораторий (статья) // Журнал научных публикаций аспирантов и докторантов. – 2009. – №5. – С. 167–171.
3. Прошин Д.И., Прошина Р.Д. Принципы системной организации профессиональной подготовки в вузе (статья) // Педагогическое образование и наука. – 2009. – №10. – С. 76–79.
4. Прошин Д.И. Концепция представления механизма познавательной деятельности как двустороннего процесса взаимодействия многослойных интеллектуальных систем (статья) // Научно-технический вестник Поволжья. – 2011. – №2. – С. 169–179.
5. Прошин Д.И. Подготовка высококвалифицированных кадров для предприятий машиностроения по вектору знаний (статья) // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2011. – Т. 13. №1 – 3. – С. 727–731.
6. Прошин И.А., Прошин Д.И., Прошина Н.Н. Математическая модель образовательного процесса в пространстве вектора знаний (статья) // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. – 2012. – №03 (07). – С. 153–160.
7. Прошин И.А., Руденко Н.Н. Формирование организационно-экономического компонента вектора знаний по направлению «Автоматизация технологических процессов и производств» (статья) // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2014. – Т.16. – №2. – С. 90–95.

**Рецензенты:**

Кошев А.Н., д.х.н., профессор кафедры «Информационно-вычислительные системы» ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства», г. Пенза.

Мачнев В.А., д.т.н., профессор, профессор кафедры «Основы конструирования механизмов и машин» ФГБОУ ВПО «Пензенская государственная сельскохозяйственная академия», г. Пенза.