

## ФОРМАЛИЗОВАННОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫХ ЗНАНИЙ В БАЗИСЕ РАСШИРЕННЫХ ВРЕМЕННЫХ СЕТЕЙ ПЕТРИ

### FORMALIZED REPRESENTATION OF INTERDISCIPLINARY KNOWLEDGE IN THE BASIS OF EXTENDED TIME PETRY NETS

**Надеждин Евгений Николаевич / Eugene N. Nadezhdin,**

доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник,  
ФГАУ ГИИИ ИТТ «Информика» / Doctor of Technical Sciences, Professor, Chief  
Researcher, State Institute of Information Technologies and Telecommunications,  
e.nadezhdin@informika.ru

**Смирнова Елена Евгеньевна / Elena E. Smirnova,**

кандидат педагогических наук, доцент, заведующий кафедрой естественнонаучных  
и математических дисциплин, НОО ВПО НПИ «Тульский институт экономики и  
информатики» / PhD, Docent, Head of Chair, Tula Institute of Economics and Informatics,  
eesmirn@yandex.ru

#### Аннотация

Обоснован подход к формализованному представлению междисциплинарных знаний на основе аппарата дискретных потоковых систем. На примере учебной дисциплины «Эконометрика» показаны особенности анализа семантики междисциплинарных связей в базисе расширенных временных сетей Петри.

#### Abstract

The approach to formalized representation of interdisciplinary knowledge-based apparatus digital streaming systems is substantiated. On an example of discipline "Econometrics" the features of the analysis of semantics of interdisciplinary communications in the basis of extended time Petri nets is showed.

**Ключевые слова:** междисциплинарные знания, основная образовательная программа, междисциплинарные связи, модели представления знаний, задача формализации междисциплинарных связей.

**Keywords:** interdisciplinary knowledge, basic educational program, interdisciplinary communications, knowledge representation models, the task of formalizing interdisciplinary communications.

На современном этапе реформирования системы высшего образования

(ВО) существенно повысились требования к качеству разработки учебно-методической документации. С переходом к решению задач формирования у будущих бакалавров экономики профессиональных компетенций активизировался поиск новых методических подходов к обоснованию и оптимизации структурно-логических схем прохождения учебных дисциплин. Наибольший интерес у разработчиков учебно-методических материалов сегодня вызывают вопросы комплексного анализа и учета междисциплинарных связей. В ранее опубликованных авторских работах [5, 10, 11] было установлено, что междисциплинарные знания (МДЗ) имеют сложную семантику и обладают большим дидактическим потенциалом. Однако вследствие недостаточной изученности закономерностей и отсутствия приемлемых для педагогической практики математических моделей потенциал МДЗ в настоящее время и используется только на 50-70%. Для более продуктивного использования потенциала МДЗ необходимо разработать научно-методические подходы к их формализации и пересмотреть ряд требований о основной образовательной программы (ООП) к вопросам организации и методического обеспечения процесса обучения.

В связи с переходом к массовой

разработке учебно-методической документации нового поколения в рамках требований ФГОС 3+ возникла необходимость более глубокого изучения междисциплинарных знаний и способов их формального отображения в виде междисциплинарных связей (МДС). Закономерным шагом будет обоснование прикладных методов и конкретных механизмов рационального использования скрытого ресурса МДС для интенсификации и повышения качества обучения.

**Целью настоящей статьи** является качественный анализ внутренней структуры (семантики) МДС и обоснование методики их формализованного представления для оценки влияния на результаты дистанционного обучения студентов экономического вуза. Задачу и следования рассмотрим на примере изучения учебной дисциплины «Эконометрика».

К середине XX века в связи с быстрым развитием промышленности сложились объективные предпосылки для интеграции достижений экономической теории, математических методов и статистики, что привело к появлению нового научного направления «Эконометрика» [12]. В настоящее время учебная дисциплина «Эконометрика» является дисциплиной базовой части профессионального цикла ООП, разработанной в соответствии с ФГОС ВО по направлению бакалавриата 080100.62 «Экономика». Предметом эконометрики как учебной дисциплины являются *«количественные и качественные закономерности и взаимосвязи экономических явлений и процессов»* [6]. Изучение основ эконометрики в экономических вузах традиционно осуществляется параллельно с другими экономическими и математическими дисциплинами. Это позволяет, с одной стороны, повысить интенсивность изучения теории эконометрических методов и моделей применительно к задачам анализа и прогнозирования характеристик экономических систем и процессов. С другой стороны, разнообразные экономические приложения раскрывают

широкие возможности современного инструментария эконометрики и способствуют усилению мотивации обучающихся к глубокому изучению сложных для понимания современных математических методов и эконометрических моделей.

Необходимым условием успешного изучения дисциплины «Эконометрика» является наличие у студентов экономического вуза базовых знаний в объеме программы средней общеобразовательной школы по математическим дисциплинам: алгебра, геометрия, математический анализ. Кроме того, для усвоения лекционного материала по эконометрике студент должен предварительно овладеть терминологическим аппаратом и методами дисциплины «Основы теории вероятностей и математическая статистика». Для выполнения заданий лабораторного практикума (по эконометрике) студент должен обладать устойчивыми умениями и навыками решения прикладных задач с применением офисных приложений, в частности, электронных таблиц Microsoft Excel.

Учебная дисциплина «Эконометрика» в совокупности с другими дисциплинами профессионального цикла ФГОС ВО методически обеспечивает механизм формирования комплекса профессиональных компетенций (ПК) будущего бакалавра в области экономики (табл. 1).

Анализ ООП по направлению подготовки 080100.62 «Экономика» (профиль «Финансы и кредит») дает основание условно выделить для учебной дисциплины «Эконометрика» три группы дисциплин: дисциплины-поставщики, дисциплины-потребители и дисциплины-спутники.

На рисунке 1 представлена схема, раскрывающая связи основных разделов эконометрики с другими учебными дисциплинами через формирование основных профессиональных компетенций (ПК) и общекультурных компетенций (ОК) по семестрам обучения.

Из анализа схемы рисунка 1 сле-

дует, что для повышения интенсивности формирования ПК на основе использования потенциала МДС в ООП по направлению подготовки «Экономика» необходимо произвести структурные изменения в типовом учебном плане. В частности, профессионально-ориентированные дисциплины «Экономика и статистика предприятий» и «Финансы» предлагается перенести из 3-го семестра во 2-й семестр, так как эти дисциплины являются дисциплинами-поставщиками, а дисциплины «Статистика» и «Экономическая информатика», наоборот, следует перенести из 3-го в 4-й семестр, так как эти дисциплины являются дисциплинами-потребителями.

В работах академика Российской академии образования В. Б. Беспалько отмечается, что научность изложения любой учебной дисциплины (в том числе и эконометрики) может быть оценена на основе использования формального понятия «ступень абстракции»  $\beta$ . В.Б. Беспалько выделяет четыре ступени абстракции в описании явлений действи-

тельности, соответствующие ступеням развития науки. Ступень А (*феноменологическая*:  $\beta = 1$ ) характеризуется внешним, описательным изложением фактов и явлений с использованием преимущественно естественного языка и житейских понятий. Ступень Б (*аналитико-синтетическая*, предсказательная:  $\beta = 2$ ) – это элементарное объяснение природы и свойств объектов и закономерностей явлений, часто качественное или полукачественное. На этой ступени уже образуется язык науки с присущими ей понятиями и выражениями, символами и обозначениями. Ступень В (*прогностическая*:  $\beta = 3$ ) – объяснение явлений данной области с созданием их количественной теории, моделированием основных процессов, аналитическим представлением законов и свойств. Ступень Г (*аксиоматическая*:  $\beta = 4$ ) – углубленное объяснение явлений с использованием наиболее высокой степени обобщения на основе междисциплинарных связей.

Таблица 1

**Перечень профессиональных компетенций, поддерживаемых дисциплиной «Эконометрика»**

Идентификатор	Содержание профессиональных компетенций (ПК)
ПК-1	Способность собрать и проанализировать исходные данные, необходимые для расчета экономических и социально-экономических показателей, характеризующих деятельность хозяйствующих субъектов
ПК-2	Способность на основе типовых методик и действующей нормативно-правовой базы рассчитать экономические и социально-экономические показатели, характеризующие деятельность хозяйствующих субъектов
ПК-3	Способность выполнять необходимые для составления экономических разделов планов расчеты, обосновывать их и представлять результаты работы в соответствии с принятыми в организации стандартами
ПК-4	Способность осуществлять сбор, анализ и обработку данных, необходимых для решения поставленных экономических задач
ПК-5	Способность выбирать инструментальные средства для обработки экономических данных в соответствии с поставленной задачей, проанализировать результаты расчетов и обосновать полученные выводы
	Способность на основе описания экономических процессов и яв-

ПК-6	лений строить стандартные теоретические и эконометрические модели, анализировать и содержательно интерпретировать полученные результаты
ПК-8	Способность анализировать и интерпретировать данные отечественной и зарубежной статистики о социально-экономических процессах и явлениях, выявлять тенденции изменения социально-экономических показателей
ПК-10	Способность использовать для решения аналитических и исследовательских задач современные технические средства и информационные технологии
ПК-12	Способность использовать для решения коммуникативных задач современные технические средства и информационные и коммуникационные технологии

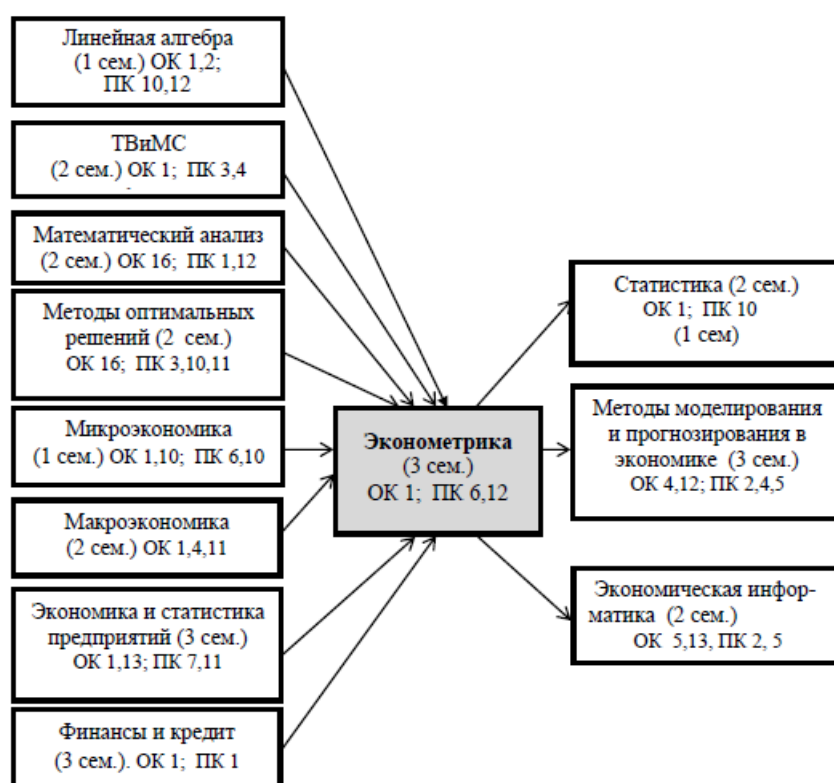


Рис. 1. Связи эконометрики с другими учебными дисциплинами

Представление реальных явлений в терминах экономических дисциплин соответствует прогностической ступени абстракции  $\beta = 3$ , так как закономерности функционирования изучаемых объектов описываются аналитически с использованием научных понятий и обозначений и характеризуются определенными количественными соотношениями. Анализ и учет существующих МДС в про-

цессе проектирования методической системы дистанционного обучения по направлению 080100.62 «Экономика» позволяет перейти к углубленному объяснению явлений с использованием более высокой степени обобщения.

Уровни сформированности профессиональных компетенций будущего бакалавра экономики представлены в таблице 2.

Таблица 2

## Уровни сформированности профессиональных компетенций

ПК	Знать	Уметь	Владеть
<b>Уровень 1</b>	Основные определения и понятия, терминологию и классификацию задач эконометрики, основные теоремы и правила эконометрического и следования	1. Решать типовые эконометрические задачи. 2. Анализировать в малых группах способы эффективного решения эконометрических задач (ЭМЗ). 3. Сопоставлять и сравнивать случайные явления и факты. 4. Объяснять (выявлять и строить) типичные модели задач эконометрики.	1. Использовать понятия и рекомендации эконометрики на занятиях, в период практик, в жизненных ситуациях. 2. Выделять основные факторы, влияющие на решение задачи, и давать им экономическую интерпретацию. 3. Демонстрировать умение анализировать проблемную ситуацию, абстрагируя словесное описание заданий до уровня линейных математических моделей. 4. Проводить статистическую обработку данных с применением инструментальных средств и сервисов офисных приложений.
<b>Уровень 2</b>	1. Основные определения и понятия эконометрики, терминологию и этапы решения эконометрических задач, основные теоремы и правила. 2. Тенденции развития методов и моделей эконометрики.	1. Выявлять закономерности случайных событий. 2. Выполнять решения эконометрических задач с требуемой надежностью и точностью. 3. Осуществлять отсев малозначимых влияющих факторов. 4. Распознавать эффективное решение от неэффективного.	1. Рассматривать совокупность случайных событий, вычленив их из многофакторных жизненных событий. 2. Обоснованно и использовать эконометрические знания в нестандартных условиях, когда изучаемая проблема не задана явно. 3. Владеть навыками применения инструментальных средств математических пакетов прикладных программ для анализа статистических моделей. 4. Проверять адекватность рабочих гипотез результатам наблюдений (эксперимента) с использованием классических статистических критериев согласия.

<p><b>Уровень 3</b></p>	<p>1. Терминологию и предмет эконометрики. 2. Современные методы и модели эконометрики, применяемые для анализа и прогнозирования реальных экономических и социальных процессов.</p>	<p>1. Выбирать рациональную методику и средства решения поставленной эконометрической задачи. 2. Выделять проблемы, возникающие в практических экономических ситуациях, которые могут быть решены эконометрическими средствами. 3. Обоснованно объединять и анализировать информацию, полученную из различных источников, с учетом нестандартных условий и ограничений.</p>	<p>1. Использовать эконометрический подход для изучения экономической проблемы и интерпретации результатов исследования. 2. Устанавливать логические связи между исходным содержательным описанием экономической ситуации (или процесса) и ее математической моделью. 3. Обоснованно и математически корректно и использовать статистические методы в научно-исследовательской деятельности. 4. Владеть навыками построения и сравнительного анализа статистических многофакторных моделей на основе применения инструментальных средств математических пакетов прикладных программ. 5. Свободно демонстрировать способы интеграции методов эконометрики в другие дисциплины профессионального цикла.</p>
-----------------------------	--	---	---

Электронный контент по учебной дисциплине «Эконометрика» представляет собой набор учебно-методических материалов, включающий следующие элементы [6, 12]:

- 1) учебный материал – описание предметной области в форме текстов, изображений, графиков, схем, видеофильмов, звуковых записей;
- 2) систему индивидуальных заданий в виде электронных тетрадей;
- 3) описание структуры учебного курса в виде дерева (или нескольких деревьев) учебных целей;
- 4) справочную информацию – глоссарий, статистические таблицы, вычислительные схемы и алгоритмы решения типовых задач;
- 5) оценочный материал (те-

сты, задачи, критерии оценки);

- б) набор учебных стратегий.

Напомним, что *учебная стратегия* – это набор согласованных принципов и подходов к планированию процесса обучения, охватывающий установленный период времени и ориентированный на освоение обучающимися содержания ООП. В частном случае, учебная стратегия сводится к цепочке заданий либо учебных целей, отвечающих по содержанию и срокам требованиям рабочей программы учебной дисциплины.

На выбор учебной стратегии влияют: режим обучения (частота, длительность и техническая оснащенность занятий), начальные знания и когнитивный тип обучающегося, условия обучения, обеспеченность учебно-методическими

материалами и ресурсами, а также конкретные события в процессе обучения (например, пропуски учебных занятий, нарушение сроков сдачи выполненных заданий, смена темы курсовой работы и др.).

Характерной чертой текущего этапа развития системы экономического образования является широкое применение технологии дистанционного обучения (ДО) для очной (частично) и заочной форм обучения. При этом процесс обучения будущих бакалавров протекает в информационно-образовательной среде (ИОС) [1]. Наибольшую сложность при формализованном описании и анализе процесса дистанционного обучения вызывают его специфические особенности: асинхронность и параллельность процессов информационного взаимодействия обучающего и обучающихся, отсутствие непосредственного контакта субъектов, вариативность условий обучения, повышенный уровень самостоятельности обучающихся.

Существующие системы дистанционного автоматизированного обучения и контроля знаний (Moodle, ABCSoftTest, OracleE-BusinessSuite) базируются на использовании образовательного контента и традиционных служб и сервисов ИОС. Известные автоматизированные системы быстро совершенствуются, однако на современном этапе эволюции они не в полной мере реализуют рекомендации компетентностного и междисциплинарного подходов. На это обстоятельство указывали многие исследователи [8, 9, 11]. Например, в популярной для университетской среды системе дистанционного обучения Moodle отсутствуют специальные инструментальные средства, поддерживающие функции анализа и оптимизации процесса обучения различным дисциплинам ООП с учетом интеграции их предметных областей.

Ориентиром для дальнейшего совершенствования систем дистанционного обучения может служить интеллектуальная обучающая система (ИноС), которую следует рассматривать как «комплекс

программно-аппаратных средств инженерии знаний, в котором представленные в ЭВМ знания используются для направленного формирования функциональной структуры деятельности (у обучающихся), построения модели накопления индивидуального опыта, адекватной требованиям профессии» [5]. Перспектива ИноС – это обучающая система с элементами искусственного интеллекта, которая позволяет целенаправленно тренировать обучаемого, контролировать его знания и по результатам деятельности адаптировать процесс обучения под особенности каждого конкретного обучаемого, работающего с системой.

В ИноС принципиально изменяется роль преподавателя, на которого возлагаются преимущественно функции координации учебной деятельности, сводящейся к решению организационно-консультационных задач. Использование ИноС в подготовке бакалавров экономики основано на достижении следующих методических целей:

- индивидуализация и дифференциация процесса обучения, выбор индивидуальной образовательной траектории;
- формализованное представление модели исследуемого процесса на основе интеграции и интерпретации знаний, относящихся к различным предметным областям;
- визуализация изучаемых экономических процессов с использованием технологий мультимедиа и гипермедиа;
- осуществление многоуровневого контроля с обратной связью, с диагностикой и оценкой результатов учебной деятельности; самоконтроль и самокоррекция действий обучающегося;
- интенсивное развитие умений и закрепление навыков обучаемого путем вариативного компьютерного тренинга (учебно-деловые игры);
- создание и использование информационных баз данных, обеспечение оперативного доступа к распределенным информационным ресурсам;

- формирование интеллектуальных умений и развитие коммуникативных качеств на основе выполнения индивидуальных или групповых творческих проектов;

- формирование алгоритмической и информационной культуры;

- усиление личной мотивации обучения путем использования гибкой системы бонусов, учитывающих когнитивный стиль и эмоциональное состояние обучаемого.

Обобщая известные исследования в области создания интеллектуальных информационных систем образовательного назначения, можно построить укрупненную блок-схему ИнОС. На рисунке 2 показана укрупненная блок-схема прототипа ИнОС экспертного типа.

Перспективная ИнОС должна содержать:

- 1) базу знаний проблемной области;
- 2) интерпретатор знаний;
- 3) модель обучающегося;
- 4) модель процесса обучения;
- 5) тестирующий модуль;
- 6) модуль контроля уровня сформированности компетенций;
- 7) модуль формирования (корректировки) стратегии обучения;
- 8) интеллектуальный интерфейс и др.

В качестве одного из базовых средств информационно-аналитической и методической поддержки процесса интенсивного обучения студентов нами рассматриваются проблемно-ориентированные ИнОС.

Функциональные возможности ИнОС в значительной степени определяются принятой концептуальной моделью представления знаний проблемной области. Многие вопросы, возникающие при формализованном представлении знаний, обусловлены следующими обстоятельствами:

- отсутствие необходимой унификации понятийного аппарата в пересекающихся предметных областях экономики, математики, статистики, кибер-

нетики;

- узкая специализация и ограниченные возможности существующих формальных языков представления знаний;

- неоднозначность количественной оценки нормативных требований к результатам обучения;

- отображение и использование на практике расширяющегося дидактического потенциала средств ИКТ;

- специфика взаимодействия участников процесса обучения в условиях единого образовательного пространства;

- вариативность форм, методов и средств обучения при реализации методических систем дистанционного обучения.

Студенту представляется, как правило, три режима автоматизированного обучения.

1. Свободная навигация по дисциплине (курсу), выполнение заданий в произвольной последовательности;

2. Обучение по одному из заранее подготовленных преподавателем планов: свободный выбор плана (или выбор по рекомендации ИОС), затем в выполнение упражнений в строгой последовательности;

3. Обучение под управлением ИнОС – следующее задание назначается экспертной системой в зависимости от результатов обучения и индивидуальных особенностей студента. Поэтому здесь возможны повторения, повышение или понижение сложности заданий и т.п.

В ходе обучения управляющие компоненты ИнОС осуществляют контроль следующих событий:

- 1) успешное выполнение задания или отдельных частей задания;

- 2) появление при выполнении заданий ошибки и определение класса ошибки:

- ошибки, связанные с недостаточными знаниями (навыками) по изучаемой в данный момент теме (данной дисциплине);

- ошибки, связанные с недо-



статочными знаниями (навыками) по другим темам (другим дисциплинам);

– нераспознанные ошибки (например, бессмысленная последовательность букв там, где надо было написать слово);

3) обращение к справочной или иной дополнительной информации;

4) нарушение регламента, отводимого на выполнение задания (существенное превышение нормативных затрат времени или выполнение задания ранее запланированного времени);

5) предпринятые по инициативе студента шаги, связанные с отклонением от заданной учебной стратегии и другие вмешательства в ход обучения.

На рисунке 3 представлена блок-схема укрупненной модели, отражающей авторскую концепцию методики анализа МДС в составе системы дистанционного обучения.

В составе модели выделены:

- блок тестирования обучающихся (БТО);
- модель процесса обучения (МПО);
- блок контроля и оценки результатов обучения (БОЦ);
- блок дополнительной помощи (БДП); модель преподавателя (МП);
- блок идентификации учебных ситуаций (БИС);
- блок накопления статистики (БНС);
- модуль управления запросами (МУЗ);
- база знаний (БЗ).

Примем допущение, что включенные в состав ИнСО **блок тестирования обучающихся** и логически связанный с ним **блок контроля и оценки результатов обучения** имеют традиционную структуру и могут быть построены на основе рекомендаций работ И.Д. Рудинского и В.И. Сердюкова [8]. Поэтому их функции и конструктивные особенности на данном этапе исследования нами не рассматриваются.

**Блок идентификации учебных**

ситуаций обеспечивает:

а) анализ возникшей учебной ситуации и определяет способ ее разрешения (активная помощь преподавателя; запрос к базе знаний; автоматическая подсказка или помощь робота);

б) регистрацию общего числа запросов к БЗ, числа запросов к элементам БЗ, времени активного поиска информации обучающимся, интервала времени между моментами запроса и получением правильного ответа; числа попыток решения задачи, числа прерываний при решении задачи.

**База знаний** содержит:

- определения основных терминов смежных предметных областей П1:  $D_k, k = \overline{1, n}$ ;
- расчетные формулы и примеры их использования П2;
- статистические данные П3;
- теоретические положения (принципы, законы, теоремы) П4;
- вычислительные схемы (шаблоны) и алгоритмы решения типовых задач П5;
- рекомендации по решению нестандартных задач П6;
- каталог моделей прикладных задач П7;
- анимационные файлы и примеры приложений теоретических знаний П8.

**Блок «Модель преподавателя»** имитирует функционал преподавателя (наставника). В частности, формируется набор рекомендаций обучающемуся, которые адекватны соответствующей ситуации и направлены на корректировку стратегий обучения и оказание помощи обучающемуся. Основой для принятия решения в этом блоке служит следующая информация:

- 1) текущая стратегия обучения;
- 2) база данных истории обучения;
- 3) рабочая модель обучающегося, которая постоянно корректируется в ходе обучения;

4) локальные события, произошедшие при выполнении текущего задания на контролируемом отрезке времени;

5) дерево учебных целей, к о-

торое используется при необходимости дополнительной тренировки, возврата к недостаточно усвоенной теме и тестирования знаний после ее повторений.



Рис. 2. Укрупненная блок-схема ИнОС

**Блок накопления статистики** обеспечивает хранение и постоянное обновление информации обо всех событиях, произошедших в процессе индивидуального обучения. Данная информация является основой для корректировки стратегии обучения в ИноС, а сама информация доступна преподавателю и (частично) обучающемуся через блок МПО.

**Блок дополнительной помощи** фиксирует следующие события:

- все выполненные или начатые задания; прерванные задания фиксируются отдельно;
- успешно выполненные задания и отдельные части заданий;
- допущенные при выполнении

задания ошибки с выделением класса ошибок:

- ошибки, связанные с непониманием условия задания ( $k < 1$ );
- ошибки, связанные с недостаточными знаниями (навыками) по изучаемой в данный момент теме ( $1 < k \leq 2$ );
- ошибки, связанные с недостаточными знаниями (навыками) по другим темам данной или с межных дисциплин ( $2 < k \leq 3$ ).

В числе набора параметров, определяемых с помощью модели, выделим:

- общее число запросов к СБЗ;
- число запросов к отдельным компонентам (файлам) СБЗ;

- время активного поиска информации обучающимся;
- интервал времени между моментами подачи запроса и получением правильного ответа;
- число попыток решения задачи;
- число прерываний при решении задачи.

Изучение имеющегося опыта представления знаний в ИОС применительно к предметной области по направлению подготовки 080100.62 «Экономика» позволило определить общие требования к методам и моделям представления знаний (табл. 3).

**Модель процесса обучения** имеет концептуальный характер и будет ниже рассмотрена более подробно.

Анализ показал, что хорошую перспективу для моделирования процесса обучения с применением ИОС имеет математическая схема, использующая математический аппарат временных сетей Петри [2, 3]. Временные сети Петри, обладая развитым инструментарием для описания организационных и экономических процессов, а также отношений и связей между ними, допускают возможность адаптации, настройки и синхронизации компонентов, что принципиально важно для интеграции моделей в интересах формализованного описания и обработки МДЗ.

При построении моделей в виде временных сетей Петри следует учитывать следующие обстоятельства:

- 1) моделируемые процессы (явления) совершаются в системе, описываемой множеством событий и условий, которые эти события определяют, а также причинно-следственными отношениями, устанавливаемыми на множестве «события – условия»;
- 2) определяются события – действия, последовательность наступления которых управляется состоянием системы (состояния системы задаются множеством условий, которые формулируются в виде предикатов; количественные условия характеризуются емкостью,

а емкость условий выражается числами натурального ряда);

3) условия (предикаты) могут быть выполнены или не выполнены (только выполнение условий обеспечивает возможность наступления событий (предусловий));

4) после наступления события обеспечивается выполнение других условий, находящихся с условиями в причинно-следственной связи (постусловия).

После того как событие произошло, реализуются постусловия, которые в свою очередь являются условиями следующего события и т.д.

Для формализованного описания и статистического анализа характеристик системы дистанционного обучения студентов построим математическую модель с использованием аксиоматики разработанного авторами статьи варианта модификации сетей Петри – расширенных временных сетей (РВС) Петри [7].

На рисунке 3 представлена блок-схема сетевой модели процесса дистанционного обучения с использованием платформы РВС Петри.

Математическая модель позволяет:

- представить процесс ДО в виде совокупности асинхронно протекающих процессов в динамике на заданном интервале времени;
- оценить мотивацию обучающегося в получении МДЗ через статистику обращений к различным сегментам СБЗ;
- учесть формы и время активного взаимодействия обучающегося с преподавателем;
- оценить время индивидуального решения комплекса задач и каждой задачи в отдельности;
- определить активность обучающегося в адресном получении дополнительной информации по изучаемой теме;
- отразить настройку вариативных компонентов методической системы обучения преподавателем;



	<p>нечеткость данных.</p> <p>4. Непрерывное расширение и углубление предметной области (ПрО).</p> <p>5. Междисциплинарность – множество частично пересекающихся классов объектов.</p> <p>6. Интеграция данных ПрО.</p> <p>7. Управление доступом.</p>	<p>3. Возможность визуализации процесса и результатов моделирования.</p> <p>4. Возможность декларативного и процедурного представления знаний.</p> <p>5. Модификация правил поведения системы.</p> <p>6. Обеспечение масштабируемости.</p>
2. Модель обучающегося	<p>1. Вариативность психофизиологических характеристик обучаемого.</p> <p>2. Неоднозначность количественного отражения характеристик в различных условиях (нелинейность объекта).</p> <p>3. Многокритериальность оценки готовности обучаемого к профессиональной деятельности.</p> <p>4. Многофункциональность человека как субъекта образовательной деятельности.</p>	<p>1. Адаптация и настройка.</p> <p>2. Обучение и корректировка базовой модели.</p> <p>3. Описание в статике и динамике (учет фактора времени).</p> <p>4. Унификация базовых компонентов и интерфейса.</p> <p>5. Возможность критериальной оценки характеристик обучаемого.</p>
3. Модель процесса обучения	<p>1. Асинхронность и параллельность процессов формирования профессиональных умений и навыков.</p> <p>2. Нестационарность характеристик процесса обучения.</p> <p>3. Динамический характер.</p> <p>4. Вариативность условий обучения.</p>	<p>1. Возможность индивидуализации траектории обучения.</p> <p>2. Возможность постановки и решения задач многофакторного статистического анализа.</p> <p>3. Возможность постановки и решения задач оптимизации стратегии обучения.</p> <p>4. Возможность учета как строгих, так и неформальных факторов и условий обучения.</p> <p>5. Прогностическая способность.</p> <p>6. Возможность оценивания и контроля промежуточных результатов обучения.</p>

Таблица 4

#### Характеристика переходов математической модели

Идентификатор	Функционал перехода
$t_1$	Переход, отражающий условия перехода маркера в позицию $P_1$ (ввод правильного логина и пароля; наличие фиксированного ресурса времени).
$t_2$	Переход, отражающий условия перехода маркера в позицию $P_2$ : а) наличие сигнала с блока <b>Об</b> о том, что обучающийся готов начать или продолжить ДО; б) наличие сигнала (метки) в позиции $P_1$ (тестирование обучающе-

	<p>гося завершено с определением показателей типа обучающегося);</p> <p>в) разрешающий сигнал об успешном выполнении задания по этапу обучения;</p> <p>г) разрешающий сигнал от блока <b>П</b> на обучение.</p>
$t_3$	<p><math>t_3</math> Переход, отражающий условия перехода маркера в позицию <math>P_3</math>:</p> <p>а) наличие сигнала от блока <b>Об</b> на проверку очередного задания (студент послал запрос на проверку правильности выполнения задания);</p> <p>б) наличие сигнала от блока <b>П</b> на проверку очередного задания.</p>
$t_4$	<p>Переход, отражающий условия перехода маркера в позицию <math>P_4</math>: разрешающий сигнал от блока БОЦ на выполнение следующего задания.</p>
$t_5$	<p>Переход, отражающий условия перехода маркера в позицию <math>P_5</math>: наличие сигнала от блока <b>Об</b> за дополнительной помощью при выполнении задания.</p>
$t_6$	<p>Переход, отражающий условия перехода маркера в позицию <math>P_6</math>: наличие сигнала об уточнении типа ошибки.</p>
$t_7$	<p>Переход, отражающий условия перехода маркера в позицию <math>P_7</math>: наличие уточняющего сигнала, к какому сегменту базы знаний необходимо обращаться.</p>
$t_8$	<p>Переход, отражающий условия перехода маркера в позицию <math>P_8</math>: наличие сигнала о том, что задание успешно выполнено после обращения к соответствующим сегментам базы знаний.</p>
$t_9$	<p>Переход, отражающий условия перехода маркера в позицию <math>P_9</math>:</p> <p>а) наличие сигнала от блока <b>Об</b> за помощью к преподавателю или с сообщением об успешном выполнении задания;</p> <p>б) наличие сигнала от блока БНС о поступлении информации о процессе обучения;</p> <p>в) наличие сигнала о завершении процедуры корректировки статистических данных.</p>
$t_{10}$	<p>Переход, отражающий условия перехода маркера в позицию <math>P_{10}</math>: наличие сигнала об успешном выполнении очередного задания в модуле обучения.</p>
$t_{11}$	<p>Переход, отражающий условия перехода маркера в позицию <math>P_{11}</math>:</p> <p>а) наличие сигнала от блока <b>БОЦ</b> о том, что задание выполнено неверно;</p> <p>б) наличие уточняющего сообщения, к какой части базы знаний обучающемуся необходимо обращаться;</p> <p>в) наличие сообщения о том, что поменялось в методике ДО;</p> <p>г) разрешающий сигнал от блока <b>П</b>.</p>

Таблица 5

### Характеристика позиций математической модели

Идентификатор	Функционал перехода
$P_1$	событие, связанное с началом тестирования очередного студента
$P_2$	событие, связанное с началом дистанционного обучения студента
$P_3$	событие, связанное с началом проверки очередного задания
$P_4$	событие, связанное с переходом к следующему заданию или модулю (теме) обучения
$P_5$	событие, связанное с обращением за дополнительной помощью

	при выполнении задания
$P_6$	событие, связанное с уточнением типа ошибки
$P_7$	событие, связанное с переходом к тому сегменту базы знаний, который соответствует типу ошибки
$P_8$	событие, связанное с переходом к блоку накопления фактов
$P_9$	событие, связанное с обращением к преподавателю
$P_{10}$	событие, связанное с окончанием процесса обучения в целом или на отдельном этапе
$P_{11}$	событие, имитирующее процесс формирования знаний и умений у обучающегося

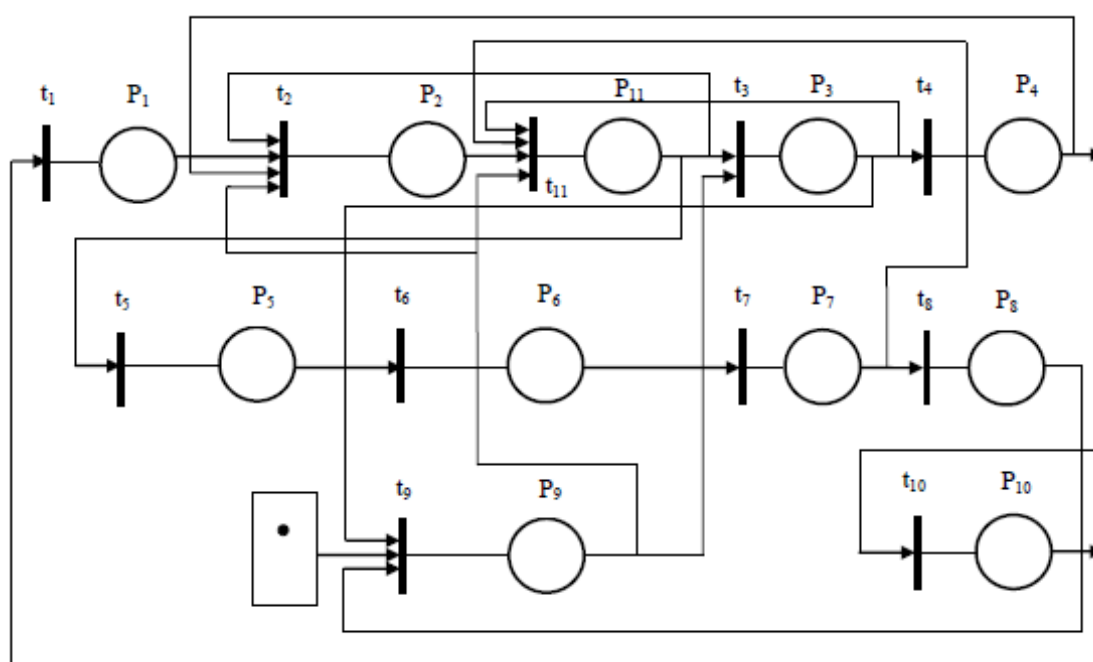


Рис. 4. Математическая модель процесса дистанционного обучения в терминах РВС Петри

Изучение МДС в рамках предложенной сетевой модели процесса дистанционного обучения осуществляется в соответствии с вычислительной схемой метода статистических испытаний [3]. При проведении серии опытов фиксируются положения маркеров (в позициях) модели на момент окончания процесса обучения, а также условия каждого опыта и число обращений обучающегося к различным сегментам базы знаний и к преподавателю. Полученные данные служат основанием для оценки вероятности успешного завершения курса обучения согласно правилам математической статистики.

В интересах количественной оценки влияния параметров  $x_1, x_2, \dots, x_n$

МДС, учитываемых в модели, на результаты дистанционного обучения на основе методики активного планирования эксперимента строится многофакторная линейная регрессионная модель следующего вида [3]:

$$\hat{P}(x) = b_0 + b_1 \cdot x_1 + \dots + b_n \cdot x_n,$$

в которой переменные  $b_1, \dots, b_n$  представляют собой коэффициенты регрессии, отражающие в рамках линейной интерпретации влияние соответствующих факторов  $x_1, \dots, x_n$  на вероятность  $\hat{P}(x)$  успешного завершения процесса обучения.

Таким образом, изложенный выше методический подход заключается в формализации процесса дистанционного обучения в базисе РВС Петри и в определении по результатам моделирования количественных показателей, которые прямо или косвенно характеризуют степень влияния МДС на результаты обучения. Важной особенностью предложенной модели (рис. 3) является учёт циклического интерактивного взаимодействия

обучающегося с преподавателем и образовательным контентом.

Представленная в статье сетевая модель системы дистанционного обучения может быть применена при разработке рабочих программ учебных дисциплин ООП в целях прогнозирования результатов индивидуального обучения студентов и оценки согласованности структурно-логических схем прохождения дисциплин учебного плана.

### Литература

1. Касторнова В.А. Современное состояние научных исследований и практико-ориентированных подходов к организации и функционированию образовательного пространства: монография. / – Череповец: ЧПУ, 2011. – 461 с.
2. Лескин А.А., Мальцев П.А., Спиридонов А.М. Сети Петри в моделировании и управлении / – Л.: Наука. Ленингр. отд., 1989. – 275 с.
3. Надеждин Е.Н., Бушуев В.Д. Методы моделирования в задачах исследования систем организационного управления: монография / – Тула: Автономная некоммерческая организация ВПО «Институт экономики и управления», 2011. – 280 с.
4. Надеждин Е.Н. Теоретические аспекты семантического анализа междисциплинарных знаний в интеллектуальных обучающих системах / ФГБОУ ВПО «Тульский государственный педагогический университет имени Л.Н. Толстого» / – Тула, 2013. – 18 с.: 4 ил. – Библиогр.: 23 назв. – Русс.- Деп. в ВИНТИ 17.12.2013 г.; № 374-В2013.
5. Надеждин Е.Н., Смирнова Е.Е. Принципы семантического представления междисциплинарных знаний в интеллектуальных обучающих системах / Информационная среда образования и науки. – 2012. – № 8. – С. 81-87.
6. Надеждин Е.Н., Смирнова Е.Е. Эконометрика: учебное пособие / – Тула: АНО ВПО «Институт экономики и управления», 2013. – 240 с.
7. Надеждин Е.Н. Методика операционного моделирования организационно-технологических процессов в базисе расширенных временных сетей Петри / депон. ФГБОУ ВПО «Тульский государственный педагогический университет имени Л.Н. Толстого» / – Тула, 2014. – 16 с. 3 ил. – Библиогр. 16 назв. – Русс.- Деп. в ВИНТИ 15.08.2014 г.; № 235-В2014. Бюллетень публикаций № 9. – 2014 г.
8. Сердюков В.И., Сердюкова Н.А. Актуальные вопросы организации и проведения педагогического эксперимента и пути их решения / Педагогическое образование в России. – 2013. – № 6. – С. 84-90.
9. Смирнов А.А., Носик А.С. Разработка образовательной программы на основе моделирования междисциплинарных логических связей / Вестник Российского государственного университета им. И. Канта. – 2010. – Вып. 5. – С. 12-21.
10. Смирнова Е.Е. Семантический анализ междисциплинарных связей как основа формирования методической системы интенсивного обучения / Современные проблемы науки и образования, – 2014. – № 6. / [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.science-education.ru/120-15631>, свободный.
11. Смирнова Е.Е. Методика экстрагирования математических понятий с признаками междисциплинарности на основе кластерного анализа / Информатизация образования и науки. – 2015. – № 2(26). – С 133-145.
12. Мхитарян В.С., Архипова М.Ю., Балаш В.А. [и др.] / Эконометрика – М.: Проспект. – 2010. – 384 с.