

СИСТЕМА ДИФФЕРЕНЦИРОВАННОГО ОБУЧЕНИЯ ЧЕРЕЗ ИНТЕРНЕТ НА ОСНОВЕ ПОТОКОВОЙ МОДЕЛИ ЗНАНИЙ

Г. С. КУРГАНСКАЯ

Иркутский государственный университет, Россия

e-mail: galina@buk.irk.ru

The knowledge flow model of the learning material representation (KFS model) discussed in the present paper enables one to find a comprehensive solution to the following problems:

- to work out a course for individual and group learning;
- to take such a course;
- to monitor and correct the instruction process as a whole as well as the learning process of an individual student.

The Adaptable Learning System via Internet developed on the basis of formal KFS model of learning material representation has been presented.

Использование в обучении формализованных моделей представления знаний началось в эпоху “кибернетической” эйфории в 50–60-х годах, когда из США к нам пришла мода на программированное обучение, программированные учебники и обучающие машины. Фундаментом программированного обучения были три принципа:

1. Учебный материал разбивается на порции.
2. Последовательность выполнения порций задается блок-схемой с условиями детерминированного перехода на порции.
3. В схеме расставляются тестовый контроль и возврат на переобучение (повторение уже пройденного пути обучения).

Впервые в работах М. И. Гельфанда и М. Л. Цейтлина 60-х годов понятие алгоритма было допущено в психологию и педагогику. В работе Л. Н. Ланда “Алгоритмизация обучения” (1966) математически была обоснована методика программированного обучения. Методы программированного обучения основывались на теории схем и программ, изложенных в работах А. А. Ляпунова, Ю. Н. Янова, А. П. Ершова.

В 1973 г. появилась работа С. И. Шапиро “От алгоритмов к суждениям”, где формальная дидактика получила новое развитие. На основе блок-схемы обучения логические условия ветвления сворачивались в логические импликации (“если x , то y ” сворачивается в логическую импликацию “из x следует y ”). В результате логической свертки отслеживался вывод знаний в учебном курсе. На основе предложенного С. И. Шапиро подхода в 70-х годах в школах и педагогических институтах проводился широкомасштабный эксперимент по преподаванию математики по новой методике.

Но оставались нерешенными задачи дифференцированного подхода к обучаемому и индивидуального обучения по собственной программе. Кроме того, при обучении через

Интернет естественно ожидать возможности групповой работы, а сама система обучения должна входить в общую корпоративную систему образовательного учреждения, реального или виртуального.

Для решения задачи индивидуального обучения с возможностью групповой работы в Байкальском институте бизнеса и международного менеджмента ИГУ разработана система дифференцированного обучения через Интернет на основе формальной RFS-модели представления учебного материала.

Модель представления знаний должна позволять просто решать основные задачи обучения:

1. *Формирование учебного материала.* Профессор — разработчик курса — передает свои знания. При этом следует выделить собственно знания по предмету и его авторскую методику преподавания, педагогические навыки и приемы.

2. *Изучение учебного материала.* Студент изучает курс в индивидуальном режиме, определяя оптимальные для него пути изучения, степень детализации, задавая собственный темп изучения.

3. *Мониторинг и анализ учебного процесса в целом и отслеживание ситуации с каждым студентом.*

Информационные связи в модели представления учебного материала. Представим модель знаний учебного курса, которая следует естественной структуре любого учебного материала, не вдаваясь в его смысл, семантику. Считаем, что знания в каждой области состоят из некоторых теорий, концепций, понятий, утверждений, примеров, фактов. Сейчас нас не интересует их содержание, мы сосредоточимся на информационных связях между ними.

Итак, учебный материал может быть разбит на отдельные составляющие, которые будем называть элементами учебного материала или учебными блоками.

Преподаватель определяет структуру курса, указывая, из каких блоков он состоит.

Для изучения любого блока требуются некоторые знания, это может быть результат изучения других блоков этого курса или знания из других курсов, или из другой области (такие знания будем называть базовыми для этого курса). Результатом изучения этого блока, его выходом, будет некое новое знание обучаемого (рис. 1).

Пока нас не интересует смысл этого заключения, содержание полученного знания. Важно лишь, что оно существует, рассматривается нами как единое целое и может использоваться в других блоках курса или вообще являться его результатом.

Очевидно, что между элементами множества могут существовать разные связи и отношения. Основополагающей будет связь по знанию, которое, будучи сформированным в одном блоке курса, используется в другом. Такие связи назовем потоком знаний в курсе “Knowledge Flow” (KF), а структуру курса, построенного на его основе, — “Knowledge Flow Structure” (KFS).

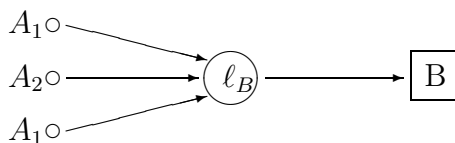


Рис. 1. Учебный блок курса.

Итак, схема курса представляет ориентированный граф, узлами которого являются обучающие блоки, а дугами — связи по передаче знаний из блока в блок. Очевидно, что в

курс могут вести несколько входов (базовые знания), а результат последнего блока является и результатом всего курса.

Целесообразно завершать каждый блок проверкой выходного знания, причем это может быть тест, семинар, задание, деловая игра и т. п. Более того, разработчик может устанавливать проверку знаний и при входе в блок. Для оценивания знаний могут использоваться разные методики. По результатам проверки знаний возможны варианты: возвраты (повторное изучение) и переходы студента по курсу.

Построив такую структуру, мы можем провести ее формальный анализ с точки зрения теории графов и соответственно в первом приближении получить некие грубые качественные оценки курса. Практически все свойства ориентированного графа имеют на нашей KFS-структуре разумную интерпретацию.

Очевидно, что граф должен быть связным и не иметь циклов, т. е. прямо или косвенно весь учебный материал связан и работает на общий результат. Мы также можем выделить базовые обучающие блоки, откуда больше всего ссылок и т. п.

Детализация учебных блоков в KFS-модели. Сразу сделать полное описание курса мы не можем. Поэтому рекомендуем начать с одного блока, но при этом тщательно прописать его входы (базовые знания) и выход — знания и умения, вырабатываемые в этом курсе. А затем воспользоваться советом Декарта из числа многих сформулированных им правил для руководства ума — делить каждое из исследуемых затруднений на столько частей, сколько это возможно и нужно для лучшего их преодоления.

Каждый этап детализации порождает новый слой в представлении учебного материала, причем вовсе не обязательно, чтобы переход на следующий уровень сопровождался “дроблением” всех блоков знаний, они могут переходить на следующий слой без изменений. Хотя, возможно, это свидетельствует о первоначальной несбалансированности структуры учебного материала.

Таким образом, KFS-модель учебного курса позволяет задавать разные слои детализации, и каждый слой представляет собой граф из учебных элементов.

Ярусно-параллельная форма представления модели KFS. До сих пор модель знаний была ориентирована на логику связи отдельных учебных блоков (ℓ -блоков). Оказывается важным учитывать и логическую независимость (несвязность) знаний. Независимость ℓ -блоков в графе позволяет строить различные варианты последовательностей изложения учебного материала и выбирать из них наилучшие с точки зрения преподавателя и обучающегося.

Определение. *Ярусно-параллельной формой (ЯПФ) графа KN называется частичное упорядочение вершин по уровням, на которых расположены независимые по логическим связям ℓ -блоки, так, что на нулевом уровне расположены входные знания, а на последнем — целевое знание (рис. 2).*

Можно образно представить, что по ЯПФ идет фронт обучения: сначала изучаются входные знания, затем знания 1-го уровня и т. д. до целевых знаний на последнем уровне, причем последовательность изложения знаний на каждом из уровней произвольна. Совокупность независимых знаний на каждом уровне ЯПФ названа логическим уровнем. Таким образом фронт обучения пробегает последовательность логических уровней обучения.

Все связи в ЯПФ разбиты на два класса: 1) непосредственные связи, которые “передают” знания с предыдущего уровня на последующий; 2) отложенные связи, которые студент должен помнить (или ему должны напоминать), пока соответствующие знания будут

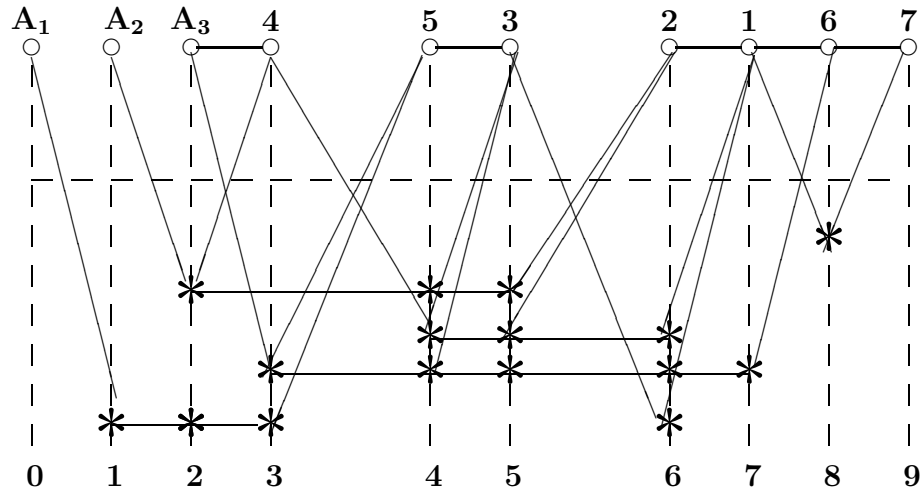


Рис. 2. Ярусно-параллельная форма графа KFS-модели: непосредственных связей — 5, отложенных связей — 11, коэффициент забывания $\lambda = 16$.

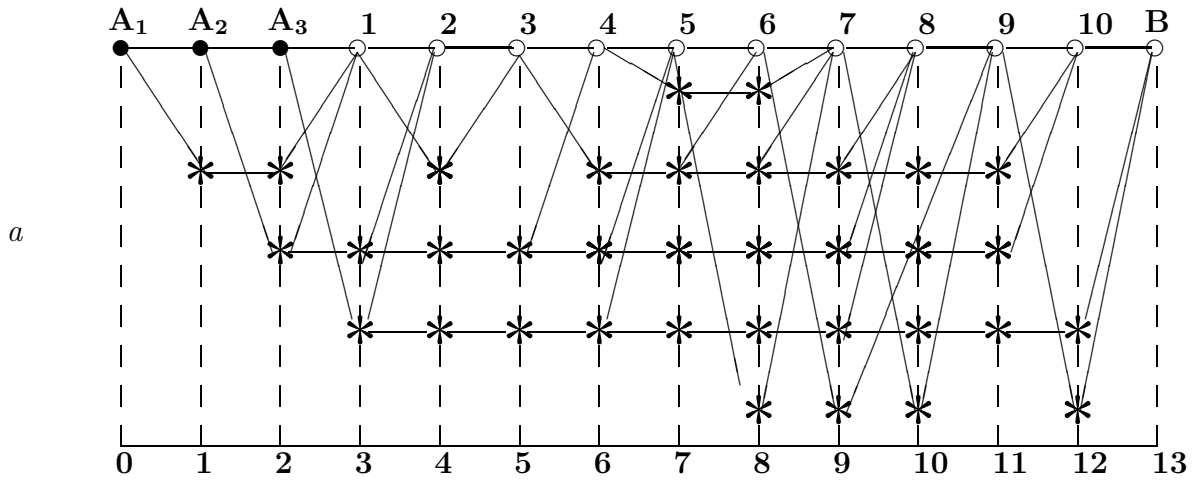
использоваться при прохождении фронта обучения. Для фиксирования этих двух типов связей в ЯПФ предусмотрены соответствующие поля. Количество непосредственных и отложенных связей и их соотношения могут служить очень важными характеристиками для построения последовательности обучения для различных контингентов обучаемых. Одной из характеристик графа знаний, важной для психологической оценки процесса обучения, является коэффициент забывания λ , он равен сумме количества уровней, которые пронизывают все отложенные связи при движении фронта обучения (на рис. 2 они отмечены *, количество уровней в ЯПФ есть коэффициент забывания λ).

Алгоритм упорядочения в ЯПФ направленного графа без циклов предложен Н.Виртом, название “ЯПФ” предложено Д. А. Поспеловым.

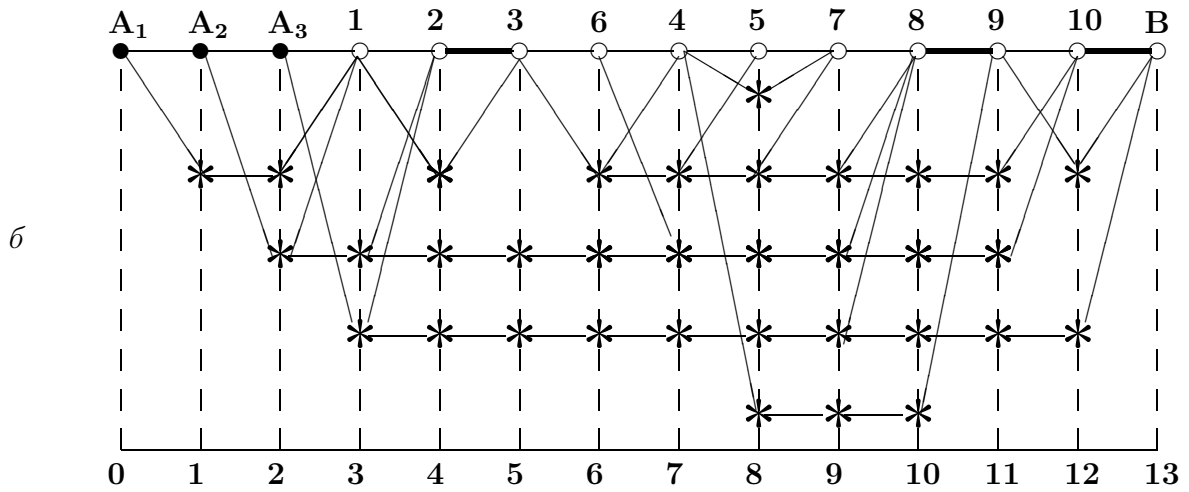
Планирование учебного процесса. ЯПФ графа знаний уже дает общий план учебного процесса, т. е. последовательность прохождения учебного материала фронтально по логическим уровням. Но остается неопределенной последовательность изучения учебных блоков на одном уровне, что неприемлемо для построения компьютерного курса. Далее вводятся ЯПФ графа знаний, рассчитанные на линейную последовательность (цепочку) порций, когда на конкретном логическом уровне находится заранее “заказанное” количество ℓ -блоков, которые мы будем теперь называть логическими блоками, привязанными строго к номеру логического уровня. Такие ЯПФ будут называться n -процессорными разложениями, где n показывает, что количество логических блоков на каждом из уровней равно или меньше n .

На рис. 3 показаны планы разложений графа с ЯПФ. Пример иллюстрирует, что для одного и того же графа знаний могут быть получены различные планы (расписания) последовательности подачи учебного материала, которые отличаются характеристиками “протяженности” логических связей между логическими блоками, расположенными на разных уровнях.

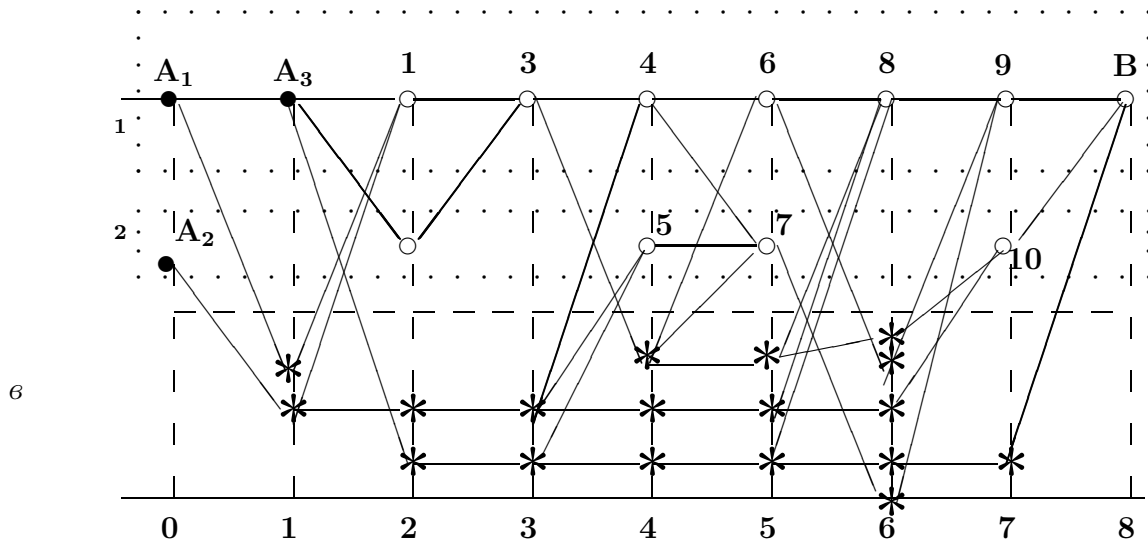
Модель оценивания сложных структур знаний. Студенту хочется знать объективную оценку своих знаний и некоторые объяснения оценки преподавателем. Преподаватель всегда может построить объяснение целевой (заключительной) оценки на основе оценки знаний, составляющих логический блок. Для виртуального преподавателя необходима формальная процедура оценивания. Ниже рассматриваются три типа формального оценивания знаний на основе процедуры свертки оценок, изначально представленных “элек-



1 П-разложение графа знаний под 1-го обучающегося
(непосредственных связей — 3, отложенных связей — 22, $\lambda = 35$)



Альтернативное 1 П-разложение графа знаний
(непосредственных связей — 3, отложенных связей — 22, $\lambda = 34$)



2 П-разложение графа знаний
(непосредственных связей — 9, отложенных связей — 16, $\lambda = 18$)

Рис. 3. Планирование процесса обучения по графу знаний в ЯПФ: *a*, *б* — планы для одного обучающегося; *в* — план обучения для бригады из двух студентов.

тронным” преподавателем в виде оценок каждого логического ℓ -блока (их можно назвать терминальными оценками), либо терминальных оценок, полученных в результате дистанционного диалога. Приведенные методы оценок базируются на подходе автора к оценке сложных систем.

Процедуры достаточно просты, основаны на структурных характеристиках KFS-модели курса.

Модель оценки знаний с учетом коррекции многослойной детализации (рис. 4) представляет собой процедуру, которая определяется: а) начальным состоянием оценок; б) процессами коррекции оценок, учитывающими детализацию при фронтальном разложении логического ℓ -блока нулевого уровня. Эта модель предполагает, что оценки q^* ℓ -блоков на всех уровнях детализации заданы преподавателем, определен процесс коррекции, оценки последнего слоя детализации не корректируются.

Оценка с равновесной сверткой оценок логического блока ℓ_{i-1} по составляющим i -го слоя:

$$\dot{q}_\ell^{(i-1)} = \frac{1}{2} \left(q_\ell^{(i-1)} + \frac{1}{5} \sum_{j=1}^5 q_j^{(i)} \right)$$

($q_j^{(i)}$ — расчетные оценки, полученные процедурой).

Оценка с взвешенной сверткой логического блока ℓ_{i-1} по составляющим i -го слоя:

$$\dot{q}_\ell^{(i-1)} = \frac{1}{2} \left(q_\ell^{(i-1)} + \sum_{j=1}^5 \lambda_j^{(i)} q_j^{(i)} \right),$$

где $\dot{q}_\ell^{(i-1)}$ — собственная независимая оценка логического блока, сделанная преподавателем; $\lambda_j^{(i)}$ — важность логического блока $\lambda_j^{(i)}$ в слое i , $\sum_{j=1}^n \lambda_j^{(i)} = 1$.

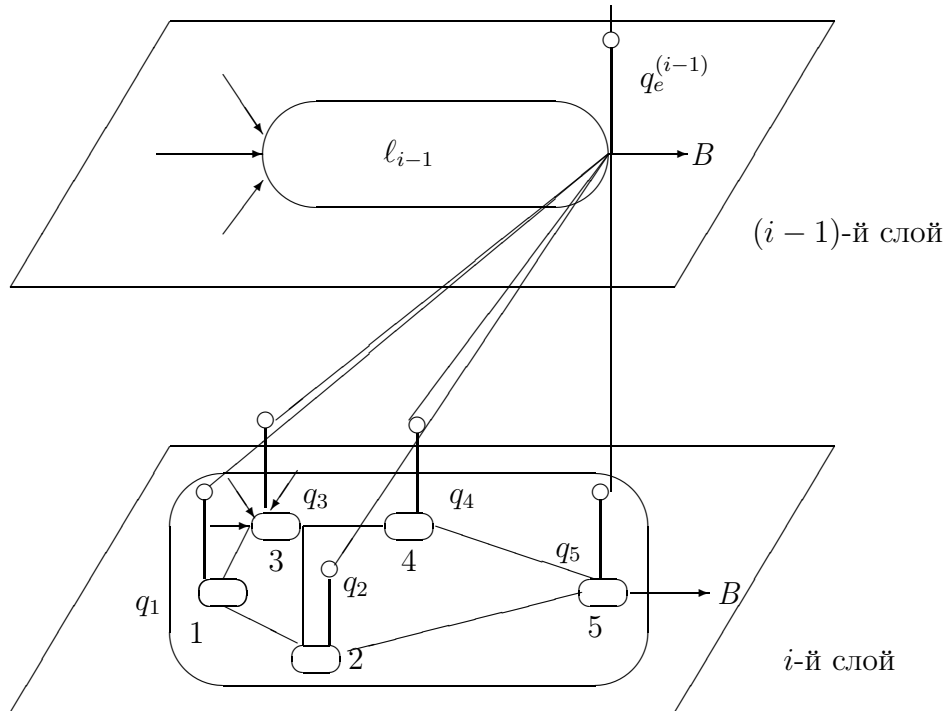


Рис. 4. Пример оценки с учетом коррекции многослойной детализации.

Пусть на некотором слое i уже получены расчетные (скорректированные) значения оценок для всего множества логических ℓ -блоков $Q_i = \{q_1, q_2, \dots, q_k\}$, тогда последовательно можно скорректировать оценки преподавателя для каждого ℓ -блока $(i-1)$ -го слоя при помощи операции усреднения оценок ℓ -блоков, составляющих (детализирующих) его на i -м слое. Напомним, что составляющие блоки связаны в граф знаний.

Расчетная оценка каждого ℓ_{i-1} -блока получается усреднением двух оценок — оценки преподавателя и средней расчетных оценок i -го слоя ℓ_i -блоков, входящих в ℓ_{i-1} -блок:

$$\bar{q}_\ell^{(i)} = \frac{1}{k} \sum_{j=1}^r q_j^{(i)}, \quad q_\ell^{(i-1)} = \frac{1}{2} \left(q_\ell^{*(i-1)} + \bar{q}_\ell^{(i)} \right),$$

где $q_\ell^{*(i-1)}$ — оценка преподавателя; $q_\ell^{(i-1)}$ — расчетная скорректированная оценка; $\bar{q}_\ell^{(i)}$ — средняя оценка для ℓ -блока верхнего $(i-1)$ -слоя.

Для расчета коррекции можно применять взвешенное усреднение

$$\bar{\bar{q}}_\ell^{(i)} = \sum_{j=1}^r \lambda_j^{(i)} q_j^{(i)}, \quad q_\ell^{(i-1)} = \frac{1}{2} \left(q_\ell^{*(i-1)} + \bar{\bar{q}}_\ell^{(i)} \right),$$

где λ — коэффициент важности логического блока, $\sum_{j=1}^r \lambda_j^{(i)} = 1$.

Процесс коррекции заканчивается при получении расчетной оценки свертки ℓ -блока нулевого слоя.

Архитектура системы дифференцированного обучения. Рассмотрим, как на этой модели решаются наши задачи.

Формирование учебного материала. Профессор может строить модель поэтапно, причем это касается как детализации по слоям, так и структуризации понятий на одном слое. Для каждого элемента он указывает содержимое (любого формата), определяет процедуру выходного и, если нужно, входного контроля, задает время изучения блока и обязательно указывает его информационные связи. Анализ модели выполняется автоматически, строится ЯПФ курса и на ее основе создаются варианты путей изучения курса, вычисляются их характеристики. Ознакомившись с результатами анализа, профессор может рекомендовать некоторые (или все) пути изучения или откорректировать курс.

Изучение учебного материала. При такой модели курса студент может самостоятельно изучать курс, переходя от раздела к разделу, в соответствии с избранным им путем из предложенных профессором. Студент всегда знает, где он находится, как он туда пришел, может просмотреть свои результаты и выбрать дальнейший путь. При этом в курсе преподаватель может предусмотреть повторное изучение тех или иных разделов как в случае неудовлетворительной оценки с точки зрения преподавателя, так и в случае, если студент сам недоволен своим результатом.

Мониторинг и анализ учебного процесса в целом и отслеживание ситуации с каждым студентом. Чтобы решить эту проблему, достаточно иметь карту пути изучения курса для каждого студента, на которой фиксируется процесс изучения. Обработав соответствующим образом карты курса всех студентов, всегда можно провести исчерпывающий анализ изучения курса в разных аспектах.

На наш взгляд, модель позволяет разрабатывать учебный курс любого уровня сложности и, что особенно важно, делать это поэтапно, постепенно усложняя курс, шаг за шагом передавая функции “электронному учителю”.

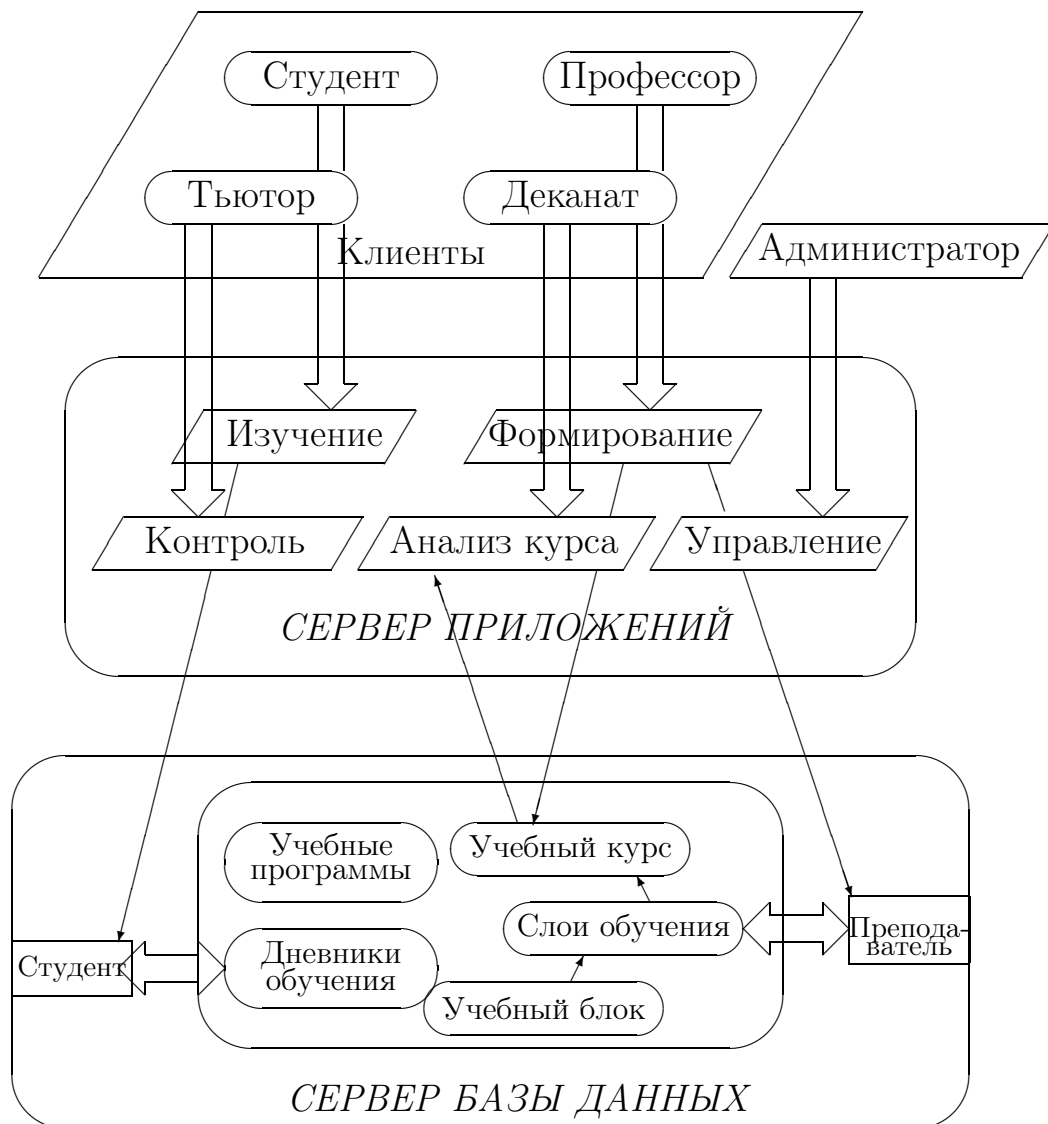


Рис. 5. Архитектура системы дифференцированного обучения через Интернет.

Мы рассмотрели KFS-модель представления знаний в учебном курсе, которая позволяет организовать по нему дифференцированное обучение. Архитектура системы обучения через Интернет (рис. 5), основанная на предложенной автором методике, должна обеспечивать эффективное решение вышеперечисленных задач.

Наиболее адекватно поставленным задачам отвечает распределенная обработка данных в режиме клиент — сервер. Сервером системы дистанционного обучения является сервер базы данных PostgreSQL, обеспечивающий выдачу данных для всех пользователей по их запросам, которые формируются соответствующими клиентами на языке обработки запросов PHP/PI 3.0. Система предназначена для работы в среде Интернет и обеспечивает свободный доступ зарегистрированным пользователям системы с любой машины, имеющей доступ в Интернет через стандартный браузер, например Netscape Communicator или Internet Explorer.

В системе дифференцированного обучения через Интернет могут работать следующие группы пользователей:

- преподаватели — разработчики дистанционных курсов в системе “Конструктор курсов”;
- студенты, обучающиеся на курсах в системе “Студент”;
- преподаватели, сопровождающие курс в системе “Тьютор”;
- руководство дистанционного обучения в системе “Деканат”.

Система поддерживает санкционированный доступ к своим ресурсам в соответствии с полномочиями каждой группы. Все пользователи системы должны зарегистрироваться в системе и заполнить заявление для работы в соответствующей системе по адресу www.edu.buk.irk.ru. Деканат принимает решение о доступе и информирует пользователя о своем решении по электронной почте.

Список литературы

- [1] ВИРТ Н. Структура данных + Алгоритм = Программы // Мат. обеспечение ЭВМ. М.: Мир, 1985. 408 с.
- [2] БЕРГ А. И. Применение ЭВМ в учебном процессе. М.: Наука, 1969.
- [3] KURGANSKAYA G. Analysis and estimation systems on a complex criterion // 14 Intern. Conf. of WACRA on Sustainable Development. Madrid, 1997. Vol. 2. P. 49–51.
- [4] КУРГАНСКАЯ Г. С. Методы формирования оценок сложных систем по комплексному критерию в дистанционном образовании и их визуализация // Вычисл. технологии. 2000. Т. 5, №1. С. 65–70.
- [5] КУРГАНСКАЯ Г. С. Модели представления знаний в дистанционных курсах и средства их построения // Мат. науч. конф. “Научный сервис в сети Интернет”. Новороссийск, 1999. С. 289–293.
- [6] КУРГАНСКАЯ Г. С. Модель представления знаний и система дифференцированного обучения через Интернет на его основе // Изв. Челябинского науч. центра. 2000. №2.
- [7] ПОСПЕЛОВ Д. А. Введение в теорию вычислительных систем. М.: Сов. радио, 1972. 280 с.

*Поступила в редакцию 13 декабря 2000 г.,
в переработанном виде — 16 мая 2001 г.*