

## Раздел VII. Проблемы образования

УДК 681.3.062:007:159.955

**В.М. Глушань, А.Ю. Афанасьев, Н.И. Лященко**

### **КОМПЬЮТЕРНАЯ СРЕДА ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБУЧЕНИЯ\***

*Предлагается компьютерная система, определяющая первичные профессиональные знания абитуриента, полученные ранее в другом учебном заведении. Система выявляет и формирует программу переобучения, в наибольшей степени удовлетворяющую возможностям и пожеланиям абитуриента. Рассматривается вопрос оптимизации учебного процесса образовательного учреждения. Показано, что организация учебного процесса вуза носит оптимизационный характер, оптимальность которого может быть определена путем комбинаторного перебора альтернатив или применением линейного программирования.*

*Информационные технологии; автоматизированное обучение и контроль знаний; обучающая программа; процесс обучения; модель обучаемого; тестовое задание; психофизиологический анализ; матрица смежности.*

**V.M. Glushan, A.J. Afanasev, N.I. Ljashenko**

### **THE COMPUTER ENVIRONMENT FOR OPTIMIZATION OF THE INDIVIDUAL PROGRAM OF VOCATIONAL TRAINING**

*The computer system defining a primary professional knowledge of the entrant, received earlier in other educational institution is offered. The system reveals and forms the conversion training program, to the greatest degree satisfying to possibilities and wishes of the entrant. The question of optimisation of educational process of educational institution is considered. It is shown, that the organisation of educational process of high school has the optimising character which optimality can be defined by combinatory search of alternatives or application of linear programming.*

*The information technologies; the automated training and the control of the knowledge; the training program; training process; model of the trainee; the test task; the psychophysiological analysis; contiguity matrix.*

**Введение.** Информационные технологии благодаря всеобщей компьютеризации заняли прочные позиции в сфере обучения и контроля знаний [1]. Эта тенденция носит общемировой характер. Однако для России, вставшей на путь рыночной экономики, острой является проблема переобучения уже сложившихся специалистов новым профессиям. В связи с этим появилось множество центров занятости, предлагающих свои образовательные услуги. Не остается в стороне от этой тенденции и высшая школа, вводя в свои программы ускоренные формы обучения различным специальностям (3,5 года обучения вместо традиционных 5–6 лет). Такие формы обучения предлагаются абитуриентам, ранее получившим ту или иную специальность, но другого профиля, или ту же специальность, но полученную в образовательном учреждении рангом ниже, например, в колледже.

\* Работа выполнена при частичной поддержке (проект № 10-07-00538).

В такой обстановке деканаты пользуются директивными указаниями или собственными представлениями (или даже представлениями самих преподавателей) о том, какие предметы можно перезачесть, а какие надо изучать с «нуля». Совершенно очевидно, что такой подход лишён необходимого обоснования. А ввиду того, что ускоренные формы обучения приобретают все большую популярность, актуальной становится задача создания автоматизированных обучающих систем, сначала определяющих уровень подготовленности (дивергенция) обучаемого к освоению новой профессии, а затем формирующих оптимальную индивидуальную траекторию обучения (конвергенция).

**Среда автоматизированного обучения и контроля знаний.** Процесс обучения невозможен без контроля уровня приобретенных знаний, умений и навыков. Поэтому уже ставшей традиционной схеме обучения, содержащую подсистемы обучения и контроля знаний, предлагается дополнить подсистемой анализа и синтеза оптимальной обучающей программы (ПАОСОП) – рис. 1.



Рис. 1. Обобщенная схема компьютерной среды

ПАОСОП должна проанализировать уровень исходных знаний обучаемого, и исходя из его личных целей и возможностей, а также с учетом общепринятых критериев качества обучения, сформировать оптимальную программу обучения. Одновременно с этим должен быть проведен психофизиологический анализ абитуриента, используемый далее для формирования модели обучаемого.

Исходный уровень знаний абитуриента должен сравниваться с эталонным уровнем знаний, необходимым для приобретения желаемой специальности или же для рекомендации специальности, наилучшим образом удовлетворяющей целям, мотивации, возможностям (экономическим, временным и др.) обучаемого. Должен также учитываться социальный статус профессии на данный период времени общественно-экономического развития региона или страны в целом (востребованность, значимость, популярность, возможность трудоустройства и др.).

Очевидно, что эталонные программы обучения должны храниться в базе данных и знаний. Результат сравнения исходного уровня знаний с эталонным уровнем может быть использован для синтеза оптимальной обучающей программы. Для такого синтеза необходимо ввести в систему критерии качества обучения, а также набор ограничений на параметры процесса обучения, например время, стоимость и др.

Синтезированная обучающая программа фактически представляет дидактическую основу для реализации процесса обучения и контроля знаний. Процесс обучения, исходя из современного уровня достижений педагогической науки, тестологии и информационных технологий, должен быть адаптивным, то есть иметь возможность подстраиваться под индивидуальные особенности обучаемого. Такой

подход можно реализовать, опираясь на модель обучаемого, формируемую из информации об уровне исходных знаний, недостающих знаний, психоэмоционального состояния и целей обучаемого.

Модель обучаемого, эталонные знания, недостающие знания и дидактическая обучающая программа используются для формирования концепта, который предъявляется обучаемому в виде соответствующих интерфейсных форм. Заключительный этап обучения – контроль знаний. Для его реализации система должна уметь генерировать различные типы тестовых заданий, предъявлять их обучаемому и анализировать его ответы. В зависимости от результата контроля знаний система должна уметь принимать решение о сертификации обучаемого, т.е. проверять уровень усвоения знаний. В зависимости от этого уровня необходимо по соответствующим сигналам обратной связи уточнять модель обучаемого и/или изменять набор тестовых заданий и корректировать интерфейс предъявления концепта для повторного обучения отдельных, как правило, элементов обучения.

Исходя из приведенных соображений, общая структура, приведенная на рисунке (см. рис. 1), в развернутом виде будет иметь вид – рис. 2.

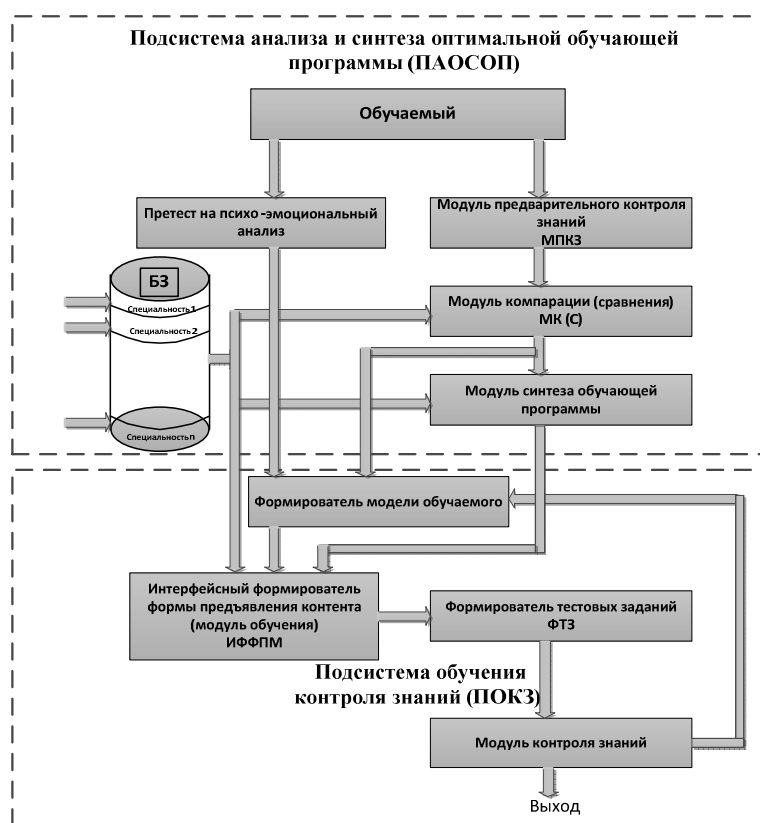


Рис. 2. Развернутая схема компьютерной среды

Подсистема обучения и контроля знаний (ПОКЗ) в большей степени, чем ПАОСОП требует для своего построения использования новейших достижений в области искусственного интеллекта. В противовес этому ПАОСОП может строиться на основе достаточно хорошо отработанных методов оптимизации, в частности – линейного программирования.

**Анализ возможных критериев выбора специальности.** Исходной информацией для инициализации предлагаемой системы может служить выписка из приложения к диплому о высшем или специальном среднем образовании. Ее данные удобно свести в приведенную ниже табл. 1.

Таблица 1

$NN$	Наименование дисциплин	Общее кол-во часов (кредиты)	Итоговая оценка
1	Информатика	120	отлично
...	...	...	...
$n$	Физика	350	хорошо

Информация об изучаемых на каждой специальности предметах в данном учебном заведении хранится в базе данных системы в виде реляционной модели данных – в таблице, аналогичной табл. 1, но без последнего столбца. В каждой специальности число изучаемых дисциплин в общем случае различно. Обозначим множество всех специальностей  $C = \{c_1, c_2, \dots, c_k\}$ , множество предметов, изучаемых в  $c_i$  специальности –  $M_i = \{m_1, m_2, \dots, m_t\}$ , множество дисциплин из приложения к диплому –  $N = \{n_1, n_2, \dots, n_j\}$ .

Для определения дивергенции (степени расхождения) данных выписки с данными реляционных таблиц будем использовать множество  $\overline{M}_i$ , определяемое через операцию пересечения множеств  $N$  и  $M_i$ ,  $i = 1, 2, \dots, t$

$$\overline{M}_i = M_i \cap N.$$

В качестве меры близости специальности по диплому со специальностями  $c_i$ ,  $i = 1, 2, \dots, k$  можно было бы использовать ту из них, для которой  $\overline{M}_i$  максимально. Однако валидность такой оценки может быть низкой, так как она не учитывает значимость (вес) дисциплин, входящих в специальность. Так, например, во множестве  $\overline{M}_i$  может содержаться большое число дисциплин, но их значимость для данной специальности незначительна (число отводимых на них часов относительно мало). Но по их количеству в  $\overline{M}_i$  может быть сделан ложный вывод о близости специальности по диплому к некоторой специальности  $c_i$ .

Для учета значимости дисциплин можно использовать относительную величину числа часов, отведенных для данной дисциплины, к общему числу часов обучения на данной специальности. Коэффициент значимости для совпадающих дисциплин нужно определять как для специальности по диплому, так и для специальности  $c_i$ . Перемножая оба коэффициента значимости, мы будем иметь более валидную оценку значимости  $K_{zn}$  для рассматриваемых дисциплин.

В формализованном виде оценка значимости  $K_{zn}^i$  для дисциплины  $n_i \in \overline{M}_i$  будет иметь вид

$$K_{zn}^i = ((v_N : n_i \in \overline{M}_i \subseteq N) / V_N) \times ((v_{M_i} : n_i \in \overline{M}_i \subseteq M_i) / V_{M_i}),$$

где  $V_N$  – объем в часах дисциплины  $n_i$ , принадлежащей множествам  $\overline{M}_i$  и  $N$  соответственно,  $V_{M_i}$  – объем в часах той же дисциплины  $n_i$ , принадлежащей множествам  $\overline{M}_i$  и  $M_i$ .

Очевидно, что для оценки меры близости  $K_i^{\delta}$  специальности  $c_i$  к специальности по диплому нужно просуммировать все коэффициенты значимости дисциплин, принадлежащих  $\overline{M}_i$ :

$$K_i^{\bar{o}} = \sum_{n_i \in M_i} K_{zn}^i.$$

Специальность, для которой  $K_i^{\bar{o}}$  максимальна, является наиболее близкой к указанной в дипломе.

Описанный подход к индивидуальному определению наиболее подходящей каждому абитуриенту специальности можно считать лишь первым этапом в этом процессе. Он может быть принят к осуществлению, если у абитуриента нет обоснованных аргументов против выбранной таким образом специальности. Однако у абитуриента могут быть некоторые ограничения на его возможности, например, финансовые, временные и др. В этом случае в модель задачи нужно вводить целевую функцию и задача принимает оптимизационный характер.

Все оптимизационные задачи бывают одно и многокритериальными. Однокритериальные задачи решаются значительно проще, чем многокритериальные. Поэтому многокритериальную задачу часто пытаются свести к однокритериальной задаче путем применения различных методов свертки критериев. Для упрощения нашей задачи будем считать, что она однокритериальная, а в качестве целевой функции (ЦФ) выберем стоимость процесса обучения как наиболее очевидный и чаще всего используемый критерий.

Выбор ЦФ еще не означает, что задача приняла оптимизационный характер. Для этого необходимо, чтобы решение было не единственным (иначе нечего оптимизировать), а составляло множество альтернатив. Суть оптимизационных задач как раз в том и состоит, чтобы из множества альтернативных решений выделить оптимальное, при котором ЦФ принимает максимальное или минимальное значение. Ясно, что в нашем случае ЦФ должна принимать минимальное значение. Покажем, что наша задача может иметь множество альтернативных решений.

Обучение в вузе некоторым специальностям обычно осуществляют несколько кафедр. Каждая кафедра читает несколько предметов, причем отдельные предметы, читаемые разными кафедрами, могут совпадать. Таким образом, процесс обучения в вузе связан с тремя множествами: множеством специальностей  $C = \{c_1, c_2, \dots, c_k\}$ , множеством предметов  $P = \{p_1, p_2, \dots, p_n\}$  и множеством кафедр  $K = \{k_1, k_2, \dots, k_l\}$ . Связь списков специальностей и предметов, которые читаются соответствующей специальности, можно задать матрицей смежности  $S$ , в которой строки будут соответствовать предметам, а столбцы – специальностям. Если  $i$ -ой специальности читается  $j$ -ый предмет, то на пересечении  $i$ -го столбца и  $j$ -ой строки стоит «1», в противном случае – «0». Связь кафедр со списком читаемых ими предметов, можно задать матрицей смежности  $H$ , в которой на пересечении строк и столбцов стоят «1», если некоторый предмет читает соответствующая кафедра. В общем случае матрицы смежности  $S$  и  $H$  имеют следующий вид:

$$S = \begin{pmatrix} 1 & 1 & \dots & 0 \\ 0 & 1 & \dots & 1 \\ 1 & 1 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 1 & 0 & \dots & 0 \end{pmatrix}, \quad H = \begin{pmatrix} 1 & 0 & \dots & 1 \\ 1 & 1 & \dots & 1 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 1 & \dots & 1 \end{pmatrix}.$$

Используя матрицы смежности  $S$  и  $H$  для каждой специальности  $c_i$  можно получить ее покрытие предметами из множества  $P$ . Для более ясного представления рассмотрим процесс получения покрытий на конкретном примере.

Пусть матрицы  $S$  и  $H$  имеют следующий вид:

$$S = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}, \quad H = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 1 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}.$$

Исходя из конкретно заданной матрицы смежности  $S$ , видим, что специальность  $c_1$  нужно покрыть предметами  $\{p_1, p_2, p_5\}$ . Из конкретно заданной матрицы смежности  $H$  нетрудно заметить, что данное покрытие можно осуществить несколькими вариантами (альтернативами). Конкретный вариант покрытия будем записывать принятым выше именем специальности с двумя нижними индексами: первый индекс будет соответствовать номеру специальности, а второй – варианту покрытия. Таким образом, будем иметь следующие варианты покрытия для специальности  $c_1$ :

$$\begin{aligned} c_{11} &= \{k_2, k_1, k_1\}; \\ c_{12} &= \{k_2, k_1, k_3\}; \\ c_{13} &= \{k_2, k_2, k_1\}; \\ c_{14} &= \{k_2, k_2, k_3\}. \end{aligned}$$

Распространяя аналогичные рассуждения на все остальные специальности, получаем, что специальность  $c_2$  нужно покрыть предметами  $\{p_1, p_4, p_5\}$ , специальность  $c_3$  – предметами  $\{p_2, p_4, p_5\}$ , специальность  $c_4$  – предметами  $\{p_3, p_4, p_5\}$ . Эти покрытия можно осуществить следующими соответствующими вариантами:

$$\begin{cases} c_{21} = \{k_2, k_3, k_1\}; \\ c_{22} = \{k_2, k_3, k_3\}. \end{cases} \begin{cases} c_{31} = \{k_1, k_3, k_1\}; \\ c_{32} = \{k_1, k_3, k_3\}; \\ c_{33} = \{k_2, k_3, k_1\}; \\ c_{34} = \{k_2, k_3, k_3\}. \end{cases} \begin{cases} c_{41} = \{k_1, k_3, k_1\}; \\ c_{42} = \{k_1, k_3, k_3\}; \\ c_{43} = \{k_2, k_3, k_1\}; \\ c_{44} = \{k_2, k_3, k_3\}; \\ c_{45} = \{k_3, k_3, k_1\}; \\ c_{46} = \{k_3, k_3, k_3\}. \end{cases}$$

**Заключение.** Выше мы постулировали, что в приведенной модели процесса обучения существует множество альтернатив. Из приведенного примера следует, что специальности  $c_1, c_2, c_3$  и  $c_4$  имеют соответственно 4, 2, 4 и 6 альтернатив. Если в качестве ЦФ мы будем использовать стоимость процесса обучения, то, исходя из стоимости преподавания соответствующих предметов каждой кафедрой (если предмет читает профессор, то стоимость будет выше стоимости, если тот же предмет читает доцент), то можно подсчитать стоимость каждой альтернативы и выбрать ту из них, которая доставляет ЦФ минимальное значение.

Следует заметить, что при относительно небольших значениях мощностей множеств  $S, P$  и  $K$  число и вид альтернатив можно определить полным перебором. Однако надо сказать, что полный перебор представляет экспоненциальную функцию роста. Поэтому число альтернатив может быть очень большим даже при незначительных возрастаниях мощностей указанных множеств, а определение самого вида альтернатив будет представлять непростую задачу. Все это потребует использования регулярных процедур (алгоритмов) формирования альтернатив. Определенную методологическую поддержку в решении этой задачи могут оказать работы [5,6], в которых изложены алгоритмы формирования некоторых видов комбинаторных соединений.

При относительно больших значениях мощностей указанных множеств полный перебор альтернатив придется заменить эвристическими алгоритмами или попытаться свести задачу к одному из хорошо разработанных методов математического программирования, например, к линейному программированию.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Брусиковский П.Л.* Адаптивные и интеллектуальные технологии в сетевом обучении // *Новости искусственного интеллекта.* – 2002. – № 5. – С. 25-31.
2. *Рыбина Г.В.* Обучающие интегрированные экспертные системы: некоторые итоги и перспективы // *Искусственный интеллект и принятие решений.* – 2008. – № 1. – С. 22-46.
3. *Баймаков А.И., Баймаков И.А.* Разработка компьютерных учебников и обучающих систем. – М.: Филинь, 2003. – 430 с.
4. *Болонский процесс: проблемы и перспективы /* Под ред. М.М. Лебедевой. – М.: Оргсервис – 2000, 2006.
5. *Курейчик В.М. и др.* Комбинаторные аппаратные модели и алгоритмы в САПР / В.М. Курейчик, В.М. Глушань, Л.И. Щербаков. – М.: Радио и связь, 1990. – 216 с.
6. *Липский В.* Комбинаторика для программистов: Пер. с польск. – М.: Мир, 1988. – 213 с.

Статью рекомендовал к опубликованию д.т.н., профессор Н.И. Витиска.

**Глушань Валентин Михайлович**

Технологический институт федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Южный федеральный университет» в г. Таганроге.

E-mail: gluval07@rambler.ru.

347922, г. Таганрог, пер. 1-й Крепостной, 34, кв. 182.

Тел.: 88634360793.

Кафедра систем автоматизированного проектирования; д.т.н.; профессор.

**Афанасьев Антон Юрьевич**

E-mail: anton@tagaz.ru.

г. Таганрог, ул. Чехова, 49, кв. 41.

Тел.: 88634371651.

Кафедра систем автоматизированного проектирования; аспирант.

**Лященко Никита Иванович**

Таганрогский государственный педагогический институт.

E-mail: l.nikita.i@mail.ru.

347936, г. Таганрог, ул. Инициативная, 48.

Тел.: 88634601812.

Кафедра общей теоретической физики и технологии; аспирант.

**Glushan Valentin Mixajlovich**

Taganrog Institute of Technology – Federal State-Owned Autonomy Educational Establishment of Higher Vocational Education “Southern Federal University”.

E-mail: gluval07@rambler.ru.

34, 1 Krepostnoi Street, Ap. 182, Taganrog, 347922, Russia.

The Department of Computer Aided Design; Dr. of Eng. Sc.; Professor.

**Afanasev Anton Jurevich**

E-mail: anton@tagaz.ru.

49, Chekhov Street, Ap. 41, Taganrog, Russia.

The Department of Computer Aided Design; Postgraduate Student.

**Ljashenko Nikita Ivanovich**

Taganrog State Pedagogical Institute.

E-mail: l.nikita.i@mail.ru.

48, Inicativnaya Street, Taganrog, 347936, Russia.

Тел.: +78634601812.

The Department of the general, theoretical physics and technology; Post-graduate Student.