

На правах рукописи



ДЕМАКОВ ВЛАДИМИР ИВАНОВИЧ

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА  
ФОРМИРОВАНИЯ УЧЕБНЫХ ПЛАНОВ  
ДЛЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ**

Специальность 05.13.18 – математическое моделирование, численные  
методы и комплексы программ

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание учёной степени  
кандидата технических наук

Иркутск - 2006

Работа выполнена в Иркутском государственном университете путей  
сообщения

Научный руководитель: доктор технических наук,  
профессор Носков Сергей Иванович

Официальные оппоненты: доктор экономических наук,  
профессор Ованесян Сергей Суменович

кандидат физико-математических наук,  
доцент Петухин Вячеслав Алексеевич

Ведущая организация: Иркутский государственный технический  
университет

Защита состоится 16 мая 2006 г. в 16 часов на заседании диссертационного совета К212.070.03 при Байкальском государственном университете экономики и права по адресу: 664015, г. Иркутск, ул. К. Маркса, 24, корпус 9, зал заседаний Ученого совета.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Байкальского государственного университета экономики и права.

Автореферат разослан 14 апреля 2006 г.

Ученый секретарь диссертационного совета,  
кандидат технических наук, доцент



Т.И. Ведерникова

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность.** Вхождение России в мировое образовательное пространство, подготовка конкурентно способных кадров в любой области человеческой деятельности ставит педагогов перед необходимостью по-новому взглянуть на проблемы высшего профессионального образования. Основной задачей системы высшего профессионального образования является удовлетворение потребностей общества в специалистах нужного профиля. При этом, очевидно, выпускаемые специалисты по многим причинам могут иметь различное качество подготовки. Одним из многочисленных факторов, влияющих на то, насколько полно выпускник вуза сможет соответствовать предъявляемым к нему требованиям, является эффективное планирование учебного процесса. Подготовка выпускников, отвечающих современным запросам, влечёт за собой непрерывное совершенствование учебных планов с тем, чтобы они всегда находились в наивысшем соответствии с требованиями, предъявляемыми к специалисту. Поэтому учебный план, а в особенности способы его формирования, должны быть достаточно гибкими для быстрой адаптации к меняющимся реалиям. Этой актуальной проблеме в последнее время уделяется большое внимание.

В настоящей работе предпринята попытка предложить работникам высшего профессионального образования и специалистам соответствующего профиля качественно новую методику формирования учебного плана. Предлагаемые алгоритмы основаны на использовании математического аппарата балансовой модели для повышения качества планирования учебного процесса посредством учёта сложившихся межтематических связей между учебными дисциплинами.

**Объектом исследования** в данной работе является проблема формирования учебных планов вузов, возможность совершенствования процесса составления таких планов на основе применения методов математического моделирования.

**Цель исследования** – построение математической модели объекта, разработка на её основе вычислительных алгоритмов, их теоретическое обоснование и практическая реализация в виде программного комплекса для автоматизированного формирования рабочего учебного плана вуза.

### **Задачи исследования:**

- проанализировать существующие способы планирования учебного процесса в вузе;
- сформулировать и исследовать математическую модель планирования учебного процесса;
- разработать методику учёта логических связей между учебными дисциплинами, основанную на обработке экспертной информации о связях между темами;
- на основе математической модели построить алгоритм формирования рабочего учебного плана;

– разработать автоматизированную систему синтеза рабочего учебного плана вуза.

**Методы исследования.** Для решения поставленных задач был использован комплекс взаимодополняющих исследовательских методов математического моделирования, математического программирования, линейной алгебры, сетевые методы, методы экспертных оценок.

**Научная новизна.** В работе предложен и апробирован качественно новый подход к распределению времени изучения учебных дисциплин, основанный на анализе логической последовательности изложения материала не только с помощью факта существования логических связей между предметами, но также с учётом тесноты таких связей; предложена методика обработки экспертных данных, метод распределения региональных и вузовских составляющих государственных образовательных стандартов, построена схема выработки рекомендаций о порядке изучения учебных дисциплин.

**Теоретическая значимость** проведённого исследования заключается в адаптации известной модели межотраслевого баланса для задачи планирования учебного процесса в вузе.

**Практическая значимость.** В процессе исследования создана автоматизированная система синтеза учебных планов вузов, позволяющая строить оптимальный рабочий учебный план по выбранному алгоритму, учитывая заданные междисциплинарные связи. Возможность настройки исходных параметров расчёта позволяет варьировать получаемые результаты, а выбранная программная среда предоставляет возможность производить анализ полученных данных и редактировать сформированный учебный план.

При построении учебного плана высшего профессионального образования по специальности 030502 «Судебная экспертиза» отмечено, что в случае использования программного комплекса, реализующего разработанный алгоритм, получены лучшие результаты по критерию равномерности учебной нагрузки как по семестрам в целом, так и по отдельным дисциплинам, по сравнению с вариантом плана, составленным традиционным образом. При этом учтены заданные межпредметные связи.

**Положения, выносимые на защиту.**

1. Математическая постановка проблемы формирования учебных планов.
2. Технология распределения учебного времени, позволяющая повысить логичность изложения материала, а также выработки рекомендаций по очередности планирования изучения дисциплин.
3. Алгоритм решения поставленной задачи оптимизации учебного плана вуза, основанный на учёте междисциплинарных связей.
4. Программа автоматизированного составления (коррекции) учебного плана.

**Апробация и внедрение результатов исследования.** Результаты исследования обсуждались на конференциях и семинарах различного уровня: межвузовской научно-методической конференции «Современные подходы

к подготовке кадров для органов внутренних дел и государственной противопожарной службы», (Иркутск, ВСИ МВД России, 2001, 2003, 2004); международной научно-методической конференции «Формирование системы управления качеством подготовки специалистов в вузе» (Казань, КГЭУ, 2003); межвузовском семинаре «Проблемы развития дистанционного образования» (Иркутск, ИрГУПС, 2003); всероссийской научно-практической конференции «Информационные технологии в управлении и учебном процессе вуза» (Владивосток, ВГУЭС, 2004); межвузовской научно-методической конференции «Эволюция и современные подходы к подготовке кадров для правоохранительных органов и спасательных служб» (Иркутск, ВСИ МВД России, 2005); XIII Байкальской международной школе-семинаре «Методы оптимизации и их применение» (Северобайкальск, 2005).

Результаты исследования внедрены в учебный процесс Восточно-Сибирского института МВД России и Иркутского государственного университета путей сообщения.

**Структура и объём работы.** Диссертация изложена на 127 страницах машинописного текста, состоит из введения, трёх глав, выводов, заключения, списка литературы, двух приложений. Работа содержит 6 таблиц, иллюстрирована 24 рисунками. Библиографический список включает 107 источников.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

**Во введении** обоснована актуальность темы, определены цели, задачи, объект и предмет исследования, раскрыта научная новизна и практическая значимость работы.

**В первой главе** изложен обширный анализ существующих методов формирования учебных планов вузов, сделан обзор научных работ, проводимых в данной области. Несмотря на почти сорокалетнюю историю решения проблемы автоматизации планирования учебного процесса выявлены до сих пор нерешённые в этой области вопросы.

Для решения задачи формирования учебного плана предложено воспользоваться методами математического моделирования, широко применяемые в экономике, в частности, моделью межотраслевого баланса, ставшей уже классической для экономических систем. Идея межотраслевого баланса удачно адаптирована к проблеме планирования образовательного процесса Носковым С.И.<sup>1</sup>, который в своих работах рассматривал проблему совершенствования разработки государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования.

Введём обозначения. Пусть  $S_i$  – число тем в  $i$ -ой дисциплине для данного учебного плана. Значения переменных  $S_i$  берутся непосредственно из

---

<sup>1</sup> Носков С. И. Общая модель междисциплинарного баланса Иркутск ВСИ МВД России, 2000 – 19 с.; Носков С. И. Конкретизация общей модели междисциплинарного баланса Иркутск ВСИ МВД России, 2001 – 12 с.

стандарта. Здесь можно возразить, что государственный образовательный стандарт содержит неполный перечень тем для каждой дисциплины. В нём указан лишь минимум, которым должен обладать выпускник вуза. Однако такой перечень неизбежно составляется кафедрами при разработке рабочих программ.

Обозначим за  $q_{kr}$  число часов  $k$ -ой дисциплины, отведённое на изучение  $r$ -ой темы. Значения переменным  $q_{kr}$  можно задавать экспертным путём на основе опроса. В качестве экспертов в данном случае целесообразно использовать высококвалифицированных преподавателей, имеющих большой опыт педагогической работы.

Индикаторы межтематических междисциплинарных связей обозначим через  $g^{r(i)k}$ . Переменная  $g^{r(i)k} = 1$ , если  $r$ -ая тема  $i$ -ой дисциплины необходима для усвоения хотя бы одной темы  $k$ -ой дисциплины. В противном случае  $g^{r(i)k} = 0$ .

Переменные  $g^{r(i)k}$  вычисляются на основании значений  $q_{kr}$ , определённых экспертно:

$$g^{r(i)k} = \begin{cases} 1, & \text{если } q_{kr} > 0; \\ 0, & \text{в противном случае.} \end{cases}$$

На основе имеющихся данных строится матрица междисциплинарных связей  $A$ , компоненты которой вычисляются по формуле:

$$a_{ik} = \frac{\sum_{r(i)=1}^{S_i} g^{r(i)k} q_{kr(i)}}{\sum_{k=1}^{S_k} q_{kr(k)}}, \quad i \neq j. \quad (1)$$

Компонента  $a_{ik}$  показывает, сколько часов  $i$ -ой дисциплины необходимо для успешного освоения одного часа  $k$ -ой дисциплины. Все диагональные компоненты  $a_{ii}$  матрицы  $A$ ,  $i = \overline{1, n}$  принимаются равными константе, так как изучение любой дисциплины естественным образом зависит от тех тем, из которых она состоит.

Пусть

$$a_{ii} = 0, \quad i = \overline{1, n}. \quad (2)$$

По построению  $0 \leq a_{ik}$  для всех  $i$  и  $k$  от 1 до  $n$ . Если  $a_{ij} = 0$ , это означает, что  $k$ -ая дисциплина не зависит ни от одной темы  $i$ -ой дисциплины и, следовательно, очерёдность её изучения относительно  $i$ -ой дисциплины не имеет значения. Матрица  $A$  по построению содержит информацию о связях между предметами, поэтому, вполне обоснованным выглядело бы использование её компонент в качестве системы дополнительных ограничений.

Однако, если в основном соотношении баланса (3) межотраслевой модели доля выпуска, равная  $A_{ij}$ , безвозвратно используется в качестве сырья, то в случае построения междисциплинарного баланса часть  $A_{ij}$  имеет

двойное назначение. В этом случае она представляет собой, с одной стороны, «промежуточные» знания, необходимые для усвоения материала по прочим дисциплинам, а с другой – является частью «конечных» знаний, которыми должен обладать будущий выпускник.

$$v = Av + y, \quad (3)$$

здесь вектор  $v = \{v_1, v_2, \dots, v_n\}$  – объём выпуска;  $y = \{y_1, y_2, \dots, y_n\}$  – конечный продукт (направляемый на потребления общества); матрица  $A = \|a_{ik}\|$ ;  $i, k = \overline{1, n}$  так называемых коэффициентов «прямых» затрат.

Обозначим часть вектора  $Av$ , содержащую «конечные» знания через  $\Gamma Av$ . Здесь  $\Gamma$  – диагональная матрица ( $\text{diag } \gamma_i$ ), произвольный элемент которой  $\gamma_i$  представляет собой ту часть компоненты  $(Av)_i$ , которая входит составной частью в элемент конечных знаний  $y_i$ . При расчёте значений компонент матрицы  $\Gamma$  воспользуемся подходом, аналогичным тому, который применён при оценивании элементов матрицы  $A$  по формуле (1).

Итак, пусть экспертами уже задан вектор конечных знаний  $y$ , т.е. тот багаж знаний по всем дисциплинам, которые необходимы выпускнику. В случае корректировки учебного плана вектор  $y$  уже задан. Определим вектор  $v = (v_1, v_2, \dots, v_n)$ , который обеспечит заданный объём  $y$  знаний, умений и навыков, а также даст возможность соблюсти необходимый порядок прохождения дисциплин.

Введём в рассмотрение переменную  $z^{r(i)k}$  по правилу: она равна единице, если  $r$ -ая тема  $i$ -ой дисциплины используется при усвоении хотя бы одной темы  $k$ -ой дисциплины, и равна нулю в противном случае. При этом во внимание принимаются лишь темы, отражённые в компонентах вектора  $y$ . Тогда величины  $\gamma_i, i = \overline{1, n}$  можно подсчитать по формуле:

$$\gamma_i = \frac{\sum_{r(i)=1}^{S_i} z^{r(i)k} q_{ir(i)}}{\sum_{r=1}^{S_i} q_{ir(i)}}. \quad (4)$$

При этом очевидным является соотношение  $\gamma_i < 1$  для всех  $i = \overline{1, n}$ . Кроме того, по определению матриц  $A$  и  $\Gamma$ , справедливо соотношение:

$$Av \geq \Gamma Av.$$

С учётом таким образом сформированных компонент матриц  $A, \Gamma$  и вектора  $y$  общую модель междисциплинарного баланса можно представить как

$$v = Av - \Gamma Av + y. \quad (5)$$

Откуда вектор «валовых» знаний, т.е. объёмов часов, которые должны быть «даны» обучаемым данной специальности по конкретным дисциплинам в течение всего курса обучения, рассчитываем по формуле:

$$v = (E - A + GA)^{-1}y. \quad (6)$$

Таким образом, матрицей полных затрат знаний в рассматриваемой модели будет матрица:

$$B = (E - A + GA)^{-1}. \quad (7)$$

Каждая  $i$ -ая компонента полученного в результате построения и последующего решения вектора  $v$ , как раз и будет заключать в себе то необходимое количество часов по каждой дисциплине, которое должны усвоить обучаемые в рамках всего курса.

Если матрицы  $A$  и  $G$  сформированы корректно, после расчёта вектора  $v$  по формуле (5) должно выполняться естественное соотношение  $v > y$ , т.е. в вузе преподаётся учебного материала не меньше, чем требуется будущему специалисту. В противном случае необходимо скорректировать компоненты указанных матриц посредством повторных, уточнённых экспертных опросов.

Полученная по формуле (7) матрица  $B$  содержит информацию не только о прямых связях между учебными дисциплинами, но и данные о косвенных, опосредованных межпредметных зависимостях.

Вторая глава посвящена построению математической модели задачи формирования учебного плана.

Наглядно такую задачу можно представить как распределение для каждой дисциплины заданного бюджета времени (столбец «Аудиторные занятия») по указанным в примерном учебном плане ячейкам (рис. 1). Полученное распределение (рис. 2), с некоторыми допущениями, и есть рабочий учебный план. На первый взгляд эта задача может показаться несложной, однако если учесть все налагаемые требования и ограничения, которые нужно соблюсти, первое впечатление сразу меняется.

Наименование дисциплин и видов учебной работы	Количество часов		Распределение часов по семестрам									
	Всего	Аудиторные занятия	1 курс		2 курс		3 курс		4 курс		5 курс	
			1 сем	2 сем	3 сем	4 сем	5 сем.	6 сем.	7 сем.	8 сем.	9 сем	10 сем
...												
Иностранный язык	340	220	X	X	X							
Физическая подготовка	590	530	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
...												
<b>Итого</b>	<b>9720</b>	<b>6480</b>	<b>756</b>	<b>756</b>	<b>792</b>	<b>720</b>	<b>684</b>	<b>684</b>	<b>720</b>	<b>576</b>	<b>792</b>	

Рис. 1. Примерный учебный план



Наименование дисциплин и видов учебной работы	Количество часов		Распределение часов по семестрам									
	Всего	Аудиторные занятия	1 курс		2 курс		3 курс		4 курс		5 курс	
			1 сем	2 сем	3 сем	4 сем.	5 сем	6 сем	7 сем	8 сем	9 сем	10 сем.
			...									
Иностранный язык	340	220	76	84	60							
Физическая подготовка	590	530	52	64	66	60	58	54	66	48	62	
Итого	9720	6480	756	756	792	720	684	684	720	576	792	

Рис. 2. Рабочий учебный план

Если посмотреть на оба рисунка глазами математика, процесс автоматизированного составления рабочего учебного плана очевиден – построение математической модели и решение задачи целочисленного программирования.

Введём следующие обозначения. Пусть в примерном учебном плане содержится  $n$  дисциплин, учебный план рассчитан на период обучения в  $m$  семестров (как правило, число семестров составляет 10).

Матрица  $P = \|p_{ij}\|$  ( $i = \overline{1, n}; j = \overline{1, m}$ ) содержит информацию о том, в каких именно семестрах, в соответствии с примерным учебным планом, должны изучаться рассматриваемые дисциплины. Компоненты матрицы  $P$  заданы следующим образом:

$$p_{ij} = \begin{cases} 2, & \text{если для } i\text{-ой дисциплины в } j\text{-ом семестре указан "X"}; \\ 0, & \text{в противном случае.} \end{cases}$$

Если примерный учебный план предписывает в  $j$ -ом семестре изучать  $i$ -ую дисциплину, то  $p_{ij} = 2$ , иначе  $p_{ij} = 0$ .

Почему ненулевые компоненты матрицы  $P$  – именно двойки? Таким способом достигается кратность двум аудиторной вузовской нагрузки, равной  $(p_{ij} \cdot x_j)$   $i$ -ой дисциплины в  $j$ -ом семестре, потому как занятия в вузах проводятся «парами» (по 2 часа).

Вектор  $T = \{t_1, t_2, \dots, t_n\}$  – заданный в примерном учебном плане бюджет времени на освоение дисциплин (столбец «аудиторные занятия»), т.е.  $t_i$  – количество аудиторных часов, запланированных на изучение  $i$ -ой дисциплины.

Вектор  $C = \{c_1, c_2, \dots, c_m\}$  – продолжительность семестров, выраженная в часах (строка «ИТОГО»). Значения  $c_j$  явно не указаны в примерном учебном плане, однако всегда заранее известна длительность каждого семестра в рабочих неделях. Поэтому, учитывая то, что, согласно многочисленным методическим указаниям по формированию учебных планов, длительность рабочей учебной недели должна располагаться в пределах от 27-ми часов до 32-х рабочих часов (в вузах МВД – до 36-ти часов), продолжительность каждого из семестров всегда можно ограничить как снизу, так и сверху.

Компоненты векторов  $T$  и  $C$  целочисленные и кратные двум, так как занятия в вузах проводятся «парами».

Задача заключается в поиске такой целочисленной матрицы  $X = \|x_{ij}\|$  ( $i = \overline{1, n}; j = \overline{1, m}$ ), для компонент которой справедливы следующие соотношения:

$$\sum_{j=1}^m p_{ij} x_{ij} = t_i, \quad i = \overline{1, n}; \quad (8)$$

$$\sum_{i=1}^n p_{ij} x_{ij} \geq c_j, \quad j = \overline{1, m}; \quad (9)$$

$$\sum_{i=1}^n p_{ij} x_{ij} \leq \bar{c}_j, \quad j = \overline{1, m}. \quad (10)$$

В уравнениях (8) левой частью является сумма времени, отводимого на изучение  $i$ -ой учебной дисциплины за все  $m$  семестров. В неравенствах (9) и (10) левые части составляют длительность  $j$ -го семестра в часах, а правые – нижнюю и верхнюю границы продолжительности семестра соответственно, выраженные в часах.

После анализа существования и структуры множества решений задачи (8), (9) и (10), автор задался целью сократить множество решений для облегчения поиска наилучшего из них в смысле, определяемом позднее. Для достижения этой цели была использована идея междисциплинарного баланса. Построенную по формулам (1) и (2) матрицу  $A$  можно успешно использовать для сокращения множества  $\{X\}$  допустимых решений, заданных выражениями (8)–(10), порождая следующие системы дополнительных ограничений:

$$\sum_{r=1}^l x_{kr} p_{kr} \geq a_k \sum_{r=1}^l x_{ir} p_{ir}, \quad i, k = \overline{1, n}; j = \overline{1, m}. \quad (11)$$

Логическое обоснование выражений (11) следующее. По построению матрицы  $A$ , для успешного освоения одного часа  $i$ -ой дисциплины требуется  $a_{ki}$  часов  $k$ -ой дисциплины (рис. 3).

...			
дисциплина $k$	...	$a_{ki}$ часов	...
...			
дисциплина $i$	...	1 час	...
...			

Рис. 3. Зависимость дисциплин  $i$  и  $k$

От начала обучения до произвольно взятого  $j$ -го семестра на изучение  $i$ -ой дисциплины отводится  $\sum_{r=1}^j x_{ir} p_{ir}$  часов. Аналогично, на изучение  $k$ -ой

необходимо затратить  $\sum_{r=1}^j x_{kr} p_{kr}$  часов (рис. 4).

	1 семестр	...	$j$ семестр	
дисциплина $k$	$x_{k1} p_{k1}$	...	$x_{kj} p_{kj}$	...
дисциплина $i$	$x_{i1} p_{i1}$	...	$x_{ij} p_{ij}$	...

Рис. 4. Пояснение формулы (11)

Для успешного освоения  $\sum_{r=1}^j x_{ir} p_{ir}$  часов  $i$ -ой дисциплины потребуется  $a_{ki} \times \sum_{r=1}^j x_{ir} p_{ir}$  часов  $k$ -ой дисциплины. Следовательно, сумма  $\sum_{r=1}^j x_{kr} p_{kr}$

должна быть, по крайней мере, не меньше, чем значение выражения

$$a_{ki} \times \sum_{r=1}^j x_{ir} p_{ir} .$$

Следующий шаг построения рабочего учебного плана – выбор критерия оптимальности для определения среди допустимых планов *оптимального*. С учётом ограничений (11), скорее всего, значение искомого оптимального плана изменится.

Задачу оптимизации учебного плана можно рассматривать с различных точек зрения. В данной работе эта задача ставилась следующим образом: необходимо отобрать в учебный план наиболее важный, с точки зрения разработчика, для профессиональной деятельности материал и расположить его по семестрам *максимально равномерно*.

В качестве критерия оптимальности автор стремился уменьшить разницу между отношением общего числа часов для каждого семестра (строка «итого») к продолжительности этих семестров, выраженной в неделях. Минимизация этой величины приведёт к выравниванию учебной нагрузки по семестрам. Как правило, в большинстве вузов оптимизация планов производится именно по этому критерию. Целевая функция имеет вид :

$$\sum_{j=1}^m \left( \frac{\sum_{i=1}^n p_{ij} x_{ij}}{d_j} - U \right)^2 \rightarrow \min, \quad (12)$$

где  $d_j$  – количество рабочих недель в  $j$ -ом семестре;  $U$  – среднее между усреднёнными недельными нагрузками, определяемое по формуле:

$$U = \frac{\sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n p_{ij} x_{ij}}{m}.$$

Критерий оптимальности (12) использован в данном случае для иллюстрации работы метода распределения учебного времени. В ходе исследования не ставилась цель разработать универсальный критерий улучшения качества любого плана. Многие вузы работают в неодинаковых условиях, разработчики планов имеют разную подготовку и поэтому преследуют различные цели при планировании учебного процесса. Предлагаемая методика позволяет, варьируя видом целевой функции, воздействовать на получаемый план с разных позиций, исходя из потребностей каждого конкретного вуза.

Выражения (8), (9), (10), (11), (12) в совокупности – математическая постановка задачи автоматизированного формирования учебного плана.

Кроме этого, с помощью компонент матрицы междисциплинарных связей стало возможным дать разработчику учебного плана рекомендации по очередности планирования преподавания предметов. Действительно, проанализируем суммы столбцов матрицы  $A$ :

$$a_k = \sum_{i=1}^n a_{ik}, \quad k = \overline{1, n}. \quad (13)$$

Поскольку компоненты  $a_{ik}$  по построению содержат в себе информацию о необходимом порядке преподавания тем, заданную экспертами, логично использовать матрицу  $A$  для упорядочивания дисциплин во времени.

В связи с тем, что для успешного изучения одного часа  $k$ -ой дисциплины требуется  $a_{ik}$  часов  $i$ -ой дисциплины, сумма  $a_k$  показывает величину общей потребности ресурсов всех остальных дисциплин, необходимую для усвоения  $k$ -ой дисциплины. Другими словами, чем больше величина  $a_k$ , тем больше  $k$ -ая дисциплина требует получить предварительных знаний по другим предметам. Эта информация была использована в качестве инструмента для выработки рекомендаций по порядку планирования расписаний, прохождения учебных дисциплин. Кроме проблемы распределения нагрузки по семестрам, разделение по предметам в рамках одного семестра – тоже задача достаточно нетривиальная. Целесообразно рекомендовать разра-

ботчику планировать вначале изучение дисциплин, величина  $a_k$  которых наименьшая, как наименее ресурсоёмких. Для этого достаточно сформировать список учебных дисциплин, отсортированный по порядку возрастания соответствующих значений  $a_k$ .

Кроме того, информация о междисциплинарных связях была положена в основу метода распределения дополнительного учебного времени. Это, например, «резерв учебного времени», который вуз использует по своему усмотрению. Эти часы следует посвятить в первую очередь дисциплинам, «приоритет» которых (значения  $a_{ik}$ ) наиболее высок. Так, например, пусть требуется в произвольном  $j$ -ом семестре распределить между всеми дисциплинами некоторое количество дополнительного учебного времени  $\Delta_j$ . Попытаемся поделить эти часы таким образом, чтобы снизить имеющийся дисбаланс в междисциплинарных зависимостях.

Введём в рассмотрение суммы строк матрицы  $A$ :

$$a^i = \sum_{k=1}^n a_{ik}, \quad i = \overline{1, n}$$

Заметим, что чем выше величина  $a_{ik}$ , тем больше знаний по дисциплине с номером  $i$  требуется получить обучаемым, чтобы усвоить  $k$ -ую дисциплину. Далее, рассуждая подобным образом, получим: чем больше значение  $a_i$ , тем большую роль в освоении остальных дисциплин играет  $i$ -ая дисциплина. Воспользуемся этим соображением. Оно, в частности, означает, что величину  $\Delta_j$  нужно разделить между  $n$  дисциплинами пропорционально величинам  $a_i$ . Численные значения  $\delta_i^j$  такого распределения рассчитываются по формуле:

$$\delta_i^j = \frac{a^i \Delta_j}{\sum_{r=1}^n a^r}, \quad j = \overline{1, m}; i = \overline{1, n}. \quad (14)$$

Таким образом,  $\delta_i^j$  представляет собой ту часть часов от разницы  $\Delta_j$ , которой необходимо дополнить объём «конечных» знаний  $y_i$  в  $j$ -ом семестре с тем, чтобы повысить усваиваемость материала обучаемыми по всем остальным дисциплинам в совокупности. Какими именно темами наполнить эти часы – снова задача экспертов или ведущих преподавателей. Для обоснованного заполнения этой разницы можно вновь использовать компоненты матрицы междисциплинарных связей.

В завершении главы приведён числовой пример, наглядно иллюстрирующий эффективность изложенного математического аппарата.

**В третьей главе** представлено описание разработанного программного комплекса, который реализован в виде приложения Microsoft Excel на языке VBA. Работа пользователя с программой предусматривает три этапа: 1) наполнение базы данных (тематики, наименований дисциплин, разделов дисциплин); 2) установка междисциплинарных зависимостей; 3) определение необходимых

параметров будущего плана и его расчёт. На рисунке 5 представлен внешний вид программной оболочки.

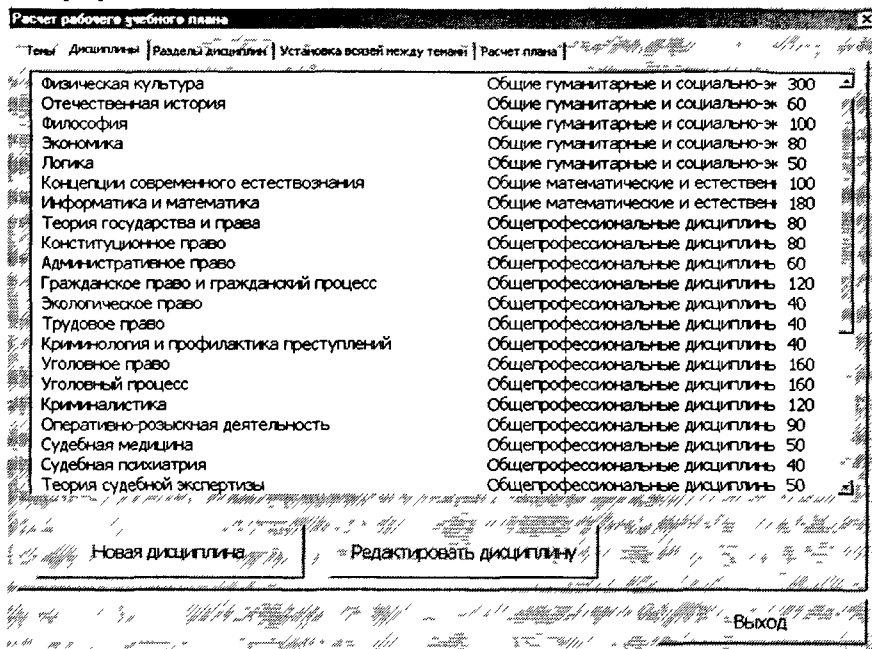


Рис. 5 Интерфейс программы построения рабочего учебного плана

По окончании работы программы на одном листе Excel формируется учебный план, на другом листе приведятся рекомендации о наилучшем порядке планирования изучения дисциплин. Немаловажным является то, что для удобства проведения постоптимального анализа результатов в книге Excel сохраняется сценарий работы надстройкой «Поиск решения» со всеми заданными ранее ограничениями, граничными условиями, параметрами и опциями. Пользователь без труда может, изменив какие-либо данные, вновь запустить на выполнение процедуру поиска оптимального решения и мгновенно получить новый результат.

Приведена блок-схема алгоритма основной функциональной части программы построения учебного плана, включающая процедуры обработки экспертных данных, формулировки критериев оптимизации плана, построения систем ограничений.

Дано иллюстрированное описание интерфейса программы.

Представлены экспериментальные результаты, полученные при построении реального рабочего учебного плана для специальности 030502 «Судебная экспертиза» высшего профессионального образования, внедрённого впоследствии в учебный процесс Восточно-Сибирского института МВД России.

**В заключении** изложены выводы по результатам исследования.

## ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

1. Проведён анализ процесса построения учебных планов вузов, в результате которого выявлено, что при существующем множестве ограничений и требований, предъявляемых к учебному плану, его формирование вручную сопряжено со значительными трудностями и, как правило, не всегда приводит к приемлемым результатам.
2. На основе межотраслевой балансовой модели построена математическая модель планирования учебного процесса, учитывающая междисциплинарные зависимости.
3. Выработана методика сбора и обработки экспертных данных о междисциплинарных связях.
4. Разработан алгоритм, основанный на предложенной математической модели и реализующий синтез учебного плана.
5. Создана автоматизированная система формирования учебного плана, включающая в себя подсистемы ввода и хранения исходных данных, построения цепочек междисциплинарных связей, генерации рабочего учебного плана, позволяющая менять параметры расчёта и получать учебный план, максимально удовлетворяющий запросам конкретного вуза.
6. С помощью созданного программного средства построен рабочий учебный план по специальности 030502 «Судебная экспертиза» высшего профессионального образования, внедрённый в деятельность Восточно-Сибирского института МВД России, чем подтверждена эффективность разработанных алгоритмов.

### Список работ, опубликованных по теме диссертации

1. Носков С.И., Демаков В.И. Некоторые аспекты алгоритмизации планирования учебного процесса в образовательном учреждении: Материалы межвузовской научно-методической конференции. // Современные подходы к подготовке кадров для органов внутренних дел и государственной противопожарной службы. – Иркутск: ВСИ МВД России, 2001. – С. 75-76.
2. Демаков В.И. Обзор методов и моделей формирования учебных планов: Сб. ст. // Современность в творчестве молодых ученых. – Иркутск: ВСИ МВД России, 2003. – С. 89-101.
3. Носков С.И., Демаков В.И. Проблемы разработки учебных планов вузов: Материалы межвузовской научно-методической конференции. // Современные подходы к подготовке кадров для органов внутренних дел и государственной противопожарной службы. – Иркутск: ВСИ МВД России, 2003. – С. 72-74.
4. Носков С.И., Демаков В.И. Пути совершенствования учебных планов: Материалы международной научно-методической конференции. // Формирование системы управления качеством подготовки специалистов в вузе. – Казань: КГУ, 2003. – С. 61-64.
5. Носков С.И., Демаков В.И. Из опыта применения балансовой модели при формировании рабочего учебного плана. Материалы межвузовской науч-

- но-методической конференции. // Современные подходы к подготовке кадров для органов внутренних дел и государственной противопожарной службы. – Иркутск: ВСИ МВД России, 2004. – С. 55-57.
6. Носков С.И., Демаков В.И. Проблемы планирования учебного процесса: Материалы всероссийской научно-практической конференции. // Информационные технологии в управлении и учебном процессе вуза. – Владивосток: ВГУЭиС, 2004. – С. 183-185.
  7. Носков С.И., Демаков В.И. Учебный план – от «примерного» к «рабочему»: Вестник Иркутского регионального отделения академии наук высшей школы России // Иркутск: БГУЭП, 2004. – С. 118-124.
  8. Демаков В.И. Значимость экспертных оценок при планировании учебного процесса: Материалы межвузовской научно-методической конференции. // Эволюция и современные подходы к подготовке кадров для правоохранительных органов и спасательных служб. – Иркутск: ВСИ МВД России, 2005. – С. 157-161.
  9. Демаков В. И., Носков С. И. Реализация алгоритма формирования рабочего учебного плана: Вестник Восточно-Сибирского института МВД России // Иркутск: ВСИ МВД России, 2005. Выпуск № 1. – С. 3-9.
  10. Носков С.И., Демаков В.И. О планировании учебного процесса: Моделирование технических и природных систем. // Методы оптимизации и их приложения: Труды XIII Байкальской международной школы-семинара в 6 томах. – Иркутск: ИСЭМ СО РАН, 2005. Т. 5. – С. 211-217.