

Запропоновано методика використання принципів декомпозиції при рішенні задачі автоматизованого складання розкладу навчальних занять у ВНЗ. Розглянуті особливості реалізації даної методики з використанням електронних таблиць Excel

Ключові слова: автоматизація, декомпозиція, розклад, ієрархічна структура, критерії оптимізації

Предложена методика применения принципов декомпозиции при решении задачи автоматизации составления расписания учебных занятий в ВУЗе. Рассмотрены особенности реализации данной методики с использованием инструментов электронных таблиц Excel

Ключевые слова: автоматизация, декомпозиция, расписание, иерархическая структура, критерии оптимизации

The method of application of principles of decoupling is offered at the decision of task of automation of scheduling lessons in Institute of higher. Ras-smotreny of feature of realization of this method with the use of instrumentov of spreadsheets of Excel

Keywords: automation, decoupling, timetable, hierarchical structure, criteria of optimization

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ДЕКОМПОЗИЦИИ ПРИ РЕШЕНИИ МНОГО- КРИТЕРИАЛЬНОЙ ЗАДАЧИ АВТОМАТИЗАЦИИ СОСТАВЛЕНИЯ РАСПИСАНИЯ УЧЕБНЫХ ЗАНЯТИЙ В ВУЗЕ

Н.О. Ризун

Кандидат технических наук, доцент
Кафедра экономической кибернетики и математических
методов в экономике

Днепропетровский университет экономики и права
наб. Ленина, 18, г. Днепропетровск, Украина, 49000
Контактный тел.: (056) 713-43-99

E-mail: n_fedo@mail.ru

Введение

Задача автоматизации составления расписания занятий в высшем учебном заведении (ВУЗе) является многокритериальной и относится к классу вычислительно сложных. Это объясняется тем, что традиционно трудоемкая и рутинная работа по формированию сетки расписания характеризуется:

- во-первых, отсутствием единого источника входной информации и, как следствие, с необходимостью тщательной подготовки, структуризации, сбора и обработки большого объема входной информации из различных структурных подразделений ВУЗа, таких как учебный отдел, деканаты, кафедры, отдел кадров, диспетчерская;

- во-вторых, сложностью четкой формализации и идентификации ряда исходных параметров и ограничений составляемого расписания, степень и качество учет полностью зависит от опыта, квалификации и профессиональной интуиции работника диспетчерского отдела;

- в-третьих, противоречивостью интересов основных участников учебного процесса – студентов и преподавателей, и, как следствие – сложностью математической формализации единого требования к оптимальности решения задачи составления расписания;

- в-четвертых, с учетом второго и третьего пункта – с одной стороны, научно обоснованной невозможностью создания эффективных полностью автоматических (т.е. без участия человека) систем составления расписания, с другой – необходимостью разработки эвристических методов решения плохо формализуемых задач и использованием принципов системного подхода для решения сложных иерархических задач;

- в-пятых, нецелесообразностью использования универсальных алгоритмов автоматизации составления расписания занятий в ВУЗе или готовых программных продуктов в связи с отсутствием возможности их адаптации к нуждам конкретного учебного заведения.

Постановка проблемы

Из вышесказанного следует, что проблема применения методов декомпозиции для решения задачи автоматизации составления расписания учебных занятий в ВУЗе является актуальной и важной практической задачей, которая позволит:

1. С точки зрения разработки математической модели: снизить вычислительные трудности и упростить методологию решения сложной многокритериальной задачи; обосновать и максимально формализовать глобальный и локальные критерии на каждом этапе реализации методики составления расписания; разработать методику согласования частных критериев каждого уровня иерархии с глобальным критерием оптимальности – повышением качества организации учебного процесса; учесть необходимость научного обоснования "ручной" корректировки расписания с учетом знаний, накопленных в результате многолетнего составления расписания вручную.

2. С точки зрения разработки алгоритма автоматизации: снизить трудоемкость выполнения ручных операций по составлению расписания; внедрить эффективную систему контроля синтаксических ошибок и логического несоответствия в полученном расписании; максимально учесть основные цели и особенности методологии составления расписания в конкретном ВУЗе.

Анализ последних публикаций

В настоящее время ведутся исследования в области разработки методик автоматизации процесса составления учебного расписания. Большинство из них направленно на создание алгоритмов формирования оптимального расписания с учетом одного или нескольких критериев: без "окон" у классов (студентов) и с минимумом "окон" в расписании преподавателей [1, 2, 3]; с учетом санитарно-гигиенических требований к расписанию и равномерности расписания по уровню сложности предметов [4, 5, 6, 7, 9]. Кроме того, распространенными являются исследовательские работы по использованию для составления расписания теории графов [6, 7, 8], генетических [9, 10], а также эвристических алгоритмов [11].

Кроме того, разработано множество компьютерных программ для автоматического составления расписания, однако они либо ориентированы на средние и средне-специальные учебные заведения и с трудом могут быть адаптированы к реалиям ВУЗа, либо обладают высокой рыночной стоимостью и излишней универсальностью реализации общих функций по составлению расписания.

Нерешенные части общей проблемы

Таким образом, основной проблемой разработки методик автоматизации составления расписания занятий в ВУЗе является отсутствие однозначных решений следующих вопросов:

1. Проблема сложности задачи составления расписания в большинстве разработок решается путем максимизации учета управляющих параметров и существующих ограничений, а оптимизация достигается

путем многократного перебора возможных вариантов расписания.

2. Проблема многокритериальности чаще всего рассматривается только на уровне математической постановки задачи, но не учитывает совмещения задач оптимизации показателей качества автоматизации процесса составления расписания и критериев оптимальности формируемой сетки расписания.

Цель статьи

Целью статьи является разработка алгоритма применения методов декомпозиции для решения многокритериальной задачи автоматизации составления расписания учебных занятий в ВУЗе, реализующего следующие принципы:

1. Классический принцип декомпозиции, состоящий в выполнении двух взаимосвязанных этапов:

– разбиения сложной многомерной задачи на отдельные подзадачи меньшей размерности и более простой структуры с учетом системного рассмотрения задач оптимизации параметров расписания занятий и методики автоматизации процесса его составления;

– организации совместного решения полученных подзадач, который включает: выбор метода, локального критерия и разработку алгоритма решения каждой подзадачи; координацию процесса обмена информацией между подзадачами; коррекцию решения задачи в соответствии с общим критерием оптимальности – обеспечением высокого уровня организации учебного процесса для повышения качества подготовки специалистов.

2. Принцип, учитывающий особенности рассматриваемой проблемной области, а именно: сложность формализации множества частных критериев задачи автоматизации составления расписания, а также их практическая неразрешимость в силу противоречивости интересов участников учебного процесса, что обуславливает целесообразность использования в качестве основного принципа синтеза разработку и реализацию методики "совершенствования" варианта расписания, сформированного в результате реализации основных этапов его составления, в режиме принятия решения и использования человеческого фактора с целью максимального учета неформализуемых факторов и согласования противоречивых критериев.

Результаты исследований

Первым этапом предлагаемой методики является формирование иерархической структуры подзадач многокритериальной задачи автоматизации составления учебных занятий в ВУЗе путем выполнения декомпозиции проблемы по следующим признакам: по объектам автоматизации; по критериям оптимизации; по этапам реализации.

Проведение процедуры декомпозиции общей задачи на множество локальных объектов автоматизации процесса составления расписания учебных занятий позволило выделить следующие структурные элементы (рис. 1):

– листы рабочей книги O_1 , на которых размещается как исходная информация для составления расписания

(O_{11} , O_{121}), так и главные результаты работы системы – сетка расписания (O_{122}) и формы отчетности (O_{13} , O_{14});
 - пользовательский интерфейс O_2 , реализующего основные технологические операции по составлению расписания (O_{21} , O_{22}).

- 4-го уровня иерархии Z_{kjm}^i , где m – индекс локального критерия 4-го уровня иерархии ($m=1,3$ при $i=1$ и $j=1$; $m=1,2$ при $i=2$ и $j=1$);
 - 5-го уровня иерархии Z_{kjmz}^i , где z – индекс локального критерия 5-го уровня иерархии ($z=1,3$ при $i=2$ и



Рис. 1. Декомпозиция задачи автоматизации способа составления расписания учебных занятий по объектам автоматизации

Анализ критериев оптимизации многокритериальной задачи автоматизации процесса составления расписания учебных занятий декомпозиция позволяет выделить две группы локальных критериев (рис. 2):

- степень автоматизации процедур составления сетки расписания Z_a ;

- качество формируемого расписания Z_k .

Оптимизация уровня автоматизации Z_a выполняется с учетом компонент качества:

- пользовательского интерфейса Z_{a1}^1 ;

- проектирования базы данных Z_{a2}^2 ;

- реализацией технологических операций по составлению расписания Z_{a3}^3 , каждый из которых в свою очередь подвергается декомпозиции на группы локальных критериев 3-го уровня иерархии Z_{aj}^i , где i – индекс локального критерия 2-го уровня иерархии ($i=1,3$), j – индекс локального критерия 3-го уровня иерархии ($j=1,6$ при $i=1$; $j=1,3$ при $i=2$; $j=1,5$ при $i=3$).

Оптимизация показателя качества формируемого расписания Z_k предполагает достижение экстремумов следующих локальных критериев:

- "синтаксическое и орфографическое" качество Z_{k1}^1 ;

- равномерность загрузки учащихся Z_{k2}^2 ,

каждый из которых также в свою очередь подвергается декомпозиции на группы локальных критериев:

- 3-го уровня иерархии Z_{kij}^i , где i – индекс локального критерия 2-го уровня иерархии ($i=1,2$), j – индекс локального критерия 3-го уровня иерархии ($j=1,3$ при $i=1$; $j=1,2$ при $i=2$);

$j=1$ и $m=1$),

- а также используются элементы Z_{aj}^i – результаты декомпозиции 3-го уровня критерия Z_a .

Этапы реализации способа автоматизации процесса составления расписания учебных занятий в ВУЗе (рис. 3) являются результатами декомпозиции по третьему признаку.

Для получения иерархической структуры локальных подзадач необходимо выполнить формализацию процедуры синтеза результатов трех видов декомпозиции многомерной задачи автоматизации процесса составления расписания учебных занятий. Множество возможных подзадач V_s автоматизации процесса составления расписания учебных занятий предлагается задавать символьной формулой, построенной по принципу: условное обозначение структурной составляющей образуется последовательной записью слева направо условных обозначений этапа реализации, объектов автоматизации и множества локальных критериев.

Знак * будет использоваться для формирования условного обозначения.

Исследование и анализ множества локальных подзадач, полученного в результате синтеза результатов трех видов декомпозиции (рис. 1, 2, 3), позволил выделить следующий оптимальный состав элементов иерархической структуры процесса автоматизации составления расписания учебных занятий, формульная формализация которых представлена в табл. 1.

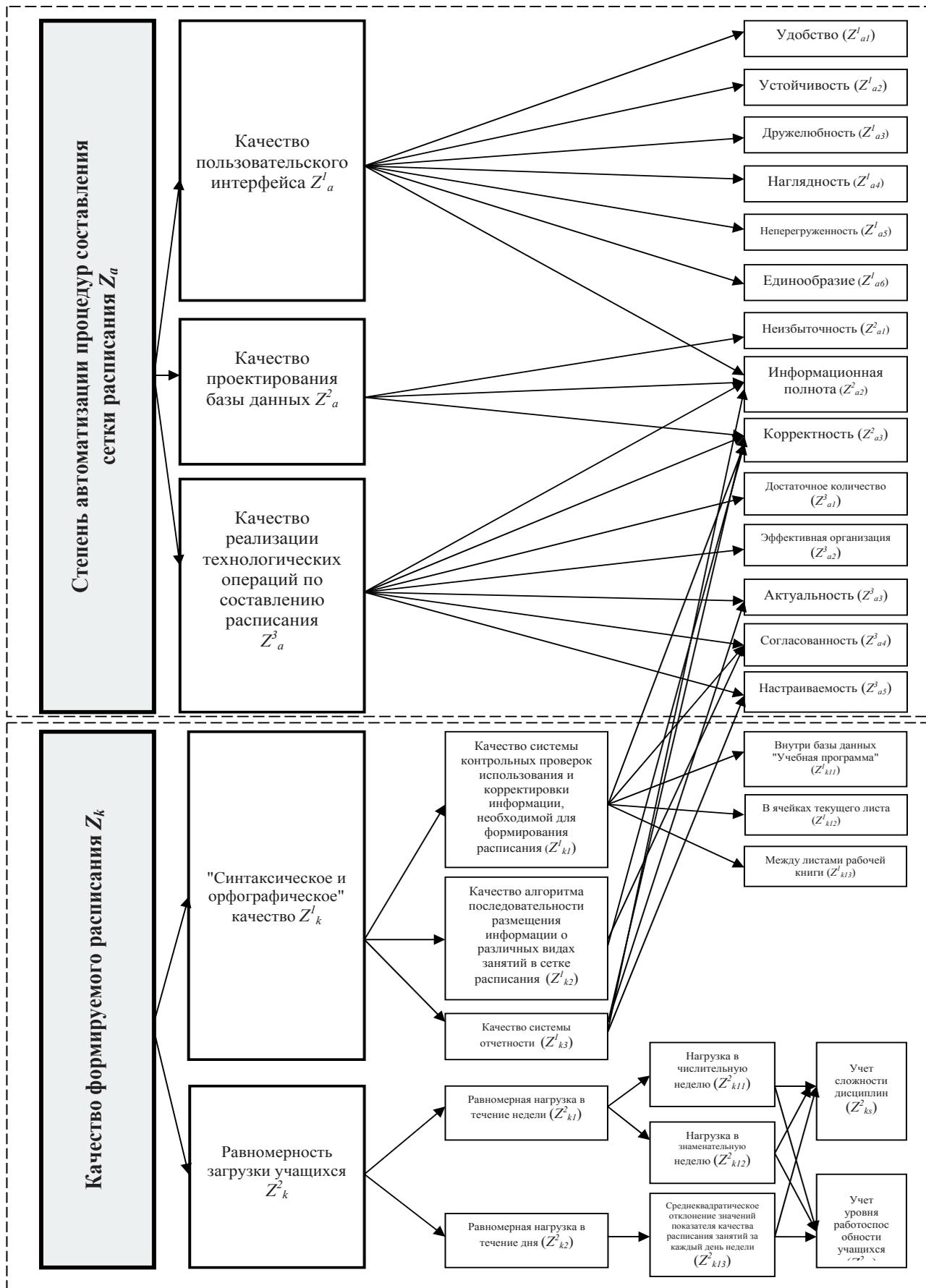


Рис. 2. Декомпозиция задачи автоматизации способа составления расписания учебных занятий по критериям оптимизации

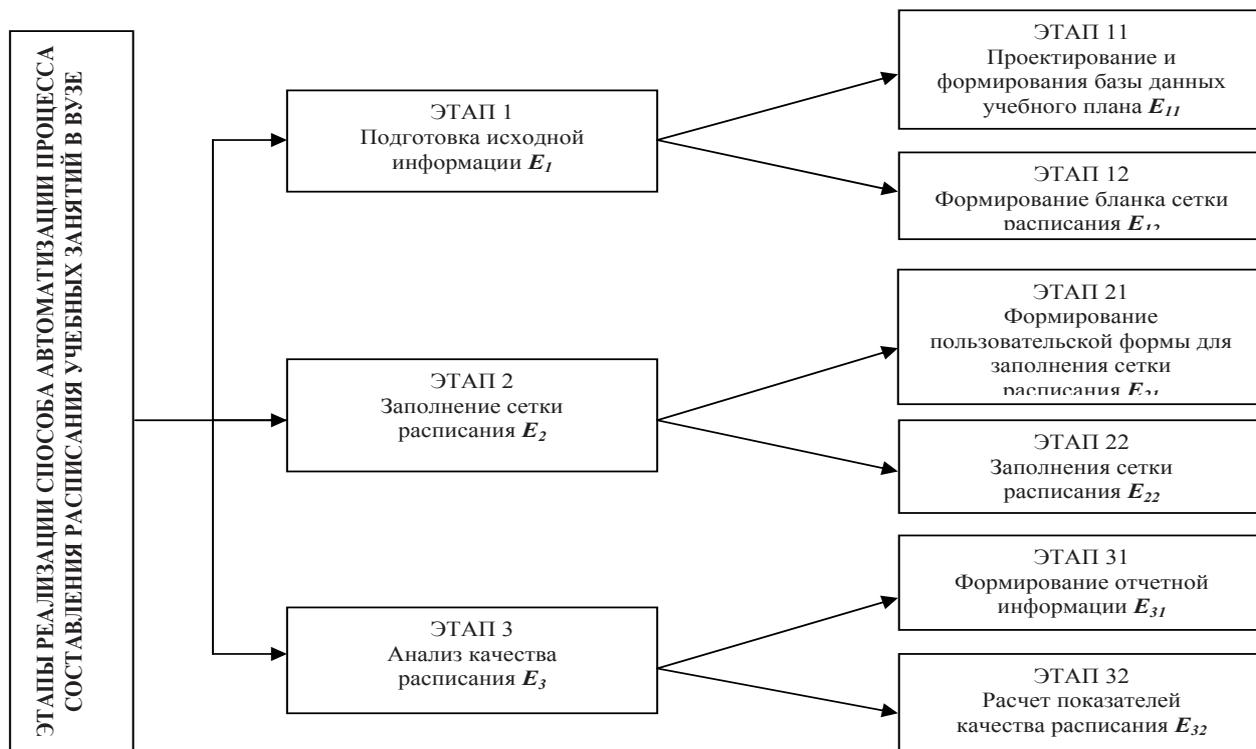


Рис. 3. Декомпозиция задачи автоматизации способа составления расписания учебных занятий по этапам реализации

Реализация второго этапа декомпозиции многомерной задачи автоматизации составления расписания учебных занятий предполагает организацию совместного решения системы полученных локальных подзадач, которая включает выбор:

- метода, локального критерия и разработку алгоритма решения каждой подзадачи;
- координацию процесса обмена информацией между подзадачами;
- коррекцию решения задачи в соответствии с общим критерием оптимальности.

В общем виде р-ю подзадачу системы можно представить следующим образом:

$$f_p(X_p, Y_p, Z_p) \rightarrow \text{extr}, \tag{7}$$

где Z_p – локальный критерий оптимальности р-й подзадачи иерархической структуры; X_p – входная информация р-й подзадачи иерархической структуры; Y_p – выходная информация р-й подзадачи автоматизации процесса составления расписания учебных занятий.

Таблица 1

Этап	Подзадача реализации процесса автоматизации составления расписания учебных занятий	Формула	№ формулы
1.1	Подзадача проектирование и заполнение базы данных учебного плана по направлениям подготовки и учебной нагрузки по преподавателям	$V_1 = E_{11} * O_{11} * \{Z_{a1}^2 * Z_{a2}^2 * Z_{a3}^2\}$	1
1.2	Подзадача формирования бланка сетки расписания	$V_2 = E_{12} * O_{121} * \{Z_{a1}^1 * Z_{a2}^1 * Z_{a3}^1 * Z_{a4}^1 * Z_{a5}^1 * Z_{a6}^1\} * Z_{a2}^2$	2
2.1	Подзадача создания пользовательской формы, предоставляющей исходную информацию для заполнения сетки расписания	$V_3 = E_{21} * \{O_{21} * O_{122}\} * \{Z_{a1}^1 * Z_{a2}^1 * Z_{a3}^1 * Z_{a4}^1 * Z_{a5}^1 * Z_{a6}^1\} * \{Z_{a1}^3 * Z_{a2}^3 * Z_{a4}^3 * Z_{a2}^2 * Z_{a3}^2\} * \{Z_{k11}^1 * Z_{k12}^1\}$	3
2.2	Подзадача редактирование ячеек сетки расписания, которые отвечают за информацию об учебных занятиях и аудиториях	$V_4 = E_{22} * \{O_{21} * O_{122} * O_{23}\} * \{Z_{a1}^1 * Z_{a2}^1 * Z_{a3}^1 * Z_{a4}^1 * Z_{a5}^1 * Z_{a6}^1\} * \{Z_{a1}^3 * Z_{a2}^3 * Z_{a4}^3 * Z_{a2}^2 * Z_{a3}^2\} * \{Z_{k13}^1 * Z_{k2}^1 * Z_{k11}^1\}$	4
3.1	Подзадача формирования отчетной информации о фактической учебной нагрузке преподавателей, студентов отдельных курсов, направлений и ВУЗа в целом	$V_5 = E_{31} * O_{13} * \{Z_{a2}^2 * Z_{a3}^2 * Z_{a5}^2\}$	5
3.2	Подзадача расчета агрегированных показателей качества сформированного расписания занятий	$V_5 = E_{32} * O_{14} * \{Z_{k11}^2 * Z_{k12}^2 * Z_{k13}^2\} * \{Z_{ks}^2 * Z_{kr}^2\}$	6

Схема информационного взаимодействия и координации процесса решения подзадач полученной декомпозиционной структуры представлена на рис. 4. Рассмотрим предлагаемую авторами методику реализации способа автоматизированного составления расписания учебных занятий в ВУЗе с использованием электронных таблиц Excel.

Как видно из рис. 4, реализация этапа 1 – подготовки исходной информации для формирования понедельного расписания учебных занятий (E_1) – предусматривает последовательное решение двух задач – V_1 и V_2 .

Первая (V_1) – проектирование и заполнение на каждом листе рабочей книги исходной информации для формирования сетки расписания учебных занятий – базы данных "Учебная программа" (УП). Математическая формализация данной задачи (1) может быть записана в следующем виде:

$$f_1(X_{11}, Y_{11}, Z_{11}) \rightarrow \text{extr} \quad (8)$$

где $X_{11} = \{X_{111}, X_{112}, Y_{22}\}$ – множество элементов вектора входной информации подзадачи V_1 ; $Y_{11} = \{Y_{111}, Y_{112}\}$ – множество элементов вектора выходной информации подзадачи V_1 ; Z_{11} – критерий оптимальности подзадачи V_1 , реализующей этап 1.1. способа составления учебного расписания.

Согласно результатам синтеза результатов трех видов декомпозиции, выполненных на первом этапе декомпозиции многомерной задачи автоматизации составления расписания учебных занятий, критерий

оптимальности задачи V_1 является комплексным (1) и состоит в максимизации качества проектирования базы данных учебных программ, а точнее – суммы его взвешенных составляющих: избыточности (Z^2_{a1}), информационной полноты (Z^2_{a2}), и корректности (Z^2_{a3}), где w_1, w_2, w_3 – весовые коэффициенты значимости соответственно показателей Z^2_{a1}, Z^2_{a2} , и Z^2_{a3} .

Параметры подзадачи проектирование и заполнение на каждом листе рабочей книги исходной информации для формирования базы данных "Учебная программа" представлены в табл. 2.

Структура таблицы "Учебный план по направлению подготовки" (Y_{111}) представлена следующими полями: полное название дисциплины; сокращенное название группы (групп); количество часов, отведенных на лекции; количество часов, отведенных на лекции практические занятия; количество часов, отведенных на лабораторные занятия; всего учебных часов по дисциплине формируется на основе нормативной документации учебного отдела по каждому направлению (X_{111}).

Структура таблицы "Учебная нагрузка по преподавателям" (Y_{112}) состоит из двух групп полей:

- первая – поля заполняются первичной информацией (X_{112}) и подлежат корректировке в результате решения подзадачи V_4 редактирования ячеек сетки расписания (Y_{22});
- вторая – поля будут заполняться результатами решения подзадачи V_4 редактирования ячеек сетки расписания (Y_{22}).

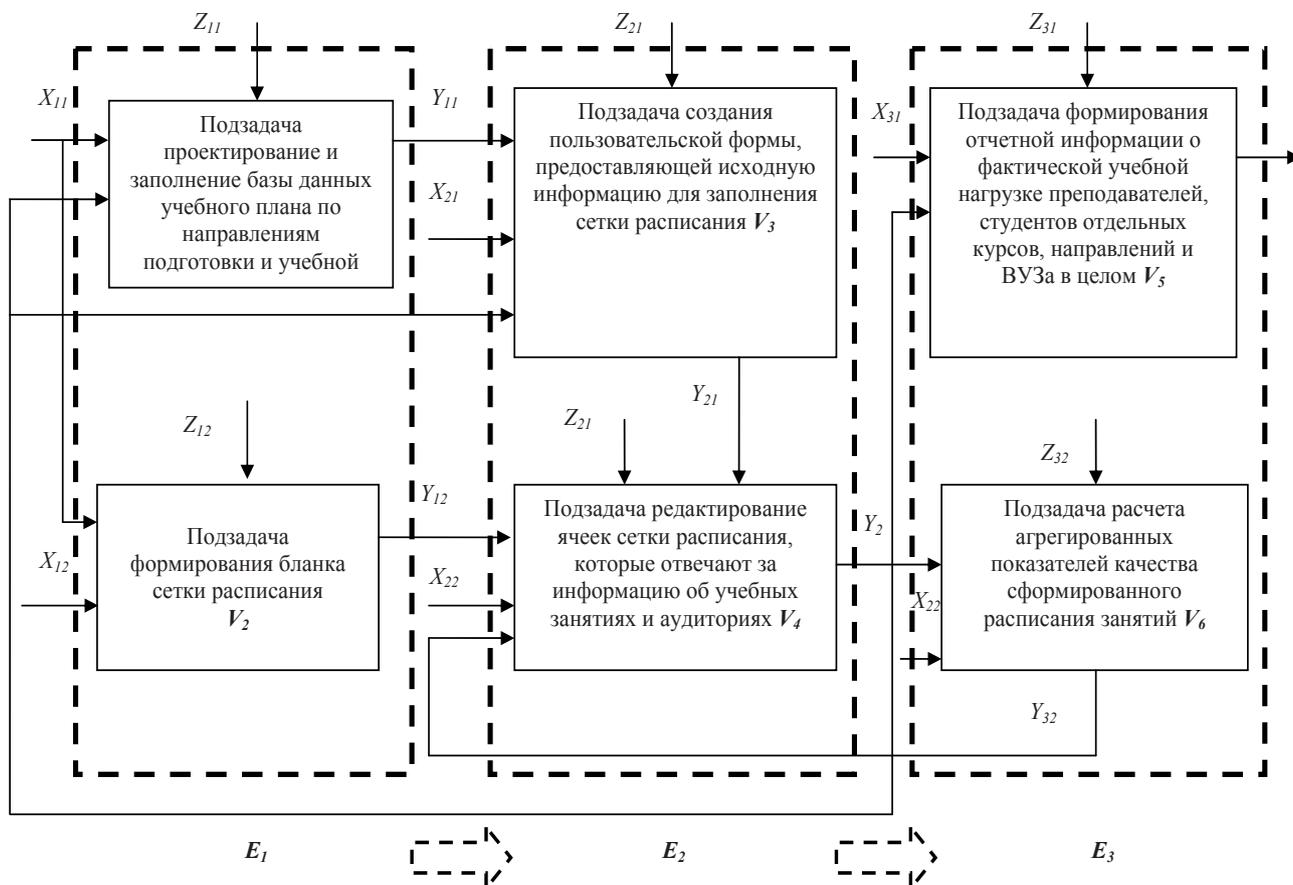


Рис. 4. Этапы реализации методики составления расписания учебных занятий

Таблица 2

Входная информация X ₁₁		Выходная информация Y ₁₁		Локальный критерий оптимальности Z ₁₁	№ формулы
X ₁₁₁	Нормативная документации учебного отдела по каждому направлению	Y ₁₁₁	Таблица "Учебный план по направлению подготовки"	$Z_{11} = w_1 \cdot Z_{a1}^2 + w_2 \cdot Z_{a2}^2 + w_3 \cdot Z_{a3}^2$ max	9
X ₁₁₂	Листки распределения нагрузки по преподавателям по каждой кафедре ВУЗа				
Y ₂₂	Результаты решения подзадачи редактирование ячеек сетки расписания, которые отвечают за информацию об учебных занятиях и аудиториях	Y ₁₁₂	Таблица "Учебная нагрузка по преподавателям"		

Первая группа полей – сокращенное название дисциплины; полное название дисциплины; фамилия, имя, отчество (ФИО) преподавателя, если он читает лекции по данной дисциплине; ФИО преподавателя, если он проводит практические занятия по данной дисциплине; ФИО преподавателя, если он проводит лабораторные занятия по данной дисциплине; количество часов, которое нужно выставить на проведение лекционных занятий; количество часов, которое нужно выставить на проведение практических занятий; количество часов, которое нужно выставить на проведение лабораторных занятия; всего учебных часов, которое нужно выставить по данному преподавателю и дисциплине; сокращенное название группы (групп), в которой преподаватель проводит лекции; сокращен-

ная информация подзадачи V₂; Z₁₂ – критерий оптимальности подзадачи V₂, реализующий этап 1.2. способа составления учебного расписания, состоящий в максимизации суммы взвешенных составляющих показателя качества пользовательского интерфейса формирования бланка сетки расписания (2), а именно – его удобства (Z¹_{a1}), устойчивости (Z¹_{a2}), дружелюбности (Z¹_{a3}), наглядности (Z¹_{a4}), непогруженности (Z¹_{a5}), информационной достаточности (Z²_{a2}) и единообразия (Z¹_{a6}); где w₄, w₅, w₆, w₇, w₈, w₉, w₁₀ – весовые коэффициенты значимости соответственных показателей Z¹_{a1}, Z¹_{a2}, Z¹_{a3}, Z¹_{a4}, Z¹_{a5}, Z²_{a2} и Z¹_{a6}.

Параметры подзадачи формирования бланка сетки расписания определенного курса и направления подготовки представлены в табл. 3.

Таблица 3

Входная информация X ₁₂		Выходная информация Y ₁₂		Локальный критерий оптимальности Z ₁₂	№ формулы
X ₁₁₁	Нормативная документации учебного отдела по каждому направлению	Y ₁₂	Бланк сетки расписания	$Z_{12} = w_4 \cdot Z_{a1}^1 + w_5 \cdot Z_{a2}^1 + w_6 \cdot Z_{a3}^1 + w_7 \cdot Z_{a4}^1 + w_8 \cdot Z_{a5}^1 + w_9 \cdot Z_{a6}^1 + w_{10} \cdot Z_{a2}^2 \rightarrow \max$	11

ное название группы (групп), в которой преподаватель проводит практические (лабораторные) занятия.

Вторая группа полей – количество фактически учтенных в расписании часов, отведенных на лекции; количество фактически учтенных в расписании часов, отведенных на практические занятия; количество фактически учтенных в расписании часов, отведенных на лабораторные занятия.

Второй подзадачей этапа подготовки исходной информации для формирования понедельного расписания учебных занятий (E₁) является формирование бланка сетки расписания определенного курса и направления подготовки на каждом листе рабочей книги (V₂). Математическая формализация данной задачи (2) может быть записана в следующем виде:

$$f_2(X_{12}, Y_{12}, Z_{12}) \rightarrow \text{extr}, \tag{9}$$

где X₁₂ = {X₁₁₁} – множество элементов вектора входной информации подзадачи V₂; Y₁₂ – выходная

Реализация этапа 2 – заполнение сетки расписания учебных занятий по всем курсам и направлениям подготовки (E₂) – предусматривает последовательное решение двух задач – V₃ и V₄ (рис. 4).

Целью реализации подзадачи создания пользовательской формы, предоставляющей исходную информацию для заполнения сетки расписания (V₃) является:

1. Предоставление пользователю полного объема информации для заполнения бланка сетки расписания на текущем листе рабочей книги и расположения ее на экране в наглядном и удобном для использования виде.

2. Разработка и реализация эффективных элементов интерфейса пользователя для выполнения перечня технологических операций, необходимых для составления сетки расписания учебных занятий по всем курсам и направлениям подготовки, а именно: просмотр учебного плана; выбор необходимой для редактирования дисциплины; выделение строки нагруз-

ки, выбранной для размещения или редактирования в сетке расписания; просмотр учебной нагрузки по выбранной дисциплине, которая фактически размещена в сетке расписания; просмотр учебной нагрузки по выбранной дисциплине, которую нужно разместить в сетке расписания.

Математическая формализация данной задачи (3) может быть записана в следующем виде:

$$f_3(X_{21}, Y_{21}, Z_{21}) \rightarrow \text{extr}, \tag{10}$$

где $X_{21} = \{X_{211}, Y_{111}, Y_{112}, Y_{22}\}$ – множество элементов вектора входной информации подзадачи V_3 ; $Y_{21} = \{Y_{211}, Y_{212}, Y_{213}\}$ – выходная информация подзадачи V_3 ; Z_{21} – комплексный критерий оптимальности подзадачи V_3 , реализующей этап 2.1. способа составления учебного расписания, состоящий в максимизации:

1. Суммы взвешенных составляющих показателя качества пользовательского интерфейса (11),

– Суммы взвешенных составляющих показателя максимального качества реализации технологических операций по составлению расписания, а именно их: достаточного количества (Z^3_{a1}); эффективной организации (Z^3_{a2}); информационной наполненности (Z^2_{a2}); корректности (Z_{kor}) и согласованность (Z_{sogl}) с точки зрения использования, обработки и визуального отображения исходной и текущей информации базы данных "Учебная нагрузка" текущего листа (Z^1_{k11} и Z^1_{k12}).

$$Z_{kor} = Z^2_{a3} * (Z^1_{k11} + Z^1_{k12}) \tag{11}$$

$$Z_{sogl} = Z^3_{a4} * (Z^1_{k11} + Z^1_{k12}) \tag{12}$$

где $w_{11}, w_{12}, w_{13}, w_{14}, w_{15}$ – весовые коэффициенты значимости соответственно показателей $Z^3_{a1}, Z^3_{a2}, Z^2_{a2}, Z_{kor}$ и Z_{sogl} .

Параметры подзадачи формирование бланка сетки расписания определенного курса и направления подготовки представлены в табл. 4.

реализация технологических операций просмотра учебного плана и выбора необходимой для редактирования дисциплины.

Целью формирования элемента формы "Нагрузка по преподавателям по дисциплине <название дисциплины>" (Y_{212}) является:

отображение результатов выполнения запроса (X_{211}) к базе данных "Учебная нагрузка" с условием совпадения названия дисциплины в строке, выбранной в элементе "Учебный план по направлению..." со значением поля "название дисциплины" таблицы Y_{112} ;

отображение результатов решения подзадачи редактирование ячеек сетки расписания, которые отвечают за информацию об оставшихся учебных часах для размещения в сетку расписания (Y_{22});

реализация технологических операций выделение строки нагрузки, выбранной для размещения или редактирования в сетке расписания; просмотр учебной нагрузки по выбранной дисциплине, которую нужно разместить в сетке расписания.

Целью формирования элемента формы "Фактически установленные учебные часы по дисциплине <название дисциплины>" (Y_{213}) является:

отображение результатов решения подзадачи редактирование ячеек сетки расписания, которые отвечают за информацию об учебных часах, фактически установленных в сетке расписания (Y_{22});

реализация технологических операций просмотра учебной нагрузки по выбранной дисциплине, которая фактически размещена в сетке расписания.

Задача V_4 заключается непосредственно в редактировании ячеек сетки расписания, которые отвечают за информацию об учебных занятиях и аудиториях.

Математическая формализация данной задачи (4) может быть записана в следующем виде:

$$f_3(X_{21}, Y_{21}, Z_{21}) \rightarrow \text{extr}, \tag{14}$$

Таблица 4

Входная информация X_{21}		Выходная информация Y_{21}		Локальный критерий оптимальности Z_{21}	№ формулы
Y_{111}	Таблица "Учебный план по направлению подготовки"	Y_{211}	Элемент формы "Учебный план по направлению <название направления>"	$Z_{21} = Z_{12} + w_{11} \cdot Z^3_{a1} + w_{12} \cdot Z^3_{a2} + w_{13} \cdot Z^2_{a2} + w_{14} \cdot Z_{kor} + w_{15} \cdot Z_{sogl} \rightarrow \max$	13
Y_{112}	Таблица "Учебная нагрузка по преподавателям"				
X_{211}	Правила выполнения запроса к таблицам "Учебный план по направлению подготовки" и "Учебная нагрузка по преподавателям"	Y_{212}	Элемент формы "Нагрузка по преподавателям по дисциплине <название дисциплины>"		
Y_{22}	Результаты решения подзадачи редактирование ячеек сетки расписания, которые отвечают за информацию об учебных занятиях и аудиториях	Y_{213}	Элемент формы "Фактически установленные учебные часы по дисциплине <название дисциплины>"		

Целью формирования элемента формы "Учебный план по направлению <название направления>" (Y_{211}) является:

отображение результатов запроса (X_{211}) ко всем записям таблицы Y_{111} базы данных УП определенного курса и направления обучения текущего листа;

где $X_{22} = \{Y_{211}, Y_{212}, X_{221}, X_{222}, Y_{12}, Y_{32}\}$ – множество элементов вектора входной информации подзадачи V_4 ; $Y_{22} = \{Y_{221}, Y_{222}, Y_{223}\}$ – выходная информация подзадачи V_4 ; Z_{22} – комплексный критерий оптимальности подзадачи V_4 , реализующей этап 2.2. способа составления учебного расписания, состоящий в максимизации:

1. Суммы взвешенных составляющих показателя качества пользовательского интерфейса (11).

– Суммы взвешенных составляющих показателя максимального качества реализации технологических операций по составлению расписания, а именно их: достаточного количества (Z^3_{a1}); эффективной организации (Z^3_{a2}); информационной наполненности (Z^2_{a2}); корректности (Z^k_{kor}) и согласованности (Z^k_{sogl}) с точки зрения использования, обработки и визуального отображения исходной и текущей информации на всех листах рабочей книги (Z^1_{k11} , Z^1_{k12} и Z^1_{k13}):

$$Z^k_{kor} = Z^2_{a3} * (Z^1_{k11} + Z^1_{k12} + Z^1_{k13}) \quad (15)$$

$$Z^k_{sogl} = Z^3_{a4} * (Z^1_{k11} + Z^1_{k12} + Z^1_{k13}) \quad (16)$$

2. Качества алгоритма последовательности размещения информации о различных видах занятий в сетке расписания (Z^1_{k2}),

где w_{16} , w_{17} и w_{18} – весовые коэффициенты значимости соответственно показателей Z^k_{kor} , Z^k_{sogl} и Z^1_{k2} .

Параметры подзадачи формирование бланка сетки расписания определенного курса и направления подготовки представлены в табл. 5.

ную пару и располагаются в определенных ячейках текущего листа, с информацией, хранящейся в ячейках, соответствующих этой же паре занятий в сетках расписания других листов рабочей книги;

– отсутствия совпадения учебной группы, расположенной в соответствующих ячейках, выделяемых пользователем в сетке расписания текущего листа, и учебной группы в выделенной строке элемента формы "Нагрузка по преподавателям по дисциплине <название дисциплины>" (Y_{212});

– соответствия количества учебных часов, которые размещаются на определенную пару занятий в сетке расписания текущего листа, количеству часов, которое выставляется в сетку расписания по данной дисциплине и преподавателю;

– отсутствию совпадения номера аудитории, занятия в которой будут проводиться на паре занятий, соответствующей выделяемым ячейкам, номеру аудитории в ячейках, соответствующих той же паре занятий на других листах рабочей книги.

Реализация этапа 3 – анализа созданного расписания учебных занятий студентов ВУЗа (E_3) – предусматривает решение двух задач – V_5 и V_6 (рис. 4).

Целью решения задачи V_5 является реализация

Таблица 5

Входная информация X_{22}		Выходная информация Y_{22}		Локальный критерий оптимальности Z_{22}	№ формулы
Y_{211}	Элемент формы "Учебный план по направлению <название направления>"	Y_{221}	Сетка расписания учебных занятий	$Z_{22} = Z_{12} + w_{11} \cdot Z^3_{a1} + w_{12} \cdot Z^3_{a2} + w_{13} \cdot Z^2_{a2} + w_{16} \cdot Z^k_{kor} + w_{17} \cdot Z^k_{sogl} + w_{18} \cdot Z^1_{k2} \rightarrow \max$	17
Y_{212}	Элемент формы "Нагрузка по преподавателям по дисциплине <название дисциплины>"	Y_{222}	Сетка расписания учебных аудиторий		
Y_{12}	Бланк сетки расписания				
X_{221}	Правила добавления информации об учебных занятиях и аудиториях				
X_{222}	Система контрольных проверок условий возможности добавления в сетку расписания определенного количества часов и аудитории	Y_{223}	Скорректированная информация в таблицах УПП и УНП		
Y_{32}	Результаты решения задачи расчета агрегированных показателей качества сформированного расписания занятий				

Алгоритм реализации задачи V_4 следующий:

1. Согласно информации, размещенной в элементах пользовательской формы (Y_{211} и Y_{212}) о количестве учебных часов, которые необходимо выставить в сетку расписания (Y_{12}), выполняется редактирование ячеек текущего листа с целью формирования расписания по выбранному на данном листе учебного направлению согласно установленному правилу (X_{221}) – сначала лекционные занятия, затем практические и лабораторные.

2. Корректность выполняемых на данном этапе операций поддерживается путем программной реализации системы контрольных проверок условий возможности добавления в сетку расписания определенного количества часов по данному преподавателю и выбранной дисциплине, а также номера учебной аудитории (X_{222}), а именно:

– отсутствия совпадения ФИО преподавателя, занятие которого размещается на определенную учеб-

справочной и контролирующей функции автоматизированной системы, состоящей в формировании на отдельном листе (листах) рабочей книги отчетной информации о фактической недельной или семестровом учебной нагрузке определенных преподавателей, студентов отдельных курсов, направлений и ВУЗа в целом, а также составлении карточек расписания учебных занятий по определенному преподавателю в соответствии с запросами пользователя по форме представления и содержанию отчета.

Математическая формализация данной задачи (5) может быть записана в следующем виде:

$$f_5(X_{31}, Y_{31}, Z_{31}) \rightarrow \text{extr}, \quad (18)$$

где $X_{31} = \{X_{311}, Y_{221}\}$ – множество элементов вектора входной информации подзадачи V_5 ; $Y_{31} = \{Y_{111}, Y_{312}, Y_{313}, Y_{314}\}$ – выходная информация подзадачи V_5 ; Z_{31} – комплексный критерий оптимальности подзадачи

V_5 , реализующей этап 3.1. способа составления учебного расписания, состоящий в максимизации качества формируемой системы отчетности, а точнее – суммы его взвешенных компонент: информационной полноты (Z^2_{a2}); актуальности (Z^3_{a3}); настраиваемости (Z^3_{a5}); корректности (Z^2_{a3}), где w_{19}, w_{20}, w_{21} и w_{22} – весовые коэффициенты значимости соответственно показателей $Z^2_{a2}, Z^3_{a3}, Z^3_{a5}$ и Z^2_{a3} .

Параметры подзадачи формирование бланка сетки расписания определенного курса и направления подготовки представлены в табл. 6.

- недельной загрузки учащихся

$$Z^2_{k1} = Z^2_{k11} \approx Z^2_{k12}, \tag{22}$$

$$\text{где } Z^2_{k11} = Z^2_{ks} \cdot Z^2_{kr} \tag{23}$$

- дневной загрузки учащихся

$$Z^2_{k2} = Z^2_{k13} \rightarrow \min \tag{24}$$

где Z^2_{k13} – среднеквадратическое отклонение значений показателя качества расписания занятий за каждый день недели.

Таблица 6

Входная информация X_{31}		Выходная информация Y_{31}		Локальный критерий оптимальности Z_{31}	№ формулы
X_{311}	Параметры запроса для формирования отчета	Y_{311}	Отчеты о фактической недельной или семестровом учебной нагрузке преподавателя	$Z_{31} = w_{19} \cdot Z^2_{a2} + w_{20} \cdot Z^3_{a3} + w_{21} \cdot Z^3_{a5} + w_{22} \cdot Z^2_{a3} \rightarrow \max$	19
Y_{221}	Сетка расписания учебных занятий	Y_{312}	Отчеты о фактической недельной или семестровом учебной нагрузке студентов		
		Y_{313}	Отчеты о фактической недельной или семестровом учебной нагрузке направления		
		Y_{314}	Отчеты о фактической недельной или семестровом учебной нагрузке ВУЗа в целом		

Решение задачи V_6 предполагает реализацию методики учета при оценке качества сформированного расписания занятий фактической информации относительно рациональности распределения учебной нагрузки за отдельными днями недели и по каждой неделе следующих показателей:

1. Уровня сложности учебных дисциплин (Z^2_{ks}):

$$Z^2_{ks} = \lambda_1 \cdot S_1 + \lambda_2 \cdot S_2 + \lambda_3 \cdot S_3, \tag{20}$$

где S_1 – количество междисциплинарных связей, необходимых для усвоения конкретной дисциплины; S_2 – средний балл по дисциплине; S_3 – степени присутствия в расписании логической последовательности расположения лекционных и практических занятий в течение недели, а также чередования разных видов учебных занятий в пределах дня; λ_1, λ_2 и λ_3 – весовые коэффициенты значимости соответственно показателей S_1, S_2 и S_3 .

2. Уровня работоспособности учащихся согласно требованиям необходимости учета биологических ритмов лиц разных возрастных групп (Z^2_{kr}).

Математическая формализация данной задачи (6) может быть записана в следующем виде:

$$f_6(X_{32}, Y_{32}, Z_{32}) \rightarrow \text{extr}, \tag{21}$$

где $X_{32} = \{Y_{221}, X_{321}, X_{322}, X_{323}, X_{324}\}$ – множество элементов вектора входной информации подзадачи V_6 ; $Y_{32} = \{Y_{111}, Y_{312}, Y_{313}, Y_{314}\}$ – выходная информация подзадачи V_6 ; Z_{32} – комплексный критерий оптимальности подзадачи V_6 , реализующей этап 3.2. способа составления учебного расписания, и состоящий в оптимизации критерия равномерности загрузки учащихся, а точнее – суммы его взвешенных компонент:

Поскольку частные критерии (9, 11, 13, 17, 19, 25), используемые при решении множества подзадач $V = \{V_1, V_2, V_3, V_5, V_6\}$ являются результатами декомпозиции общей задачи на множество локальных объектов автоматизации процесса составления расписания учебных занятий, то их оптимизация обеспечивает достижение экстремума главного критерия поставленной задачи Z_r :

1. Максимальная автоматизация процедур составления сетки расписания Z_a ;

2. Максимальное качество формируемого расписания Z_k , складывающееся из:

- "синтаксического и орфографического" качества Z_{ks} ,
- качества, характеризующегося равномерностью загрузки Z_{kr} учащихся.

$$Z_r = c_1 \cdot Z_a + c_2 \cdot Z_{ks} + c_3 \cdot Z_{kr} \rightarrow \max, \tag{25}$$

c_1, c_2 и c_3 – весовые коэффициенты значимости соответственно показателей Z_a, Z_{ks} и Z_{kr} .

На этапе коррекции решения задачи в соответствии с общим критерием оптимальности методики автоматизированного составления расписания происходит доработка с использованием человеческого фактора варианта расписания, сформированного в результате реализации основных этапов его составления, с целью максимального учета неформализуемых факторов и согласования противоречивых критериев, а именно: учета пожеланий или ограничений по расписанию отдельных преподавателей; ограничений по использованию отдельных аудиторий; особенностям организации учебного процесса по конкретным дисциплинам; возможности корректировки полученного варианта расписания учебных занятий согласно рекомендациям по итогам оценки и анализа качества расписания.

Таблица 7

Входная информация X ₃₂		Выходная информация Y ₃₂		Локальный критерий оптимальности Z ₃₂	№ формулы
Y ₂₂₁	Сетка расписания учебных занятий	Y ₃₂₁	Агрегированные показатели качества расписания занятий каждой академической группы, курса или направления	$Z_{32} = Z_{k1}^2 + Z_{k2}^2$ $\rightarrow opt$	25
X ₃₂₁	Показатель количества междисциплинарных связей, необходимых для усвоения дисциплины				
X ₃₂₂	Показатель среднего балла успеваемости студентов определенной параллели из i-й дисциплины за последние 3 года	Y ₃₂₂	Отчеты о фактической недельной или семестровом учебной нагрузке студентов в целом по числительной и (или) знаменательной учебным неделям		
X ₃₂₃	Учет наличия логической последовательности расположения в расписании лекционных и практических занятий в течение недели, а также чередование видов учебных занятий в пределах дня	Y ₃₂₃	Отчеты о фактической недельной или семестровом учебной нагрузке студентов по каждому дню недели		
X ₃₂₄	Уровень работоспособности учащихся согласно требованиям необходимости учета биологических ритмов лиц разных возрастных групп	Y ₃₁₄	Отчеты о фактической недельной или семестровом учебной нагрузке ВУЗа в целом		

Выводы

Таким образом, предложен алгоритм применения методов декомпозиции для решения многокритериальной задачи автоматизации составления расписания учебных занятий в ВУЗе, который позволяет:

1. За счет применения принципов системного подхода учесть в процессе реализации предлагаемой методики критерии оптимальности и ограничения двух взаимосвязанных задач – задачи оптимизации основных показателей учебного расписания и методики автоматизации процесса его составления.

2. За счет проведения процедуры декомпозиции сложной задачи упростить методологию решения многокритериальной задачи путем формирования иерархической структуры критерияльно согласованных задач "допустимой" сложности.

3. За счет разработки эффективной методики автоматизации процесса составления расписания снизить трудоемкость выполнения ручных операций по составлению расписания, внедрить эффективную систему контроля синтаксических ошибок и логического несоответствия в полученном расписании, максимально учесть особенности методологии и основные цели задачи составления расписания в конкретном ВУЗе.

4. За счет обоснования методики оценки качества формируемого расписания с учетом биологических ритмов учащихся и уровня сложности учебных дисциплин гарантировать значительное улучшение значения показателя равномерности загрузки студентов.

Литература

1. Е.В. Сычёв. Организационно-технический подход к составлению расписания учебных занятий в ВУЗе [Текст] / Сычёв Е.В. // Журнал "Современные наукоемкие технологии". № 11 – М.– 2009, с.87-89.
2. А.Ю. Мельников, Н.М. Сусяк. Автоматизированное составление расписания занятий в высшем учебном заведении [Текст] / Мельников А.Ю., Сусяк М. // Современные

проблемы информатизации в информационных системах и телекоммуникациях: Сб. трудов. Вып. 11. – Воронеж: Издательство "Научная книга". – 2006, с. 344–345.

3. Ю.В. Воронков. Организация электронного расписания с использованием Microsoft Excel и VBA [Текст] / Воронков Ю.В. // Журнал "Современные наукоемкие технологии". № 11 – М. – 2009, с.64-68
4. В.А. Караковский, О.Л. Матусевич. Программы для составления школьного расписания: возможности и опыт применения. [Текст] / Караковский В.А., Матусевич О.Л. // XV Международная конференция "Применение новых технологий в образовании". – Троицк– 2004, с.376-380.
5. С.В. Давыдов. Система автоматического построения расписания учебных занятий. [Электронный ресурс] / Режим доступа: \www/ URL: http://davidovsv narod.ru/schedule/index.html.
6. Ю.В. Береговых, Б.А. Васильев, Н.А. Володин. Алгоритм составления расписания занятий. [Текст] / Береговых Ю.В., Васильев Б.А., Володин Н.А. // Научно-теоретический журнал "Искусственный интеллект", № 2. – Донецк – 2009, с.50-56.
7. В.И. Верёвкин, О.М. Исмагилова, Т.А. Атавин. Автоматизированное составление расписания учебных занятий вуза с учётом трудности дисциплин и утомляемости студентов [Текст] / Верёвкин В.И., Исмагилова О.М., Атавин Т.А. // Доклады ТУСУРа, №1 (19), часть 1. – Томск – 2009, с.221-225.
8. С. В. Балтак, Ю. Н. Сотсков. Построение расписаний учебных занятий на основе раскраски вершин графа [Текст] / Балтак С. В., Сотсков Ю. Н. // Информатика. Объединенный институт проблем информатики НАН Беларуси, № 3(11).– 2006. – с. 56-69.
9. Ю.С.Кабальнов, Л.И.Шехтман, Г.Ф.Низамова, Н.А.Земченкова. Композиционный генетический алгоритм составления расписания учебных занятий. [Текст] / Кабальнов Ю.С., Шехтман Л.И., Низамова Г.Ф., Земченкова Н.А. // Вестник УГАТУ, Т.7, №2 (15) – Уфа – 2009, с.99-107.

10. Н.В. Яндыбаева. Генетический алгоритм в задаче составления учебного расписания ВУЗа. [Текст] / Яндыбаева Н.В. // Журнал "Современные наукоемкие технологии". № 11 – М. – 2009, с.97-98
11. Ф. Соуса, А. Алвес. Полностью эвристическое расписание занятий, управляемое пожеланиями студентов [Текст] / Соуса Ф., Алвес А. // Наукові праці ВНТУ, № 2. – 2009, с. 1–4.

Визначені поняття та сутність цінової стратегії фірми. Запропонована модель цінової стратегії для декількох фірм на ринку одного товару. Наведений приклад розрахунку даної моделі

Ключові слова: ціна, цінова стратегія, модель

Определены понятие и сущность ценовой стратегии фирмы. Предложена модель ценовой стратегии для нескольких фирм на рынке одного товара. Приведен пример расчета данной модели

Ключевые слова: цена, ценовая стратегия, модель

A concept and essence of price strategy of firm is certain. A model is offered by a price strategist for a few firms at the market of one commodity. An example of calculation of this model is made

Keywords: price, price strategy, model

УДК 517.7;338.5

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ЦІНОВОЇ СТРАТЕГІЇ ФІРМИ

Н.Б. Івченко

Кандидат технічних наук, професор*

А.В. Глушко

Магістрант*

*Кафедра економічної кібернетики
Харківський національний університет радіоелектроніки
пр. Леніна, 14, м. Харків, Україна, 61166
Контактний тел.: (057) 702-14-90

Вступ

В нинішніх умовах, коли посилюється конкуренція на ринку, для здійснення успішної діяльності фірми великого значення набуває вибір цінової стратегії.

Цінова стратегія є важливим інструментом здійснення ефективної політики фірми, а також одним із визначальних факторів збільшення прибутковості. Цінова стратегія – це система заходів формування ціни для забезпечення стратегічних і тактичних цілей підприємства, яка базується на конкретній ринковій ситуації. Правильно обрана стратегія надає компанії наступні переваги: успішну роботу на цільовому ринку, стабільне фінансове положення, переваги перед конкурентами. Отже, якісно розроблена цінова стратегія є запорукою ефективної діяльності фірми.

1. Аналіз досліджень

При пристосуванні фірми до нинішніх ринкових умов проблема розробки ефективної цінової стратегії набуває все більшої актуальності.

Огляд сучасних літературних джерел на дану тематику свідчить про те, що ряд питань з формування цінової стратегії для фірми не мають повного відображення в наукових працях.

Можна визначити наступні сутнісні характеристики цінової стратегії:

1. Цінова стратегія повинна розроблятися у складі загального стратегічного набору фірми;
2. В основі розробки цінової стратегії мають бути основні принципи цінової політики фірми;
3. Цінова стратегія повинна слугувати досягненню довгострокових цінових рішень фірми.