

ФОРМИРОВАНИЕ РАСПИСАНИЯ ЗАНЯТИЙ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

Николай Николаевич Клеванский, канд. техн. наук, профессор СГАУ,

E-mail: nklevansky@yandex.ru,

Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова,

http://sgau.ru

В статье представлены основные концепции и подходы в реализации задач формирования расписаний для набора независимых заявок на примере расписаний занятий высших учебных заведений. Предложены основные критерии в задачах выбора при формировании и оптимизации расписаний.

Ключевые слова: расписание, заявка, событие, жадный алгоритм, многовекторное ранжирование.

Введение

Большинство задач расписания заключается в том, что для системы, содержащей ограниченные ресурсы, необходимо сформировать и оптимизировать процесс обслуживания конечного множества требований (заявок) на осуществление действий (работ, событий, операций) в системе [1–3]. В статье будут рассматриваться задачи на



Н.Н. Клеванский

эффективность обслуживания требований для задаваемого интервала времени, внутри которого формируется расписание. Эффективность обслуживания требований определяется, прежде всего, эффективностью использования ресурсов системы.

Согласно [4] расписание занятий относится к классу расписаний с независимыми друг от друга заявками (рисунок 1). Любое действие (занятие), являющееся элементом расписания этого класса, может быть расположено в любом таймслоте интервала расписания с учетом обязательных ограничений. Для этого типа задач расписания характерна возможность произвольного выбора заявок при его формировании. То же самое относится к выбору элементов расписания при его оптимизации.

Формирование расписания учебных занятий является одной из основных и наиболее сложных задач автоматизации управления учебным процессом вуза. Оно характеризуется значительной трудоемкостью, а его успешная реализация возможна

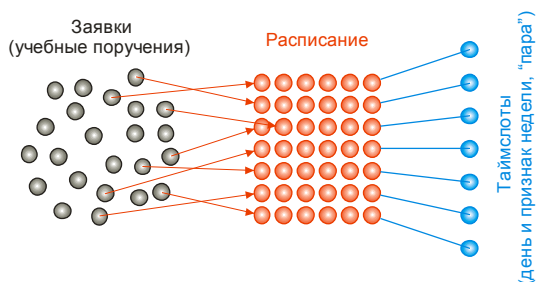


Рисунок 1 – Схема расписания для независимых заявок

только при учете всех подразделений учебного заведения. Качество расписания занятий определяет эффективность учебного процесса. Комплексный характер качества расписания связан с учетом требований преподавателей, студентов и руководства вуза, а также требований организационного и методического характера. Количество и качество этих требований или ограничений существенно влияет на возможность и трудоемкость получения решения [5]. При учете всех ограничений классические методы теории расписаний оказываются неприменимыми [6]. В этой ситуации на передний план выходят эвристические методы [3, 7]. «Эвристические методы – это последовательность решающих правил, вычислений или процедур обработки информации, выполняемая для поиска эффективных решений» [3].

Целью данной статьи является представление эвристических методов формирования расписания занятий высшего учебного заведения.

1 Постановка задачи

С точки зрения расписания занятий необходимо рассмотрение двух типов организации учебного процесса в высшем учебном заведении:

- традиционный, при котором студенческий контингент для проведения занятий представлен академическими группами, потоками и подгруппами;
- многоуровневый, при котором студенческий контингент представлен подмножествами студентов для каждого занятия при отсутствии групп, подгрупп и потоков.

Соответственно, рассматриваются задачи high school timetabling [8, 9] и university timetabling [10, 11].

1.1 Организация учебного процесса в вузе

Организация управления учебным процессом высшего учебного заведения основывается на пяти взаимосвязанных группах процедур (рисунок 2):

- 1) расчет учебной нагрузки кафедр на очередной учебный год на основании учебных планов и контингента студентов;
- 2) распределение индивидуальной нагрузки преподавателей на основании расчета учебной нагрузки кафедр;
- 3) формирование штатного расписания профессорско-преподавательского состава на основании индивидуальной нагрузки преподавателей;
- 4) формирование учебных поручений для осенних/весенних семестров учебного года на основании индивидуальной нагрузки преподавателей для проведения дисциплин;
- 5) формирование расписаний занятий и экзаменов для осенних/весенних семестров учебного года на основании учебных поручений.

Единственная группа процедур, связанная с формированием расписаний, осуществляется всегда централизованно, то есть на уровне высшего учебного заведения. Первые четыре группы процедур могут решаться децентрализованно, то есть на уровне кафедр. Но, децентрализованный подход к решению первых четырех групп процедур связан с вводом большого объема исходной информации при реализации пятой группы процедур. При использовании средств автоматизации децентрализованный подход приводит к значительному дублированию программных средств на различных уровнях управления. Таким образом, интегрированная система управления учебным процессом должна базироваться на централизованном подходе.

Все группы процедур, за исключением второй, могут быть реализованы в автоматическом режиме. Вторая группа процедур, связанная с распределением индивидуальной нагрузки, интерактивна по своей природе и не может иметь централизованного решения. Это приводит к распределенной обработке данных в составе интегрированной системы. Наличие локальной сети во всех подразделениях позволяет для разработки средств автоматизации использование интегрированных сред, в том числе «1С» [8]. При отсутствии соответствующих средств связи необходима разработка специальных программных средств для использования результатов децентрализованного распределения индивидуальной нагрузки при формировании расписания занятий. Как правило, интегрированные системы базируются на базах данных различной природы [12], что обуславливает программное формирование расписания занятий средствами СУБД.

Задача формирования расписания занятий вуза является задачей распределения трех ресурсов – студенческого контингента, преподавателей и аудиторий.

При традиционной организации учебного процесса в вузе проводятся три вида занятий. Занятие группы – занятие одной группы с одним преподавателем. Занятие потока – занятие нескольких групп с одним преподавателем. Занятия подгрупп – занятие одной группы с несколькими преподавателями.

Расписание занятий формируется на основе учебных поручений, выступающих в роли заявок. В учебных поручениях указывается студенческий контингент, преподаватели, дисциплины, вид занятия и требуемые или желаемые аудитории с набором признаков. Основной признак – вместимость аудитории. Дополнительными признаками могут быть требуемое оборудование – лабораторное, компьютерное, мультимедийное и т. п. Аудитория может иметь «пустое» значение – Null, что означает отсутствие конкретной информации, которая заменяется конкретным значением при формировании расписания. Учебные поручения формируются для каждой «пары» занятий двух недель расписания для первого типа организации учебного процесса, и для каждого академического часа пяти дней недели для второго типа.



Рисунок 2 – Документы управления учебным процессом вуза

1.2 Формулировка задачи

Введем множества студентов S , групп G , преподавателей P и аудиторий A . Модель учебного поручения включает три параметра, с помощью которых моделируются все типы занятий:

- G_d – подмножество академических групп, $G_d = \{g_i, i = \overline{1, n_g}\}$, $G_d \in G$, n_g – количество академических групп учебного поручения;

- P_d – подмножество преподавателей, $P_d = \{p_i, i = \overline{1, n_p}\}$, $P_d \in P$, n_p – количество преподавателей учебного поручения;

- A_d – множество учебных аудиторий учебного поручения, включая специализированные и «пустую» аудиторию, $A_d = \{a_i, i = \overline{1, n_a}\}$, $A_d \in A$, где n_a – количество аудиторий учебного поручения.

При многоуровневой организации учебного процесса модель учебного поручения вместо подмножества групп включает S_d – подмножество студентов, $S_d = \{s_i, i = \overline{1, n_s}\}$, $S_d \in S$, n_s – количество студентов учебного поручения.

Определим множество таймслотов $T = \{t_i, i = \overline{1, n_t}\}$ – временных интервалов проведения занятий, n_t – общее число таймслотов интервала расписания. Для рассматриваемого тестового задания первого типа организации учебного процесса интервал расписания равен двум неделям с четырьмя ежедневными «парами». n_t в этом случае равно 48. Для тестовых заданий многоуровневой организации учебного процесса интервал расписания равен одной неделе, а $n_t = 45$.

2 Подходы к решению задачи

2.1 Общие концепции

Для решения задач расписания занятий использован двухэтапный подход, включающий формирование начального расписания и его последующую оптимизацию. Под начальным расписанием понимается любое непротиворечивое расписание, удовлетворяющее обязательные ограничения.

Задача формирования начального расписания решается последовательным выбором учебного поручения и последующим его включением в расписание в выбираемое время начала проведения занятия. То есть, на каждом шаге решения задачи формирования начального расписания присутствуют две операции выбора, после чего принимаются некоторые решения.

Задача оптимизации начального расписания решается последовательным выбором занятия и последующей его перестановкой в расписании в выбираемое время начала выполнения действия. То есть, на каждом шаге решения задачи оптимизации начального расписания также присутствуют две операции выбора, после чего принимаются некоторые решения.

Такой подход на обоих этапах характерен для жадных алгоритмов и широко применяется для задач формирования расписаний и связанных с этим задач распределения ресурсов.

Жадный подход строит решение посредством последовательности шагов, на каждом из которых получается частичное решение поставленной задачи, пока не будет получено полное решение. Использование идеологии жадных алгоритмов предполагает цикличность алгоритмов для обоих этапов решения задачи формирования расписания.

2.2 Формирование начального расписания

Выбор учебного поручения в начале каждого шага формирования начального расписания основан на концепции загруженности ресурсов. Критерии загруженности учебных поручений формируются из скалярных оценок загруженности элементов возобновляемых ресурсов, включенных в учебное поручение или требуемых для соответствующего занятия расписания. Оценки загруженности являются значениями неизменяемых в процессе формирования расписания функций загруженности. Так как оценки загруженности ресурсов зависят от количества включенных в расписание учебных поручений данного ресурса, то необходим их расчет в начале каждого шага формирования начального расписания.

Учебное поручение может включать несколько элементов одного вида ресурса, например, несколько групп для потокового занятия. В общем случае каждый вид ресурса учебного поручения характеризуется вектором оценок загруженности (рисунок 3, а). Векторы оценок загруженности образуют трехвекторный критерий загруженности учебного поручения (рисунок 3, б), что свидетельствует о многокритериальном характере [13] задачи формирования начального расписания, и как следствие многокритериальном характере операции выбора [14]. На каждом шаге осуществляется выбор наиболее загруженного учебного поручения ранжированием их критериев загруженности [15–17].

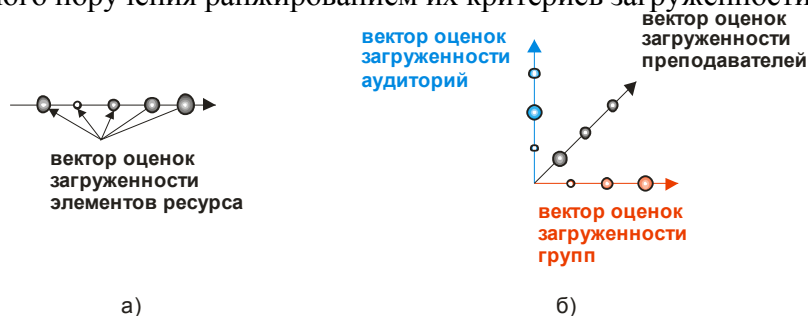


Рисунок 3 – Вектор оценок и трехвекторный критерий загруженности учебного поручения

Трехвекторный критерий загруженности учебного поручения в зависимости от типа организации учебного процесса составляет

$$Q_e = \{Q_g^i, i = \overline{1, n_g}, Q_p^j, j = \overline{1, n_p}, Q_a^k, k = \overline{1, n_a}\}; \quad (1)$$

$$Q_e = \{Q_s^i, i = \overline{1, n_s}, Q_p^j, j = \overline{1, n_p}, Q_a^k, k = \overline{1, n_a}\}, \quad (2)$$

где Q_s, Q_g, Q_p, Q_a – оценки загруженности элементов соответствующих множеств.

Оценка загруженности элемента любого ресурса r определяется как

$$Q_r^i = \frac{n_r - n_r^{sh}}{n_t - n_r^{sh}}, \quad \text{где } n_r - \text{ количество учебных поручений, содержащих данный элемент;} \quad (3)$$

n_r^{sh} – количество включенных в расписание занятий с данным элементом;

n_t – количество таймслотов в интервале расписания.

Оценка (3) является относительной величиной в интервале $[0, 1]$. Максимальное значение оценки (3) свидетельствует о максимальной загруженности соответствующего ресурса учебного поручения. Оценки (3) для каждого элемента множеств S, G, T и A перерасчитываются в начале каждого цикла. Выбор наиболее загруженного учебного поручения базируется на многовекторном ранжировании критериев (1) или (2).

Для критериев многовекторной структуры (рисунок 4) используется многовекторное ранжирование [15], заключающееся в применении «жесткого» ранжирования к каждой векторной компоненте критериев. Затем осуществляется «жесткое» ранжирование рангов (псевдозначений) векторных компонент.

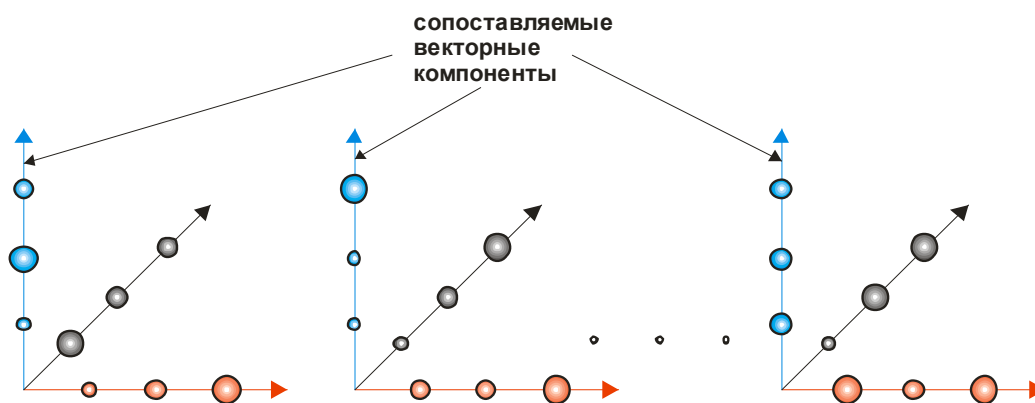


Рисунок 4 – Сопоставление многовекторных критериев

Существенной проблемой является различие в размерности скалярных компонент векторов загруженности разных учебных поручений, обусловленное спецификой занятий. В основе предлагаемого решения [19] лежит использование минимально возможных (нулевых) величин оценок для недостающих значений компонент.

Выбор времени включения занятия учебного поручения в расписание базируется на концепции равномерности распределения ресурсов [18]. Расписание занятий составляется, прежде всего, для студентов, поэтому их мнение о качестве расписания является доминирующим. Как показали наши опросы студентов различных вузов, наиболее удобным является расписание, занятия в котором проводятся в разные дни недели в одно и то же время. То есть, расписание занятий в вузе должно быть максимально приближено к школьному расписанию. Качественное расписание обеспечивает удобство учебы студентов и работы преподавателей, а также оптимальную загрузку аудиторного фонда. Равномерность расписания занятий вуза является важнейшим показателем качества расписания, так как концепция равномерности расписания определяется такими факторами, как идентичность учебных дней каждой группы по количеству и времени проведения занятий, равное количество проводимых в один день занятий и т. п. Оценки равномерности являются значениями изменяемых в процессе формирования расписа-

ния функций равномерности. Следует отметить, что в большинстве случаев функции равномерности не являются непрерывными и имеют точки разрыва первого рода.

Ввиду цикличности расписания для определения оценок равномерности групп введем круговое представление занятий группы, в котором секторами представлены учебные дни, а по радиусу кольцевыми окружностями представлены таймслоты («пары») (рисунок 5).

Равномерность распределения занятий группы за две недели расписания определяется следующими оценками:

- оценка равномерности по «парам» (по кольцевым окружностям (рисунок 5));
- оценка равномерности по учебным дням (по секторам (рисунок 5));
- оценка равномерности по идентичности количества и времени проведения занятий обеих недель (по двум осесимметричным секторам и всему круговому представлению (рисунок 5)).

Оценка равномерности распределения занятий группы по «парам» складывается из оценок загрузки занятиями одной и той же «пары» всех учебных дней группы для двух недель расписания. Оценка равномерности i -ой «пары» для занятий k -ой группы определяется следующим выражением.

$$K1_k^i = \frac{n_k^d - w_k^i}{n_k^d} = 1 - \frac{w_k^i}{n_k^d}, \quad \begin{array}{l} \text{где } K1_k^i \text{ – оценка равномерности } i\text{-ой «пары» } k\text{-ой группы;} \\ w_k^i \text{ – количество занятий } k\text{-ой группы на } i\text{-ой «паре»;} \\ n_k^d \text{ – количество фактических учебных дней } k\text{-ой группы за} \\ \text{две недели (интервал) расписания.} \end{array} \quad (4)$$

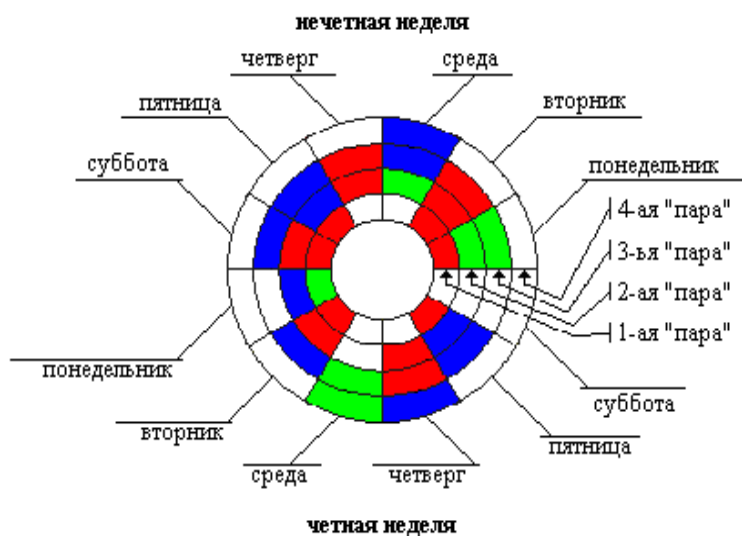


Рисунок 5 – Круговое представление занятий группы

Оценка $K1_k^i$ является относительной величиной, а ее величина находится в пределах $[0, 1]$. Значение 0 соответствует наиболее равномерной ситуации, в которой расписание k -ой группы содержит занятия на i -ой «паре» во все дни двух недель расписания. Значение 1 соответствует наиболее неравномерной ситуации. Значение $K1_k^i$ присваивается в качестве частной оценки каждому занятию k -ой группы, проводимому на i -ой «паре».

Оценка равномерности распределения занятий группы по учебным дням связана с оценками загруженности занятиями каждого учебного дня двух недель расписания. Оценка загруженности j -ого учебного дня занятиями k -ой группы определяется следующим выражением.

$$K2_k^j = 1 - n_k^d \frac{w_k^j}{w_k}, \quad \begin{array}{l} \text{где } K2_k^j \text{ – оценка равномерности } j\text{-ого учебного дня } k\text{-ой группы;} \\ w_k^j \text{ – количество занятий } k\text{-ой группы } j\text{-ого учебного дня расписания;} \\ w_k \text{ – количество занятий } k\text{-ой группы за две недели расписания.} \end{array} \quad (5)$$

Оценка $K2_k^j$ также является относительной величиной. Значение 0 соответствует наиболее равномерной ситуации. Величина $K2_k^j$ присваивается в качестве частной оценки каждому занятию k -ой группы, проводимому в j -ый день.

Оценка равномерности k -ой группы по идентичности количества и времени проведения занятий в разные недели расписания определяется следующим выражением.

$$K3_k = \frac{w_k^u}{w_k^d + w_k^u} = \frac{w_k^u}{w_k}, \quad \text{Где } w_k^d \text{ и } w_k^u \text{ – количество повторяющихся и не повторяющихся по времени (день и «пара») в двух неделях расписания занятий } k\text{-ой группы.} \quad (6)$$

Оценка $K3_k$ является относительной величиной, а ее величина находится в пределах $[0, 1]$. Значение 0 соответствует наиболее равномерной ситуации, в которой в расписании k -ой группы все занятия во все дни первой недели расписания совпадают с занятиями второй недели. Значение 1 соответствует наиболее неравномерной ситуации. Величина $K3_k$ присваивается в качестве частной оценки каждому занятию k -ой группы.

Для выбранного наиболее загруженного учебного поручения определяются все возможные в соответствии с обязательными ограничениями таймслоты расписания. Учебное поручение может включать несколько групп для потокового занятия. В общем случае каждая группа учебного поручения характеризуется вектором оценок равномерности (рисунок 6, а). Векторы оценок равномерности групп образуют трехвекторный критерий равномерности учебного поручения (рисунок 6, б). Для каждого таймслота рассчитываются оценки равномерности групп включаемого занятия, в предположении использования этого таймслота. Каждый вариант включения будет представлен трехвекторным критерием равномерности учебного поручения (рисунок 6, б).

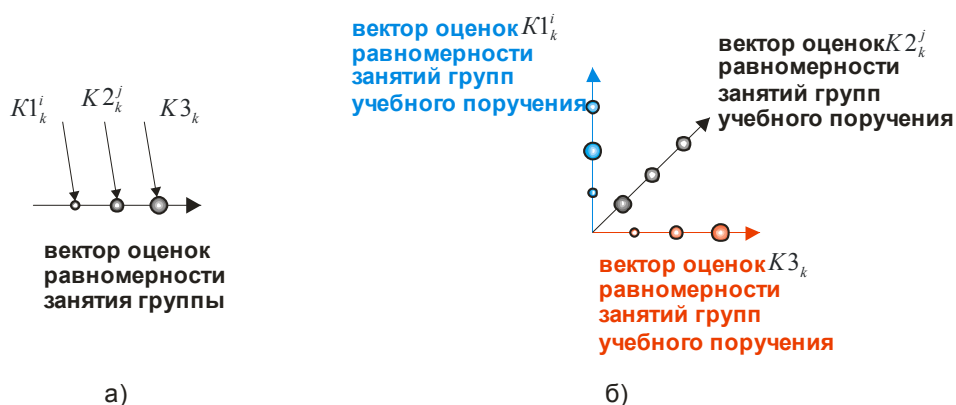


Рисунок 6 – Вектор оценок и трехвекторный критерий равномерности учебного поручения

Выбор таймслота для включения занятия в расписание осуществляется путем многовекторного ранжирования критериев равномерности (рисунок 4). Включение занятия наиболее загруженного учебного поручения в расписание осуществляется в выбранный таймслот.

Все, что представлено выше по реализации концепции равномерности, связано с традиционным типом организации учебного процесса. Многоуровневая организация не требует оценок равномерности (6), а критерий равномерности учебного поручения принимает двухвекторный вид.

2.3 Оптимизация начального расписания

Выбор занятия в методе оптимизации начального расписания основан на оценках равномерности (4–6). Так как функции равномерности занятий расписания зависят от текущего расписания, то необходим расчет оценок равномерности занятий расписания и формирование критериев равномерности занятий в начале каждого шага оптимизации. На каждом шаге оптимизации осуществляется выбор наиболее неравномерного

занятия. Операция выбора осуществляется путем ранжирования критериев равномерности занятий расписания.

Для наиболее неравномерного занятия определяются все возможные в соответствии с обязательными ограничениями таймслоты перестановки в расписании. Для каждого таймслота рассчитываются критерии равномерности в предположении использования этого таймслота. Выбор таймслота перестановки занятия расписания осуществляется путем ранжирования критериев занятий расписания. Перестановка наиболее неравномерного занятия в расписании осуществляется в выбранный таймслот. В некоторых случаях оптимизации начального расписания перестановке подвергается не наиболее неравномерное занятие, а другой занятия расписания. Например, на очередном шаге оптимизации расписания занятий в вузе наиболее неравномерным является занятие потока. Повышение равномерности расписания может быть достигнуто или перестановкой этого занятия, или перестановками других занятий групп потока. Такой способ оптимизации очень близок к оптимизации, получившей название имитация отжига.

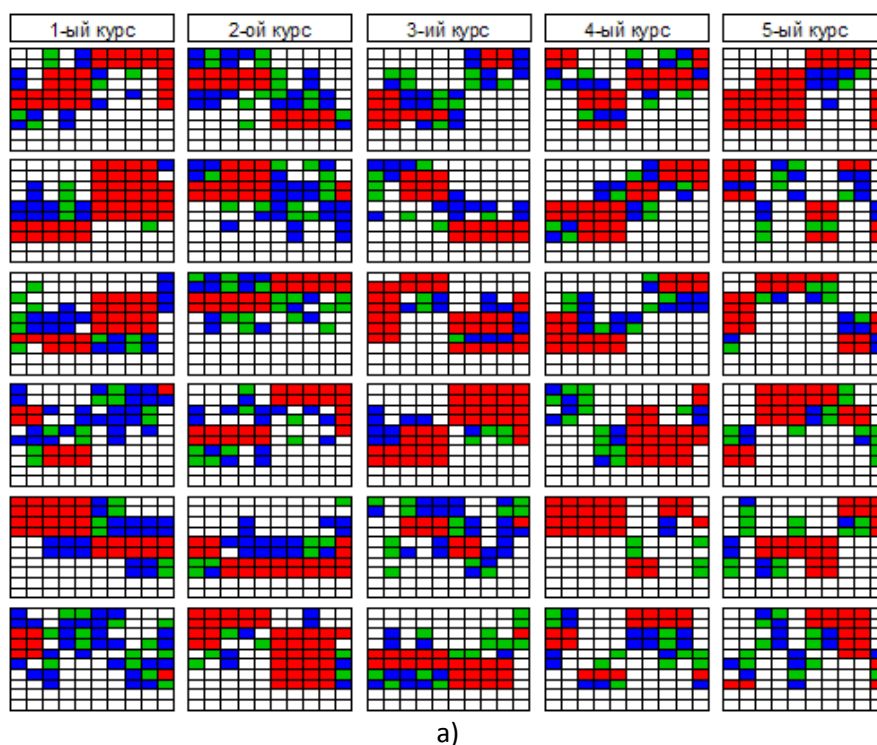
3 Результаты

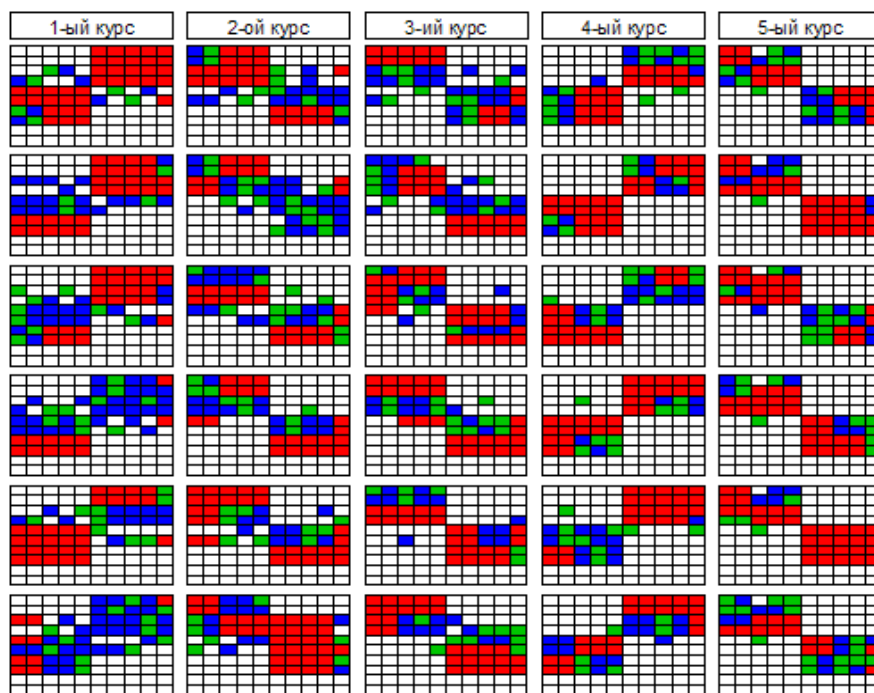
Описанные алгоритмы были протестированы для обеих форм организации учебного процесса в высшем учебном заведении.

3.1 Результаты формирования расписаний для традиционной формы организации учебного процесса

Исходя из того, что расписание занятий вуза в большинстве случаев ориентируется на факультеты или подобные им учебные подразделения, в разработанных тестовых заданиях рассматривается факультет, на котором обучаются студенты пяти специальностей, входящих в четыре направления.

На рисунке 7 представлены результаты формирования расписания 927 занятий для 50 групп вуза. Занятия каждой группы для одной «пары» обеих недель расписания находятся одно под другим. Цветом представлены различные виды занятий: красный – лекционные, голубой – практические, зеленый – лабораторные. Критерии загруженности заявок (учебных поручений) и критерии равномерности действий (занятий) имеют трехвекторное представление.





б)

Рисунок 7 – Результаты формирования расписания занятий вуза:
а – начальное расписание; б – оптимизированное расписание

3.2 Результаты формирования расписаний для многоуровневой формы организации учебного процесса

В качестве исходных данных были использованы тестовые задания, разработанные EU Metaheuristics Network и предложенные для решения на соревнованиях, организованных в рамках международной научной конференции «Practice and Theory of Automated Timetabling (PATAT) – 2007» [20].

При формировании начального расписания и его оптимизации рассчитывались штрафные санкции за нарушение следующих желательных ограничений:

- ни у одного студента не должно быть единственного занятия в течение дня;
- ни у одного студента не должно быть более двух занятий подряд в течение дня;
- ни у одного студента не должно быть занятий, проводимых в последний тайм-слот дня.

На рисунке 8 представлены суммарные штрафы для 10 различных тестовых заданий [20].

На рисунке 8 представлены суммарные штрафы для 10 различных тестовых заданий [20].

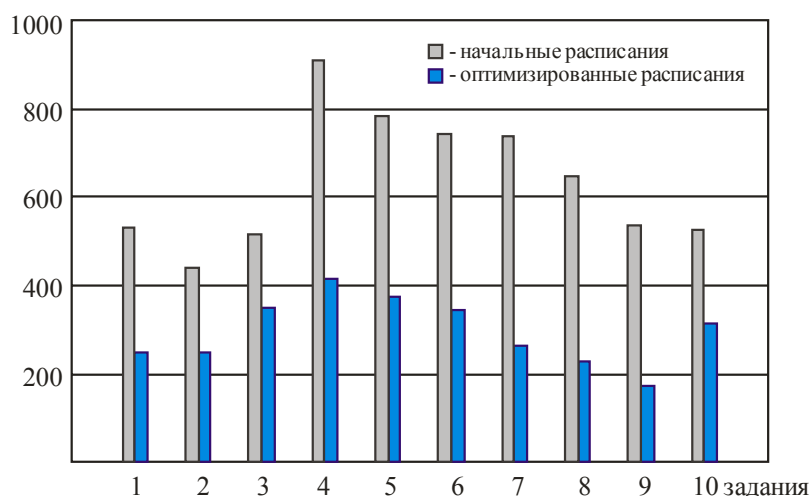


Рисунок 8 – Объем штрафных санкций по результатам формирования расписания занятий при многоуровневой организации учебного процесса

Заключение

Автор считает, что в данной работе новыми являются следующие положения и результаты:

- введены многовекторные оценки загруженности учебных поручений и равномерности занятий расписания;
- разработан общий подход к формированию расписания занятий вуза для разных типов организации учебного процесса;
- обоснованы методы формирования и оптимизации начального расписания занятий вуза.

Предлагается расширение исследований для анализа других типов задач формирования расписаний занятий, например, цикличное обучение на старших курсах медицинских вузов.

Основной вывод: методы ранжирования позволили унифицировать различные задачи формирования расписания занятий вуза.

Литература

1. *Танаев В.С., Шкурба В.В.* Введение в теорию расписаний. М., 1975. 256 с.
2. *Лазарев А.А., Гафаров Е.Р.* Теория расписаний. Задачи и алгоритмы. М.: Физический факультет МГУ, 2011. 222 с.
3. *Зак Ю.А.* Прикладные задачи теории расписаний и маршрутизация перевозок. М.: Книжн. дом ЛИБРОКОМ, 2012. 394 с.
4. *Клеванский Н.Н.* Основные концепции реализации задач формирования расписаний // Вестник Московского университета имени С.Ю. Витте. Образовательные ресурсы и технологии. 2014. № 2 (5). С. 9–21.
5. *Клеванский Н.Н., Пузанов А.А., Костин С.А.* Анализ требований и ограничений в задаче составления расписаний // Образовательные технологии: межвуз. сб. научн. тр. Воронеж: ВГПУ, 2004. С. 164–168.
6. *Сидорин А.Б., Ликучева Л.В., Дворянкин А.М.* Методы автоматизации составления расписания занятий. Ч. 1. Классические методы // Известия Волгоградского технического университета. 2009. Т. 12. № 7. С. 116–120.
7. *Сидорин А.Б., Ликучева Л.В., Дворянкин А.М.* Методы автоматизации составления расписания занятий. Ч. 2. Эвристические методы оптимизации // Известия Волгоградского технического университета. 2009. Т. 12. № 7. С. 120–123.
8. *Гафаров Е.Р.* Программный продукт для составления учебных расписаний в вузе // Труды XII Всероссийского совещания по проблемам управления – ВСПУ–2014. Москва, 16–19 июня 2014 г. С. 8804–8809.
9. *Yoshikawa M.A.* Constraint-Based Approach to High-School TimeTabling Problems: A Case Study / Yoshikawa M., Kaneko K., Nomura Y., Watanabe M. // Proceedings of the Twelfth National Conference on Artificial Intelligence AAAI-94, Seattle, 1994.
10. *Burke E.K.* Applications in Timetabling / Burke E.K., de Werra D., Kingston J. – section 5.6 of the Handbook of Graph Theory (Ed. by J. Yellen and J. Grossman), to be published by Chapman Hall/CRC Press, 2003.
11. *Клеванский Н.Н., Кашин С.С.* Формирование расписания занятий университета с использованием методов ранжирования // Вестник Саратовского государственного технического университета. 2010. № 4 (49). С. 143–150.
12. *Хорафас Д., Легг С.* Конструкторские базы данных. М.: Машиностроение, 1990. 224 с.
13. *Поддиновский В.В., Ногин В.Д.* Парето-оптимальные решения многокритериальных задач. 2-е изд., испр. и доп. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2007. 256 с.
14. *Поддиновский В.В.* Анализ задач многокритериального выбора методами теории важности критериев при помощи компьютерных систем поддержки принятия решений // Известия РАН. Теория и системы управления. 2008. № 2. С. 64–68.
15. *Сафронов В.В.* Основы системного анализа: методы многовекторной оптимизации и многовекторного ранжирования. Саратов: Научная книга, 2009. 329 с.

16. Сафронов В.В. Сравнительная оценка методов «жесткого» ранжирования и анализа иерархий в задаче гипервекторного ранжирования систем // Информационные технологии. 2011. № 7. С. 8–13.

17. Клеванский Н.Н. Методы ранжирования в задачах формирования расписаний // Труды XII Всероссийского совещания по проблемам управления – ВСПУ-2014. Москва, 16–19 июня 2014 г. С. 8040–8050.

18. Клеванский Н.Н., Федоров В.В., Кашин С.С. Критерии равномерности в задачах расписаний // Интеллектуальные системы: труды X межд. симп. М.: РУСАКИ, 2012. С. 394–397.

19. Клеванский Н.Н., Кашин С.С., Кравцов Е.Ф. Ранжирование векторов разной размерности в задачах расписаний // Мехатроника, автоматизация, управление: материалы VII научно-технической конференции. СПб.: ОАО «Концерн «ЦНИИ «Электроприбор», 2010. С. 220–223.

20. URL: <http://www.cs.qub.ac.uk/itc2007/>

High school and university timetabling

Nicolay Nicolaevich Klevansky, professor, Saratov State Agrarian University named by N.I. Vavilov.

In the article basic concepts for timetabling problem are presented. The realizations are based on multi-vectorial ranking. The timetabling problems and basic criteria for choice operations are demanded. Greedy algorithms is presented.

Key words: timetabling, demand, event, greedy algorithm, multi-vectorial ranking.

УДК 378.147

СЕТЕВЫЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ

*Константин Геннадьевич Кряженков, канд. техн. наук,
старший преподаватель,*

E-mail: konstantin@mirea.ru,

*Московский государственный технический университет радиотехники,
электроники и автоматики,*

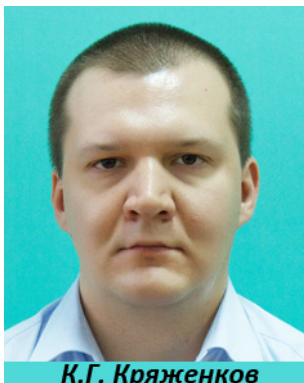
<https://www.mirea.ru>

Статья раскрывает содержание и особенности сетевых образовательных ресурсов. Показано, что сетевые ресурсы решают задачи образования и задачи поддержки образовательных технологий. Описаны три стратегии применения сетевых образовательных ресурсов. Описаны три типа сетевых ресурсов. Показано, что обновление сетевых образовательных ресурсов характеризуется циклами. Описаны два варианта работы с сетевыми ресурсами: «толстый» и «тонкий» клиент. Статья показывает, что современные сетевые образовательные ресурсы широко применяют различные эмуляторы. Однако это усложняет процесс обучения, так как требует дополнительного освоения таких эмуляторов.

Ключевые слова: образование, образовательные информационные технологии, образовательные ресурсы, сетевые образовательные ресурсы.

Введение

Интенсивное развитие информационных и коммуникационных технологий (ИКТ), электронных и мобильных [1] образовательных технологий обуславливает необходимость внедрения новых форм организации учебного процесса, ориентированных на достижение актуальных компетенций. К числу новых информационных образовательных ресурсов относят телекоммуникационные образовательные технологии [2], информационные образовательные единицы [3] и информационные образовательные ресурсы [4, 5]. В работах [6, 7] отражены



К.Г. Кряженков