2. *Вербицкий А.А.* Через контекст – к модулям: опыт СГГУ им. М.А.Шолохова // Высшее образование в России. 2010. № 6. С. 3-11.

3. *Петухова Т.П., Влацкая И.В., Осиянова О.М., Темкина В.Л.* Научно-методические основы модульного проектирования компетентностно-ориентированных образовательных программ на основе ФГОС ВПО // Опыт внедрения федеральных государственных образовательных стандартов учреждениями профессионального образования: мониторинг вузов и колледжей: материалы семинара-совещания для руководящих работников учреждений профессионального образования Приволжского федерального округа. – Саратов: Изд-во Сарат. ун-та, 2012. С. 228-240

4. *Петухова Т.П.* Совершенствование оценочных средств на основе модульного подхода // Внедрение европейских стандартов и рекомендаций в системы гарантии качества образования: сборник материалов VIII Международного Форума Гильдии экспертов. – М.: Гильдия экспертов в сфере профессионального образования, С. 395-398

5. *Петухова Т.П., Ковалев А.В., Белоновская И.Д.* О проектировании профессиональных образовательных программ в системе «колледж-университет» // Высшее образование в России. 2012. № 7. С. 72-78.

**Technology of designing educational programs of higher education on baccalaureate level, providing graduates with qualification «applied bachelor»**

***Tatyana Petrovna Petukhova****, Ph.D. in Physics and Mathematics, Vice-Rector for Teaching and Studies*
*Orenburg State University*

*This article outlines the technological aspects of the educational programs construction for baccalaureate. These programs provide graduates with the qualification «applied bachelor». A modular principle of representing the educational content and a cluster model of interaction with potential employers constitute the basis of the given technology.*

*Keywords: educational program, applied bachelor, modular technology, competence, interaction with employers, professional standard, labor market.*

**УДК 007:004.02**

# ОСНОВНЫЕ КОНЦЕПЦИИ РЕАЛИЗАЦИИ ЗАДАЧ ФОРМИРОВАНИЯ РАСПИСАНИЙ

***Николай Николаевич Клеванский****, канд. техн. наук, проф.*
*Тел.:7-917-301-71-04, 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 на основе методов многокритериального, многовекторного и гипервекторного ранжирования теории принятия решений. Предложена классификация задач расписаний и основные критерии в задачах выбора. Показана применимость жадных эвристик.*

*Ключевые слова**:** расписание, заявка, событие, жадный алгоритм, многокритериальное, многовекторное и гипервекторное ранжирование*

## 1. Введение

Большинство задач расписания являются задачами формирования и оптимизации процесса обслуживания конечного множества требований (заявок) на осуществление действий (работ, событий, операций) в системе, содержащей ограниченные ресурсы [1]. Для каждого требования в качестве исходных данных указываются допустимые наборы ресурсов, а расписание обслуживания требований – это однозначное отображение, в котором каждому требованию в определенный промежуток времени (таймслот) ставит-

ся действие с определяемым набором ресурсов (рис. 1). В некоторых задачах расписания одно требование может порождать несколько разделенных во времени и взаимосвязанных действий. Требования могут быть связаны с различными объемами требуемых ресурсов системы.

Аналогично, можно отметить однозначное отображение, в котором каждому действию или группе взаимосвязанных действий расписания соответствует исходное требование (заявка).

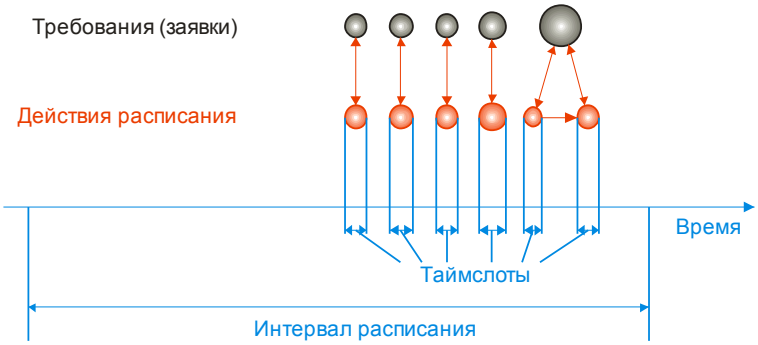



**Рис. 1. Взаимосвязь заявок и действий расписания**

В зависимости от предметной области обслуживаемых процессов возможно два типа задач формирования расписаний:

- задачи на быстродействие (минимизация времени расписания) обслуживания требований;
- задачи на эффективность обслуживания требований для задаваемого интервала времени, внутри которого формируется расписание.

Н.Н. Клеванский

В статье будут рассмотрены методы решения задач второго типа, в которых эффективность обслуживания требований определяется, прежде всего, эффективностью использования ресурсов системы. Специфика предметных областей определила различия моделей и методов решения задач формирования расписаний [2-4].

Общим для всех исследователей является признание NP-трудности задач расписания и необходимости нахождения различных эвристик, понижающих порядок операций полного перебора. По схеме работы эвристические алгоритмы можно разделить на следующие типы:

– жадные алгоритмы, выбирающие очередные заявки/действия по некоторому правилу без дальнейшего их переназначения;

– алгоритмы неполного перебора с возвратом, удаляющие ранее включенные в расписание действия/заявки, если на каком-то шаге включение очередной заявки/действия невозможно;

– алгоритмы, ищущие возможность включения очередной заявки/действия в расписание и варианты перестановок ранее включенных в расписание заявок/действий, конфликтующих с очередной заявкой/действием. Если перестановку одной заявки/действия найти не удается, некоторые методы ищут цепочки перестановок ранее включенных в расписание заявок/действий;

– декомпозиционные эвристики, разделяющие исходную задачу на подзадачи меньшего размера и применяющие к ним другие методы или дальнейшие шаги декомпозиции.

Среди многочисленных эвристических численных методов, применяющихся в автоматизированном формировании расписаний, наиболее распространенными являются: метод моделирования отжига (simulated annealing) [5-7], метод штрафов и запретов (tabu search algorithms) [8; 9] и эволюционные алгоритмы (evolutionary algorithms) [10; 11]. Перечисленные методы применяются для оптимизации расписаний, а общим для них является введение критериев оптимальности и целевой функции оптимизации взамен требований к расписанию. Методы формирования начальных расписаний, к которым будут применены методы оптимизации, различны и определяются предметной областью.

Целью данной статьи является представление общих подходов и методов решения задач формирования расписаний различной природы.

## 2. Классификация задач расписания

Различия в задачах расписания и методах их решении определяются наличием и видом

связей между заявками на формирование расписания. Это позволяет ввести следующую классификацию:

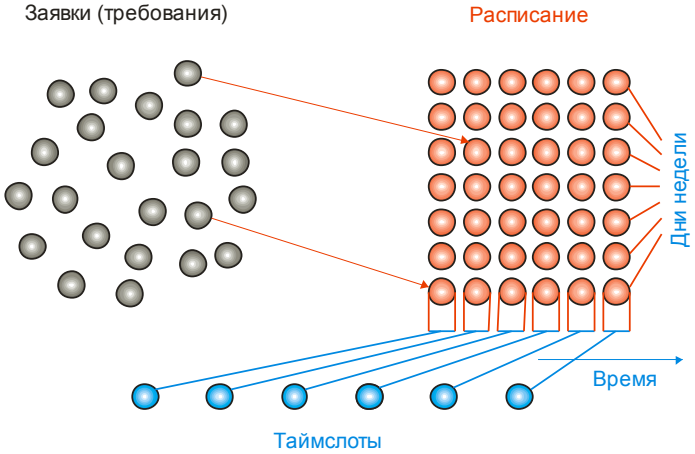



**Рис.2. Схема расписания для независимых заявок**

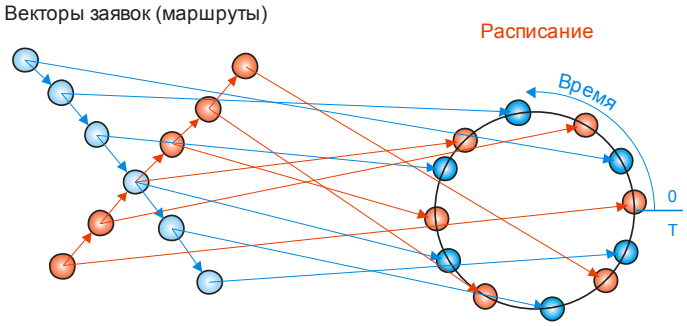



**Рис.3. Схема расписания для векторов заявок**

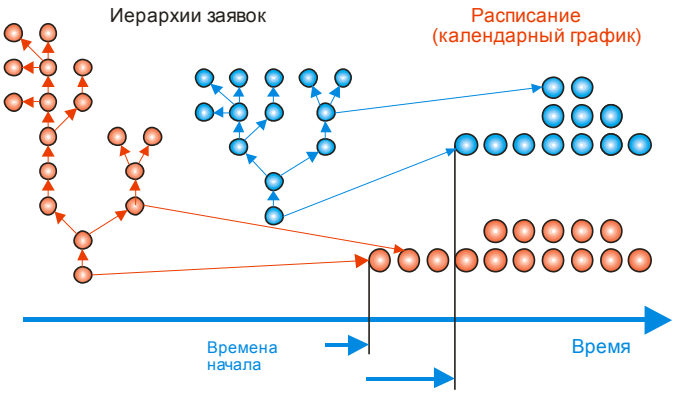



**Рис.4. Схема расписания для иерархий заявок**

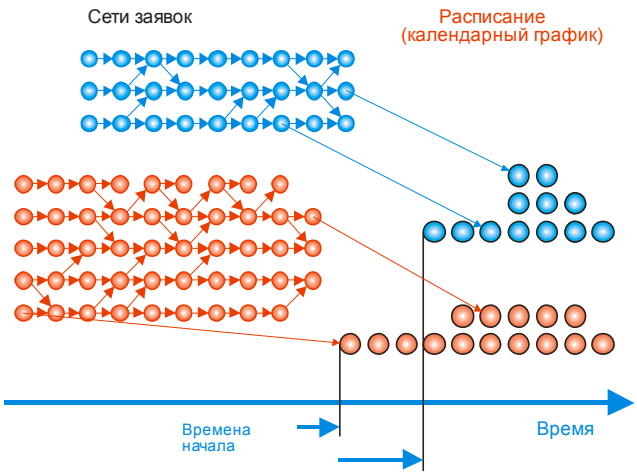



**Рис.5. Схема расписания для сетей заявок**

- расписание является множеством независимых друг от друга действий (рис. 2). То есть, любое действие, являющееся элементом расписания, может быть расположено в любом таймслоте интервала расписания с учетом обязательных ограничений. К этому типу относятся расписания экзаменов, занятий и т.п. Для этого типа задач расписания характерна возможность произвольного выбора заявок при его формировании. То же самое относится к выбору элементов расписания при его оптимизации. Для визуализации в расписании одновременно происходящих событий используется двумерное представление времени;
- расписание является множеством независимых друг от друга векторов действий, являющихся элементами расписания. Например, расписание движения пассажирского транспорта (рис. 3). Расписание будет формироваться из векторов заявок, каждая из которых включает прохождение одного перегона между станциями и пребывание на конечной станции перегона. Формирование расписания основано на возможности произвольного выбора векторов заявок и их включении в расписание на произвольное время начала первого действия с учетом обязательных ограничений. Оптимизация расписания обеспечивается перестановкой элементов расписания – векторов действий, то есть изменением времени начала первого действия. Круговое представление расписания для любого ресурса системы в данном случае (рис. 3) позволяет наглядно оценить возникающую неравномерность действий расписания во времени;
- расписание является множеством независимых друг от друга иерархий действий. К этому типу расписаний относится, например, календарный график

малоэтажного строительства поселка (рис. 4), где каждая иерархия представляет необходимые работы (действия) для возведения и обустройства одного здания. При формировании расписания и его оптимизации должны рассматриваться иерархии заявок и действий. Элементами расписания будут иерархии действий. Наиболее удобными для работы с расписаниями были бы диаграммы Ганта;

- расписание является множеством независимых друг от друга сетевых структур действий. К этому типу расписаний относится большинство календарных графиков мультипроектного планирования (рис. 5). Каждая сеть представляет отдельный проект. Проекты могут быть технологически независимыми, но объединенными по потребляемым ресурсам, прежде всего по возобновляемым ресурсам. При формировании расписания и его оптимизации должны рассматриваться сетевые структуры заявок и действий. Элементами расписания будут сетевые структуры действий. Как и в предыдущем случае диаграммы Ганта наиболее предпочтительны для представления календарного графика (расписания). Так как иерархические структуры являются частным случаем сетевых структур, то методы формирования расписания в обоих случаях очень близки.

### 3. Основные концепции и подходы

В процессе алгоритмизации и разработки программного обеспечения для формирования расписаний были использованы следующие концепции:

- программное решение задачи в рамках СУБД;
- двухэтапный процесс решения;
- идеология жадного алгоритма;
- концепция загруженности;
- концепция равномерности;
- использование методов ранжирования теории принятия решений.

Практическая значимость задач формирования расписания, по нашему мнению, имеет смысл только тогда, когда реализация этих задач находится в составе интегрированной системы управления любой деятельностью. Тогда исходные данные для формирования расписания будут генерироваться системой при решении предшествующих задач, а данные полученного расписания будут использоваться последующими задачами. Как правило, интегрированные системы базируются на базах данных различной природы [12], что обусловило первую концепцию.

Для решения задач расписания использован двухэтапный подход [13-16], включающий формирование начального расписания и его последующую оптимизацию. Под начальным расписанием понимается любое непротиворечивое расписание, удовлетворяющее обязательные ограничения. Оптимизация начального расписания в большинстве случаев имеет локальный характер [17].

Задача формирования начального расписания решается последовательным выбором заявки или совокупности заявок и последующим ее включением в расписание в выбираемое время начала выполнения действия. 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 действия или совокупности действий 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 используется для задач формирования расписаний и связанных с этим задач распределения ресурсов [17; 18].

Жадный подход строит решение посредством последовательности шагов, на каждом из которых получается частичное решение поставленной задачи, пока не будет по-

лучено полное решение. При этом на каждом шаге – и это является главным в рассматриваемом методе – выбор должен быть:

- допустимым, то есть удовлетворять ограничениям задачи;
- локально оптимальным, то есть наилучшим локальным выбором среди всех допустимых вариантов, доступных на каждом шаге;
- окончательным, то есть, будучи сделан, он не может быть изменен последующими шагами алгоритма.

Эти требования поясняют название метода: на каждом шаге он предполагает «жадный» выбор наилучшей доступной альтернативы в предположении, что последовательность локально оптимальных выборов приведет к глобально оптимальному решению всей задачи. Использование идеологии жадных алгоритмов предполагает цикличность алгоритмов для обоих этапов решения задачи формирования расписания.

Выбор заявок или совокупностей заявок в начале каждого шага метода формирования начального расписания основан на концепции загруженности ресурсов системы. Критерии загруженности заявок формируются из скалярных оценок загруженности элементов возобновляемых ресурсов, включенных в заявку или требуемых для соответствующего элемента расписания. Оценки загруженности являются значениями неизменяемых в процессе формирования расписания функций загруженности. Так как оценки загруженности ресурсов зависят от количества заявок, содержащих конкретный ресурс, количества включенных в расписание заявок данного ресурса и количества таймслотов интервала расписания, то необходим их расчет в начале каждого шага. Оценки загруженности входят в состав критерия загруженности заявки, структура которого определяется предметной областью. В общем случае критерий загруженности заявки является многовекторным, то есть представляется множеством векторных компонент. Множество может быть пустым (для технологических пауз) или может быть представлено одним вектором. Количество оценок загруженности заявок не меньше количества видов ресурсов системы, что свидетельствует о многокритериальном характере [19] задачи формирования начального расписания, и как следствие многокритериальном характере операции выбора [20]. Критерий загруженности совокупности заявок формируется из критериев загруженности заявок и в общем случае является множеством многовекторных компонент. В зависимости от типа задачи расписания на каждом шаге осуществляется выбор наиболее загруженной заявки или совокупности заявок путем ранжирования критериев загруженности.

Выбор времени включения элемента расписания базируется на концепции равномерности распределения ресурсов [21]. Для выбранной наиболее загруженной заявки или совокупности заявок определяются все возможные в соответствии с обязательными ограничениями начальные времена включения в расписание. Для каждого начального времени включения рассчитываются оценки равномерности загрузки элементов ресурсов системы [22], в предположении использования этого времени. Оценки равномерности являются значениями изменяемых в процессе формирования расписания функций равномерности. На рисунках 6 и 7 представлены функции равномерности для одного из ресурсов в расписании, формируемом из векторов заявок. Абсциссой обоих рисунков является варьируемое начальное время. Следует отметить, что в большинстве случаев функции равномерности не являются непрерывными и имеют точки разрыва первого рода.

В общем случае критерий равномерности действия расписания является многовекторным, а критерий равномерности совокупности действий является множеством многовекторных компонент. Выбор времени включения элемента расписания осуществляется путем ранжирования критериев равномерности действий или совокупности действий расписания. Включение наиболее загруженной заявки или совокупности заявок в расписание осуществляется в выбранное время начала выполнения действий.

Выбор действий или совокупности действий в методе оптимизации начального расписания основан на оценках равномерности. Так как функции равномерности вклю-

чаемых действий расписания зависят от действий текущего расписания (рис. 6,7), то необходим расчет оценок равномерности действий расписания и формирование критериев равномерности в начале каждого шага. В зависимости от типа задачи расписания на каждом шаге оптимизации осуществляется выбор наиболее неравномерного действия или совокупности действий. Операция выбора осуществляется путем ранжирования критериев равномерности действий или совокупности действий расписания.

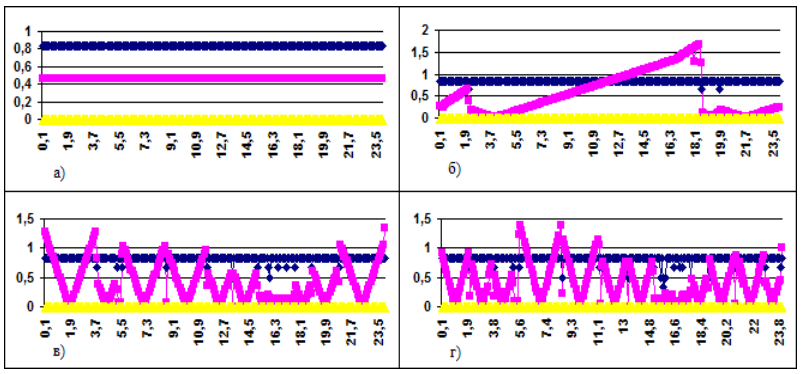



**Рис.6. Функции равномерности станции при включении: а – одного маршрута; б – двух маршрутов; в – десяти маршрутов; г – пятнадцати маршрутов**

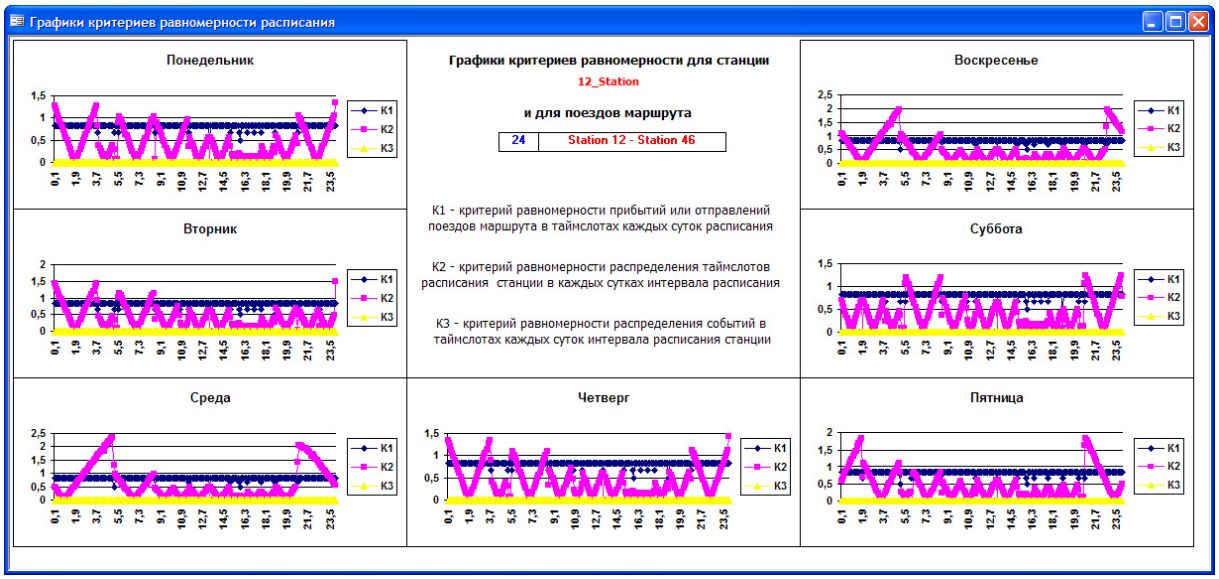



**Рис.7. Функции равномерности станции выбранного маршрута в разные дни недельного интервала расписания**

Для наиболее неравномерного действия или совокупности действий определяются все возможные в соответствии с обязательными ограничениями времена перестановки в расписании. Для каждого времени рассчитываются критерии равномерности расписания в предположении использования этого времени. Выбор времени перестановки элемента расписания осуществляется путем ранжирования критериев равномерности действий или совокупности действий расписания. Перестановка наиболее неравномерного действия или совокупности действий в расписании осуществляется в выбранное время начала выполнения действий. В некоторых случаях оптимизации начального расписания перестановке подвергается не наиболее неравномерное действие или совокупность действий, а другой элемент 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.

Рассмотренные четыре операции выбора дают по четыре различные жадные эвристики для каждого типа расписаний. Операции выбора базируются на решении задач ранжирования критериев различного вида и структуры.

Задачи ранжирования включают определение множества Парето (исключение неэффективных вариантов) и ранжирование элементов множества с формированием кортежа Парето. В соответствии с [23-25] различают следующие виды ранжирования:

- многокритериальное;
- многовекторное;
- гипервекторное.

Многокритериальное ранжирование используется для векторных критериев (рис. 8) и основано на попарном сравнении всех векторов по соответствующим скалярным компонентам с последующим определением множества Парето в соответствии с решающими правилами и ранжированием элементов этого множества. За основу взят метод «жесткого» ранжирования [24].

Для критериев многовекторной структуры (рис. 9) используется многовекторное ранжирование [24], заключающееся в применении «жесткого» ранжирования к каждой векторной компоненте критериев. Затем осуществляется «жесткое» ранжирование рангов (псевдозначений) векторных компонент.

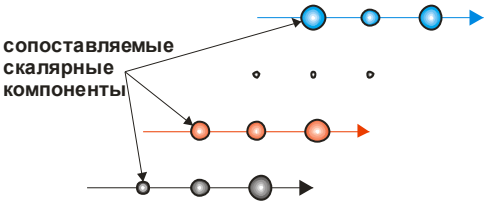



**Рис. 8. Векторные критерии**

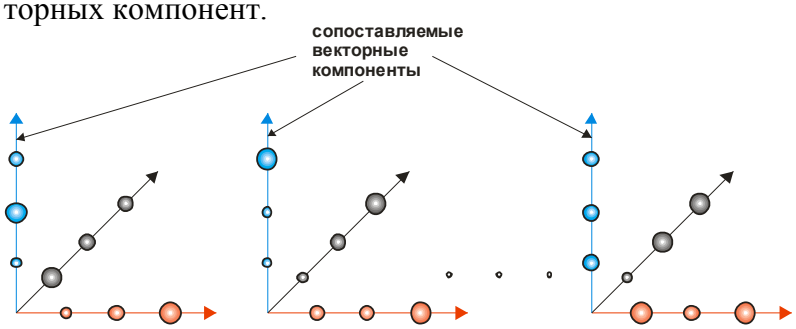



**Рис. 9. Критерии многовекторной структуры**

Для критериев, являющихся множеством многовекторных компонент (рис. 10), используется гипервекторное ранжирование [24], заключающееся в применении многовекторного ранжирования к каждой многовекторной компоненте и последующем «жестком» ранжировании рангов многовекторных компонент.

Вид и структура критериев загруженности и равномерности определяются типом и предметной областью расписания.

Иерархичность методов ранжирования позволила разработать инвариантную структуру (рис. 11) и реализовать программное обеспечение [13-16] для решения задач формирования расписаний любых типов.

Ядром этой структуры (рис. 11) является реализация метода «жесткого» ранжирования, к которому обращаются из оболочек многовекторного и гипервекторного ранжирования.

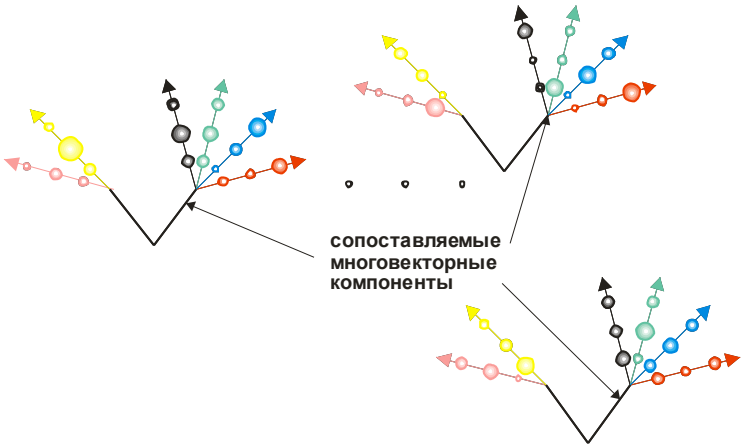



**Рис. 10. Структура критериев – множеств многовекторных компонент**

Специфичные для каждого типа расписания операции выбора взаимодействуют с необходимыми оболочками или ядром системы. Настройка системы для формирования расписания конкретного типа обеспечивается внешней оболочкой (не показанной на рис. 11), в которой осуществля-

ется расчет оценок загруженности и равномерности. На базе этих оценок формируются соответствующие критерии.

**4. Результаты формирования расписаний**

На рис. 12-16 представлены визуализированные результаты формирования расписаний первых трех типов – независимых заявок, векторов заявок и иерархий заявок.

На рис. 12 показаны круговые представления процесса оптимизации расписания экзаменационной сессии вуза от начального до оптимального с представлениями нескольких промежуточных результатов. Продолжительность экзаменационной сессии – 3 недели. В течение одного дня сессии выделяется два временных промежутка (таймслота) для приема экзаменов. По периметру изображений приведена нумерация соответствующих таймслотов. Закрашенные области в каждом таймслоте показывают количества одновременно принимаемых экзаменов. Критерии загруженности заявок (учебных поручений) и равномерности действий (экзаменов) для этой задачи формирования расписания представляются векторами с тремя скалярными компонентами.

**Рис. 11. Структура программного обеспечения формирования расписаний**

На рис. 13 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 - лекционные (красный), практические (голубой), лабораторные (зеленый). Критерии загруженности заявок (учебных поручений) и критерии равномерности действий (занятий) имеют трехвекторное представление.

На рис. 14 представлены результаты формирования расписания для векторов заявок на примере движения пассажирского железнодорожного транспорта. На рисунке показаны круговые представления расписания нахождения поездов (малые закрашенные окружности) на одной из станций железнодорожной сети. Семь больших окружностей представляют дни недели, являющейся интервалом расписания. Разным цветом малых окружностей представлены ситуации одновременного нахождения поездов на станции. Критерии загруженности и критерии равномерности маршрутов поездов имеют трехвекторное представление.

На рис. 15 и 16 представлены визуализированные результаты формирования и оптимизации начального календарного графика малоэтажного строительства поселка как расписания для иерархических структур заявок. Время на этих рисунках представлено условными единицами – тактами планирования. Каждый проект на диаграммах Ганта в верхней части рисунков показан своей агрегацией. Прямоугольники агрегаций представляют отдельные работы и характеризуются следующими параметрами:

- горизонтальный размер представляет требуемую трудоемкость работы в тактах планирования;
- вертикальный размер представляет тактовую стоимость работы;
- площадь любого прямоугольника агрегации соответствует стоимости моделируемой работы в условных единицах.

В данном случае расчета все работы выполняются с постоянной интенсивностью [21], то есть количество требуемых ресурсов в процессе выполнения работы не меняет-

ся. Под календарными графиками представлены потактовые величины суммарного финансирования.

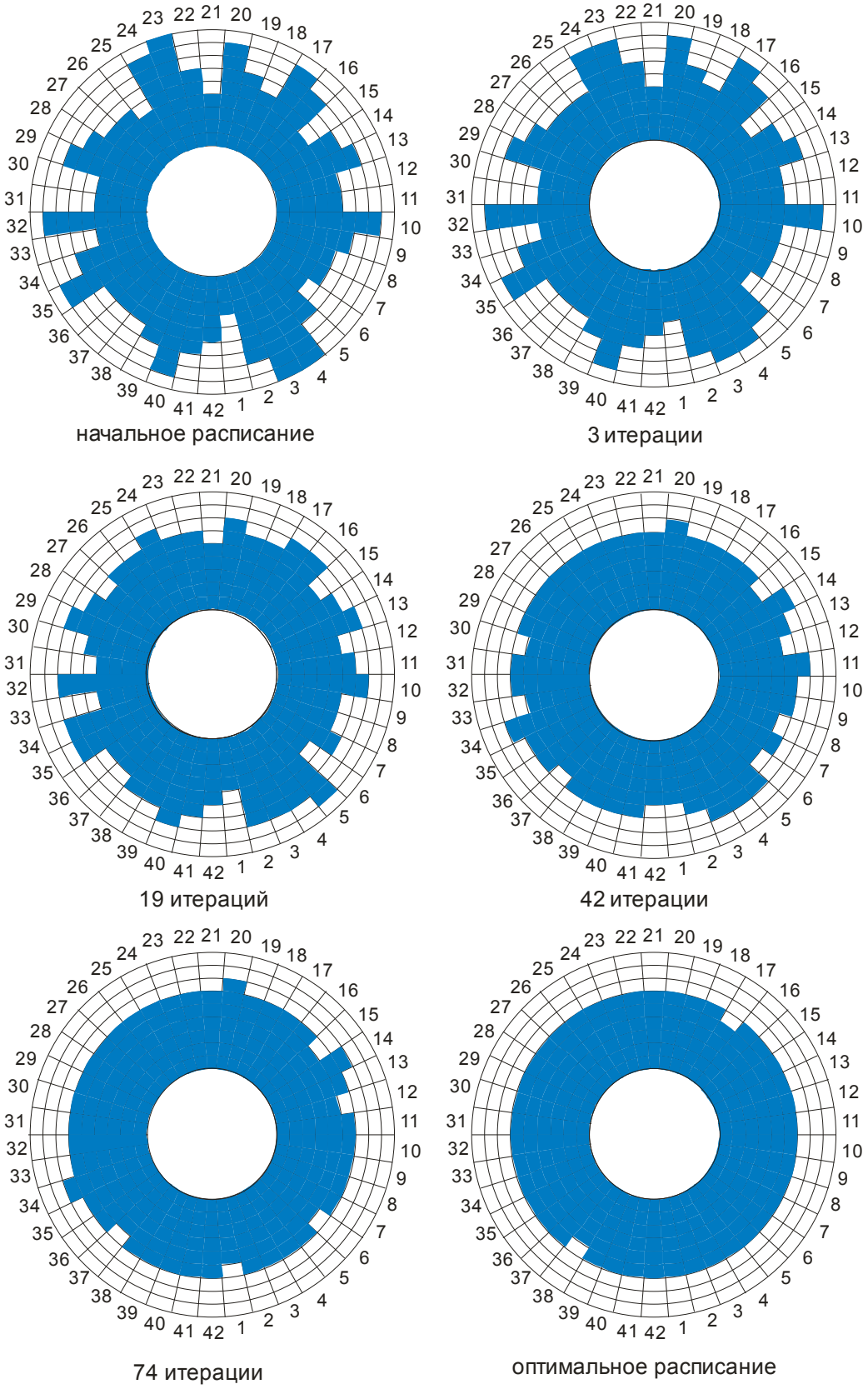
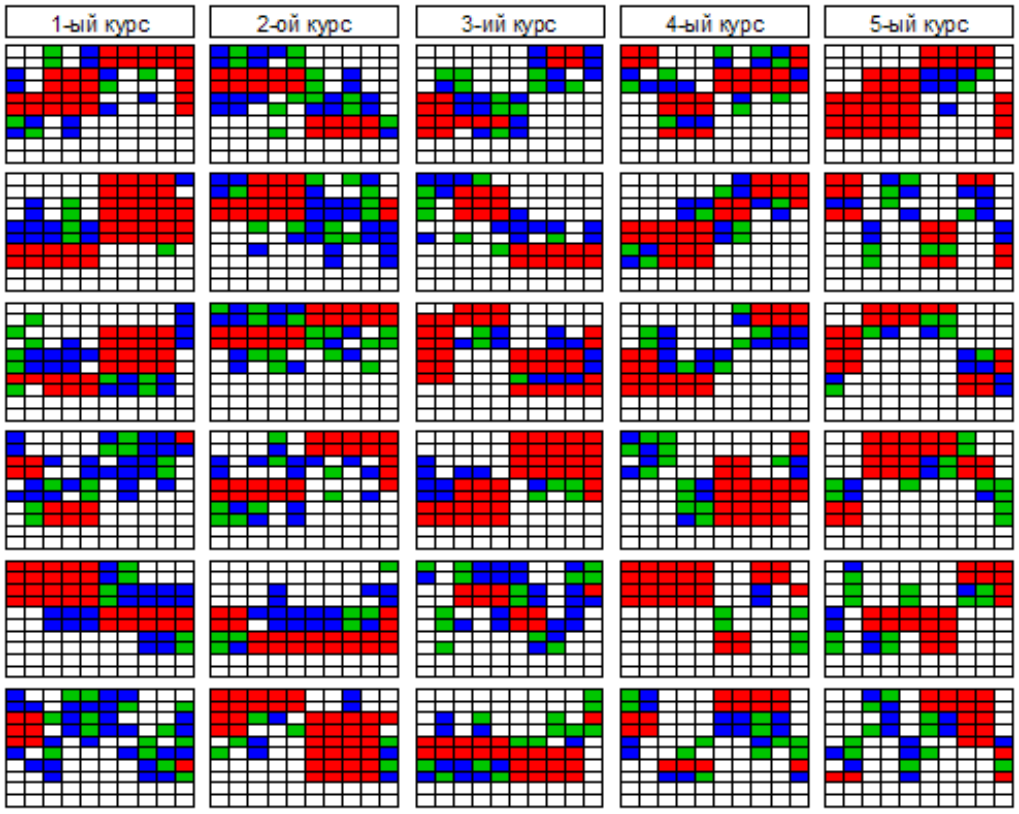
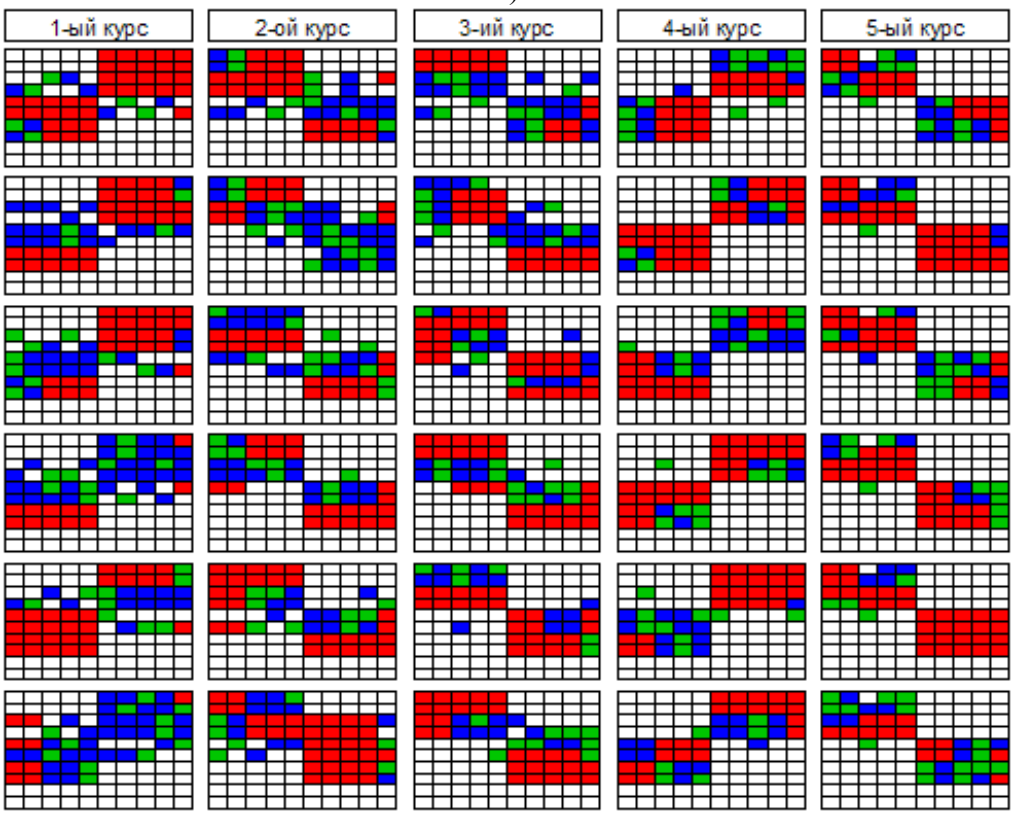



**Рис. 12. Визуализация отдельных этапов оптимизации расписания экзаменов**




а)




б)

**Рис. 13. Результаты оптимизации расписания занятий вуза: а – начальное расписание; б – оптимизированное расписание**

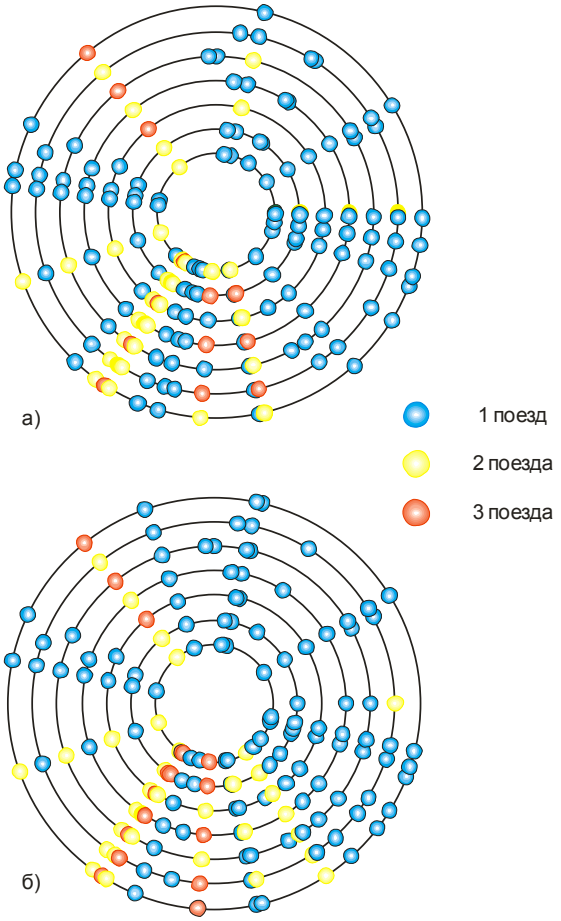



**Рис. 14. Результаты оптимизации самой загруженной станции: а – начальное расписание; б – оптимизированное расписание после 47 шагов оптимизации**

.

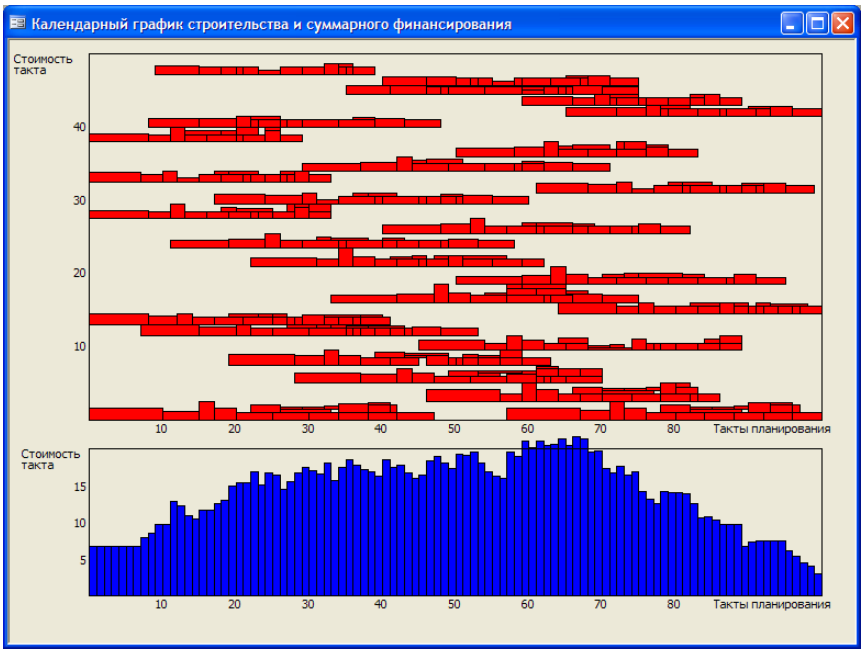



**Рис. 15. Начальный календарный график в форме диаграмм Ганта (вверху) и требуемое финансирование на каждом такте планирования (внизу)**

На рис. 16 представлен промежуточный результат оптимизации начального календарного графика с целевой функцией обеспечения равномерности финансирования работ.

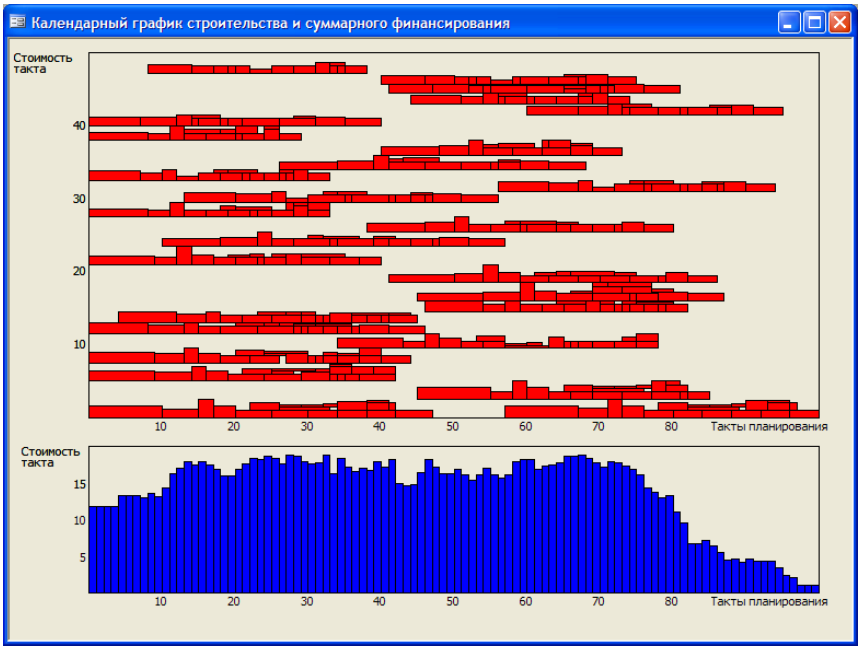



**Рис. 16. Оптимизированный календарный график в форме диаграмм Ганта (вверху) и требуемое финансирование на каждом такте планирования (внизу)**

## 5. Заключение

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

a) приведена классификация задач расписания;

b) обосновано применение методов ранжирования и показаны результаты формирования расписаний различного типа.

### Литература

1. *Танаев В.С., Шкурба В.В.* Введение в теорию расписаний. – М., 1975. – 256 с.

2. *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.

3. *Serrafini P., Ukovich W.* A mathematical model for periodic scheduling problems // SIAM Journal on Discrete Mathematics. 1989. 2 (4). P. 550-581.

4. *Kolish R.* Serial and parallel resource-constrained project scheduling methods revisited: theory and computation // Eur. J. Oper. Res. 1996. V. 90. № 2. P. 320-333.

5. *Bouleimen K., Lecocq H.* A new efficient simulated annealing algorithm for the resource-constrained project scheduling problem and its multiple modes version // Eur. J. Oper. Res. 2003. V. 149, N 2. P. 268-281.

6. *Elmohamed M.A.S., Coddington P. Fox G. A* Comparison of annealing techniques for academic course scheduling // in: E. Burke, M. Carter, The Practice and Theory of Automated Timetabling: Selected Papers (PATAT '97). Lecture Notes in Computer Science, V. 1408, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, New York, 1998. P. 92-112.

7. *Koulmas C., Antony S.R., Jaen R.* A survey of simulated annealing applications to operations research problems // Omega International Journal of Management Science. 1994. V. 22. P. 41-56.

8. *Baar T/. Brucker P., Knust S.* Tabu search algorithms and lower bounds for the resource-constrained project scheduling problem // Meta-heuristics. Advances and trends in local search paradigms for optimization. Dordrecht: Kluwer Acad. Publ., 1999. P. 1-18.

9. *Honobe K., Ibaraki T.* Formulation and tabu search algorithm for the resource-constrained project scheduling problem // Essays and surveys in metaheuristics. Boston: Kluwer Acad. Publ., 2002. P. 557-588.

10. *Alcaraz J., Maroto C., Ruiz R.* Improving the performance of genetic algorithms for the RCPS problem // Proc. Of the Ninth International Workshop on Project Management and Scheduling, Nancy, 2004. P. 40-43.

11. *Colorni A., Dorigo M., Maniezzo V.* Genetic Algorithms: A New Approach to the Time-Table Problem // Lecture Notes in Computer Science - NATO ASI Series, V. F82, Combinatorial Optimization, Springer Verlag, 1990. P . 235-239.

12. *Хорафас Д., Легг С.* Конструкторские базы данных. – М.: Машиностроение, 1990. – 224 с.

13. *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.

14. *Клеванский Н.Н., Кравцов Е.Ф.* Математическое моделирование формирования начальных многопериодных расписаний // Вестник Саратовского государственного технического университета. 2009. С.100-106.

15. *Клеванский Н.Н., Михайлова М.М.* Подходы к формированию расписаний для иерархий заявок // Доклады Академии Военных наук. 2012. № 5 (54). С. 77-82.

16. *Клеванский Н.Н., Красников А.А.* Задача формирования календарных графиков мультипроектного планирования // Доклады Академии Военных наук. 2013. № 3 (58). С. 89-93.

17. *Кочетов Ю.А.. Столяр А.А.* Новые жадные эвристики для задачи календарного планирования с ограниченными ресурсами // Дискретный анализ и исследование операций. – Новосибирск, 2005. Серия 2. Т. 12. № 1. С. 12-36.

18. *Прилуцкий М.Х., Власов В.С.* Построение оптимальных по быстродействию расписаний в канонических системах «конвейер-сеть» // Информационные технологии. 2011. № 3. С. 26-31.

19. *Подиновский В.В., Ногин В.Д.* Парето-оптимальные решения многокритериальных задач. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2007. – 256 с.

20. *Подиновский 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.

21. *Баркалов П.С., Буркова И.В., Глаголев А.В.* и др. Задачи распределения ресурсов в управлении проектами. – М.: ИПУ РАН, 2002. – 65 с.

22. *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.

23. *Сафронов В. В.* Гипервекторное ранжирование сложных систем // Информационные технологии. 2003. № 5. С. 23-27.

24. *Сафронов В.В.* Основы системного анализа: методы многовекторной оптимизации и многовекторного ранжирования. – Саратов: Научная книга, 2009. – 329 с.

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

## Basic concepts for scheduling problem realization

***Nicolay Nicolaevich Klevansky**, Professor*
*Saratov State Agrarian University after N.I. Vavilov*

*In the article the basic concepts for scheduling problem are presented. The realizations are based on multi-criteria, multi-vectorial and hyper-vectorial ranking. The classification scheduling problems and basic criteria for choice operations are required. Greedy algorithms are presented.*

*Key words: scheduling, demand, event, greedy algorithm, multi-criteria, multi-vectorial and hyper-vectorial ranking.*