

## УНИФИЦИРОВАННАЯ МЕТОДИКА РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ РАСПИСАНИЯ НА ОСНОВЕ ЗАДАЧИ УПОРЯДОЧЕНИЯ

Добрынин Владимир Николаевич<sup>1</sup>, Мороз Владимир Владимирович<sup>2</sup>,  
Миловидова Анна Александровна<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Кандидат технических наук, профессор Института системного анализа и управления;  
ГОУ ВПО Международный Университет природы, общества и человека «Дубна»,  
Институт системного анализа и управления;  
141980, Московская обл., г. Дубна, ул. Университетская, 19;  
e-mail: arbatsolo@yandex.ru.

<sup>2</sup> Старший преподаватель;  
ГОУ ВПО Международный Университет природы, общества и человека «Дубна»,  
Институт системного анализа и управления;  
141980, Московская обл., г. Дубна, ул. Университетская, 19;  
e-mail: moroz@uni-dubna.ru.

<sup>3</sup> Студентка;  
ГОУ ВПО Международный Университет природы, общества и человека «Дубна»,  
Институт системного анализа и управления;  
141980, Московская обл., г. Дубна, ул. Университетская, 19;  
e-mail: milanna.ya@gmail.com.

В статье рассмотрена методика постановки и решения задачи расписания, инвариантная особенностям прикладных аспектов. Идея решения многообразных постановок расписаний состоит в сведении к задаче упорядочения. Центральным звеном задачи упорядочения является генератор множества перестановок исходного множества атрибутов расписания. Метод решения определяется структурными и семантическими особенностями прикладной задачи расписания. Оригинальность автоматизированной системы расписания состоит в технологии сведения прикладной задачи к атрибутам задачи упорядочения.

**Ключевые слова:** задача расписания, генератор множества перестановок, сведение к задаче упорядочения.

## UNIFIED TECHNIQUE FOR TIMETABLE CONSTRUCTION BASED ON STREAMLINING PROBLEM

Dobrynin Vladimir<sup>1</sup>, Moroz Vladimir<sup>2</sup>, Milovidova Anna<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Candidate of Science in Engineering, professor of Institute of system analysis and management;  
Dubna International University of Nature, Society, and Man,  
Institute of system analysis and management;  
141980, Dubna, Moscow reg., Universitetskaya str., 19;  
e-mail: arbatsolo@yandex.ru.

<sup>2</sup> Senior teacher;  
Dubna International University of Nature, Society, and Man,  
Institute of system analysis and management;  
141980, Dubna, Moscow reg., Universitetskaya str., 19;  
e-mail: moroz@uni-dubna.ru.

<sup>3</sup> Student;  
Dubna International University of Nature, Society, and Man,  
Institute of system analysis and management;  
141980, Dubna, Moscow reg., Universitetskaya str., 19;  
e-mail: milanna.ya@gmail.com.

*In article the technique problem statement and decision of timetable problem invariant to features of applied aspects are reviewed. Idea of decision of variety problem statements consists in reduction to streamlining. The central link of streamlining problem is generator set of permutations of initial set of timetable attributes. The solution technique is defined by structural and semantic features of the applied problem of timetable. Originality of the automated system of the timetable consists in technology of reduction of an applied problem to attributes of a streamlining problem.*

Keywords: problem of timetable construction, generator set of permutations, streamlining problem.

## **Введение**

Задача составления расписания встречается во многих сферах человеческой деятельности. Каждый человек, по существу, ежедневно составляет расписание своей деятельности с учетом деятельности других людей. Для некоторых людей это становится профессиональной обязанностью. Им приходится разрабатывать календарные планы работы предприятий и учреждений, составлять расписание движения транспорта, организовывать учебный процесс и т.д. Сама по себе временная увязка множества действий, сопряженных с достижением заданной цели, достаточно сложная задача.

Систематические и весьма глубокие исследования в данном направлении начались в середине 50-х годов XX века. Среди первых успехов исследований следует отметить разработанные в те годы методы сетевого планирования, а также ряд интересных результатов в области изучения систем массового обслуживания. В это же время появляется термин «теория расписаний».

Теория расписаний исследует задачи, в которых необходимо определить последовательность выполнения совокупности работ, использования каких-либо средств, и т. д. [4].

Задачи упорядочения носят самый общий характер. Они возникают там, где существует возможность выбора той или иной очередности выполнения работ: при распределении работ на производстве, составлении расписания приземления самолетов, составлении расписания движения поездов, обслуживании клиентов в обслуживающих системах и т.д. Результаты, к которым приводит то или иное упорядочение, существенно отличаются. В ряде практических случаев эти различия принимают стоимостной характер или определяются какой-либо другой величиной, в зависимости от особенностей задачи.

Несмотря на то, что задачи составления расписаний достаточно глубоко рассматривались отечественными и зарубежными учеными, и результаты их исследований достаточно полно изложены в литературе, общего решения таких задач описано не было. Отсутствие комплексного подхода связано с тем, что эффективность составления расписания зависит от большого количества факторов, а известные методы предлагают решение лишь частных задач [1].

В связи с этим возникла необходимость исследования возможности вне зависимости от предметной области решать задачу формирования расписания.

## **Задача составления расписания**

Рассмотрим вначале понятие расписания и понятие задачи.

Расписание является некоторым обобщенным понятием календарного плана, временного графика и т.п.

Расписание — некоторая совокупность указаний относительно того, какие именно требования какими именно ресурсами обслуживаются в каждый момент времени [2].

Задача представляет собой:

1. цель ( $C$ );
2. модель объекта исследования ( $M$ );
3. исходное множество ( $X$ );
4. результат ( $Y$ );

5. метод преобразования исходного в результат ( $F$ );
6. критерий оценки результата ( $K$ ).

### Задача составления расписания

1. Цель ( $C$ ).

Многие транспортные, учебные и производственные события организованы периодичным способом, повторяясь в одно и то же время через сутки, неделю, иное целое число суток. Подобная организация позволяет *уменьшить затраты на планирование*, что и является основной целью, поставленной задачи.

Планирование расписания – процесс планирования работ по сбору централизации и оценки качества исходных сведений необходимых и достаточных для составления расписания.

2. Модель объекта исследования ( $M$ ).

Модель объекта исследования включает исходное ( $X$ ) и результат ( $Y$ ), и метод преобразования исходного в результат ( $F$ ) (см рис. 1).

3. Исходное множество ( $X$ ).

Расписание чаще всего характеризуется тремя основными характеристиками событие, место и время (Что? Где? Когда?).

В транспортном расписании, например, такими характеристиками являются:

В образовании – это время начала и окончания занятия, аудитория, предмет.

На производстве – это время начала и окончания той или иной операции, машина на которой операция производится и т.д.

4. Результат ( $Y$ ).

Результат – план работ, включающий упорядоченную во времени совокупность работ, сроки выполнения работ, результат работ, необходимые ресурсы для выполнения работ, ответственное лицо.

5. Метод преобразования исходного в результат ( $F$ ).

Возможный широкий спектр частных вариантов задачи и критериев оценки результата обуславливает широкий спектр используемых подходов к решению. Методы построения расписаний можно разбить на три большие группы:

- алгоритмы, основанные на декомпозиции задачи составления расписаний на подзадачи (вложении задачи в семейство более простых задач);
- алгоритмы, основанные на методе ветвей и границ;
- алгоритмы, основанные на коррекции текущего расписания (итерационные алгоритмы).

Алгоритмы, использующие декомпозицию расписаний, могут быть основаны:

- на динамическом программировании;
- на жадных стратегиях.



Рис. 1. Задача составления расписания

6. Критерий оценки результата ( $K$ ).

Составление расписания – процесс формирования расписания, удовлетворяющего основным требованиям. Эффективное расписание – расписание, удовлетворяющее заданному набору критериев.

Критерии расписания – условия, накладываемые на показатели расписания.

Задача составления расписания считается заданной, если определены подлежащие работы; количество и типы ресурсов, выполняющих операцию; порядок распределения ресурсов, критерии оценки расписаний.

Рассмотрим некоторую обобщенную классификацию задач составления расписания, построенную на основе анализа особенностей характеристик ресурсов (работ и машин), а также критериев (целевых функций), предложенную Юсуповой Н.И., Сметаниной О.Н., Ахтариевым А.А. в статье «Об одной классификации задач составления расписаний» [6].

В предлагаемой классификации любая задача может быть записана следующим образом:  $\alpha|\beta|\gamma$ , где  $\alpha$  – характеристика машин;  $\beta$  – характеристики работ;  $\gamma$  – целевая функция задачи. Работы состоят из операций  $J_i = \{O_{i1}, O_{i2}, \dots, O_{in}\}$ . Операция  $O_{ij}$  требует  $p_{ij}$  времени и может выполняться на одной из машин множества  $\mu_{ij} \subseteq \{M_1, \dots, M_m\}$ . Если  $|\mu_{ij}| = 1, \forall ij$  то получаем модель с параллельным использованием машин. Поле  $\alpha = \alpha_1\alpha_2\dots$ , где  $\alpha_k$  – характеристики машин. Целевые функции обозначаются, как  $c_i$  – время окончания работы  $J_i$ . Рассматриваются два типа минимизируемых целевых функций:  $f(c) = \max_i f_i(c_i)$ , и  $f(c) = \sum_{i=1}^n f_i(c_i)$ .

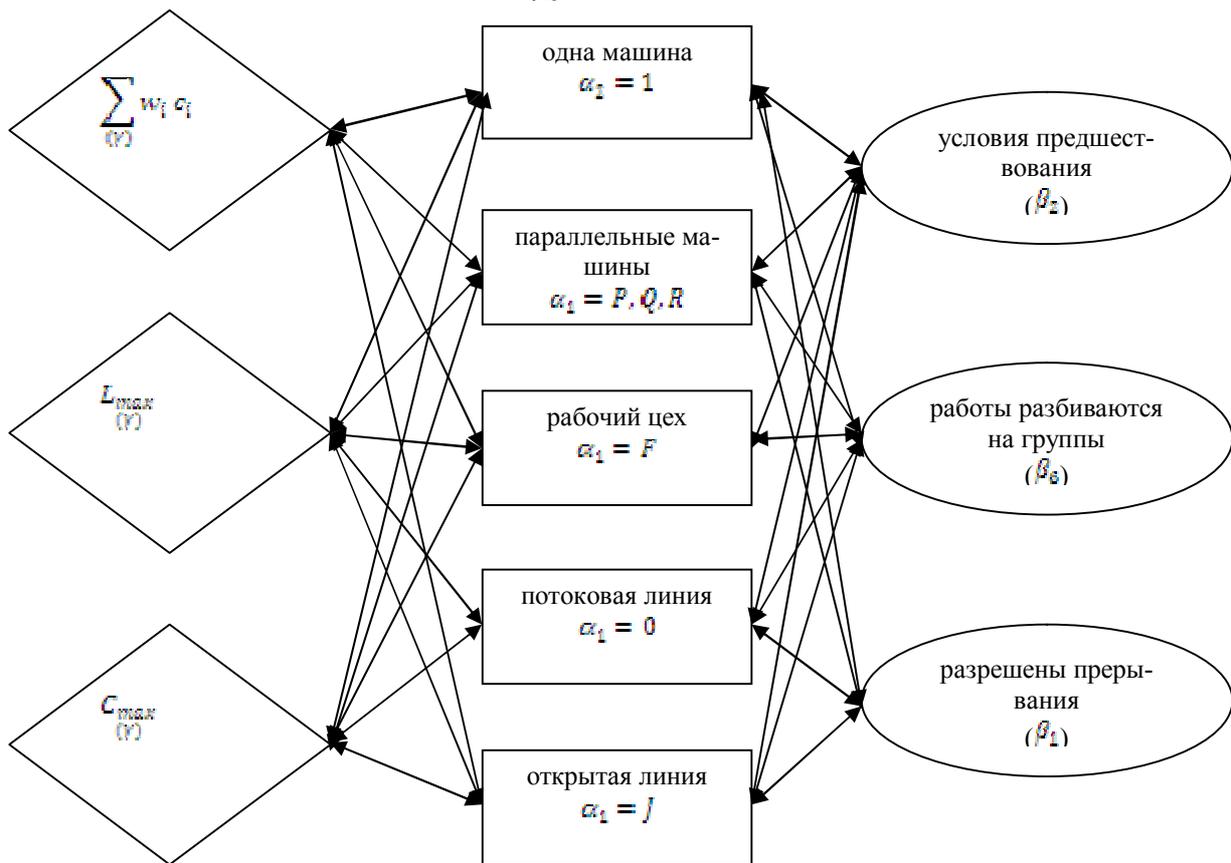


Рис. 2. Особенности задач составления расписания в зависимости от целевой функции, характеристики машин (ресурсов) и характеристики работ

Особенности задач теории составления расписаний в зависимости от характеристик машин, работ, целевой функции приведены на рис. 2. В левой части рисунка представлены возможные целевые функции ( $C_{\max}$  – время окончания всех работ,  $L_{\max}$  – запаздывание относительно директивных сроков,

$\sum_{i=1}^n w_i c_i$  – взвешенная сумма окончания работ). В центре находятся характеристики машин: одна машина, параллельные машины, рабочий цех, потоковая и открытая линии. Справа находятся характеристики работ: разбиение на группы, разрешены прерывания и с условиями предшествования [2].

Вычислительные методы, предназначенные для составления расписаний можно разбить на классы:

- в зависимости от начальных условий задачи, т.е. по рассмотренной классификации характеристик работ, характеристик машин и целевой функции;
- в зависимости от того, предназначены данные методы для определения оптимального решения или только приближенного решения.

## Общие и частные компоненты задач расписания

Исходя из проведенного анализа многообразия задач расписания и методов их решения, общая оценка сегодняшнего состояния теории расписаний сводится к следующему.

- В настоящее время изучен широкий круг задач расписания, начиная с простейшей задачи выбора очередности выполнения одноэтапных работ одним исполнителем и кончая так называемой общей задачей, связанной с анализом многошаговых технологических процессов в системах конвейерного типа.
- Несмотря на простоту постановок, лишь немногие задачи решены точно.
- Разнообразии ограничений, встречающихся в конкретных ситуациях, приводит к неизбежной идеализации исследуемых систем, вследствие чего возникают трудности получения и практического использования научных результатов.
- Допустимы различные критерии оценки качества расписаний, но почти все они относятся к затратам времени на производство работ, что вполне согласуется со смыслом и структурой большинства практических задач.
- Существуют разные формы представления расписаний, и довольно широк выбор терминов, определяющих одни и те же понятия.
- Нет единой методологии составления расписаний, и к основным группам методов, применяемых при поиске решений, относятся методы алгебры, комбинаторного анализа, математического программирования, статистических испытаний и т.п.

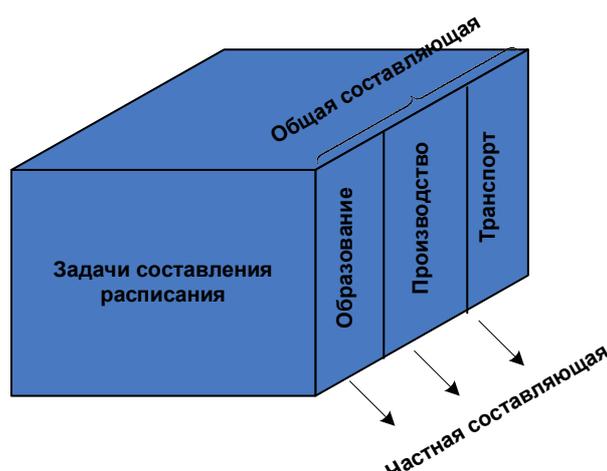


Рис. 3. Общая и частная составляющие задач расписания

Проанализировав ряд задач расписания и методов их решения можно выделить две составляющие (см. рис. 3):

- общая – особенности, присущие всем задачам;
- частная – особенности, отражающие предметную направленность.

Общим можно считать некоторое множество объектов, из которых будет сформировано расписание, условия, ограничения, о том, сколько объектов в наличии и как можно сгруппировать объекты множества.

В качестве частной составляющей выступают особенности множества объектов, особенности условий и ограничений, а также требования к результату, каким требованиям должно соответствовать полученное расписание.

Рассмотрим на рис. 4. задачу расписания в трех сферах деятельности человека: образовании, производстве, транспорте.



Рис. 4. Задача расписания в деятельности человека

Идея методики состоит в применении метода упорядочения к любой задаче независимо от предметной области, используя выделенную общую часть задач, для получения всевозможного множества расписаний; затем решение задачи выбора наилучшего расписания из множества сгенерированных, используя наиболее подходящий существующий метод.

### Обобщенный подход к решению задачи расписания

На основе упорядочения можно рассмотреть все варианты возможных расписаний в обобщенном виде, см. рис. 5. Проблему упорядочения можно сформулировать следующим образом:

- есть множество объектов –  $T$ ;
- $P_i$  – набор перестановок  $T$ ;
- $f$  – функция предпочтения (ранжирования) из  $P_i$  на множестве вещественных чисел.

Найти  $T' \in P_i$  такой, что:  $(\forall T'') (T'' \in P_i) (T'' \neq T') [f(T') \geq f(T'')]$ .

В приведенном определении  $P_i$  представляет собой множество всех возможных вариантов упорядочения (вариантов расписаний) –  $T$ , а  $f$  – функция, которая при применении к любому такому упорядочению, выдает его вес (предполагается, что большие значения весов предпочтительнее малых).

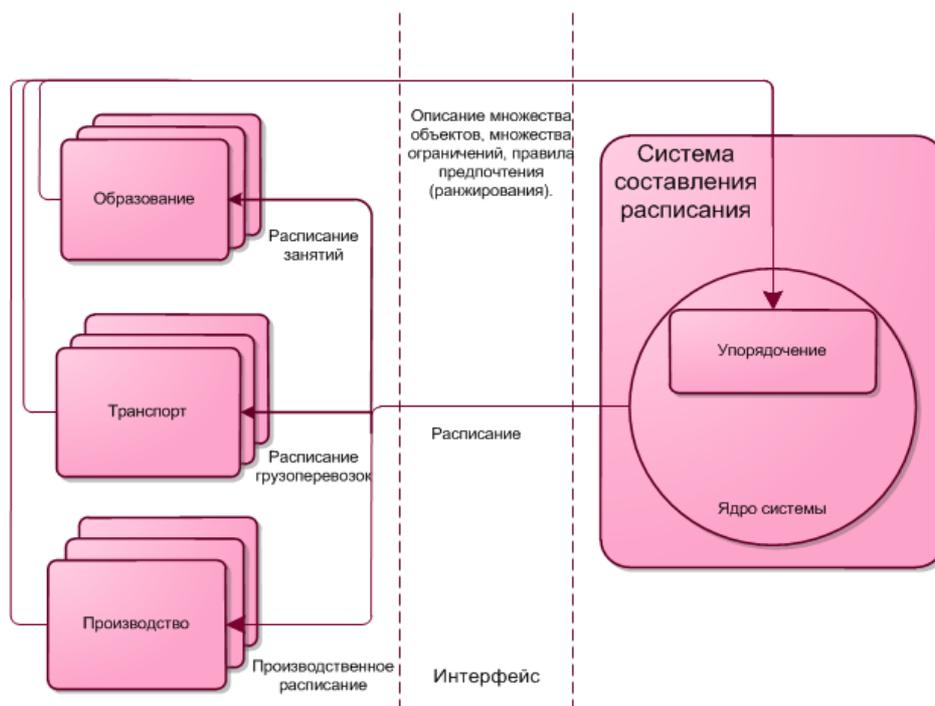


Рис. 5. Общая схема составления расписания на основе метода упорядочения

Упорядочение анализируемых объектов заключается в присвоении ранга (места) каждому объекту на основе функции ранжирования, соотносящей этот объект с другими [3].

Задача упорядочения решается на основе задачи выбора наилучших вариантов, которую можно рассматривать как важный частный случай.

В дальнейшем планируется апробирование разработанной методики на практических задачах.

## Список литературы

1. Жданова Е.Г. Теория расписаний: учебник. – М.: МГУ, 1999.
2. Красовский Д.В. Алгоритмы решения задачи составления оптимального расписания без прерываний: автореф. дис. ... канд. физ.-мат. – М.: Московский физико-технический институт, 2007. – С. 24.
3. Микони С.В., Козченко Р.В., Созоновский П.Г. Выбор и упорядочение объектов с иерархической системой показателей // SCM'99: сборник докладов конф. по мягким вычислениям и измерениям. – СПб.: СПбЭТУ, 1999.
4. Танаев В.С., Гордон В.С., Шафранский Я.М. Теория расписаний. Одностадийные системы. – М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1984. – С. 384.
5. Щепин Е.В. Теория расписаний. – М.: Школа Яндекса по анализу данных, 2007. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.mi.ras.ru/~scepini/1-sched.pdf> (дата обращения 10.04.2010).
6. Юсупова Н.И., Сметанина О.Н., Ахтариев А.А. Об одной классификации задач составления расписаний // Вестник УГАТУ Управление в социально-экономических и технических системах: сб. науч. тр. – УФА: УГАТУ, 2007. – №9.