

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники

УДК 681.3.06:62-507

Грабовский
Дмитрий, Васильевич

**РЕОПТИМИЗАЦИЯ ПЛАНОВ УПРАВЛЕНИЯ РЕСУРСАМИ В ПОТОКАХ
РАБОТ**

АВТОРЕФЕРАТ

на соискание степени магистра технических наук
по специальности 1-40 80 02 Системный анализ, управление и обработка
информации

Научный руководитель
Ревотюк Михаил Павлович
к.т.н., доцент

Минск 2019

КРАТКОЕ ВВЕДЕНИЕ

Задачи реоптимизации управления системами агентов, где агент рассматривается как ресурс, назначаемый для обслуживания заявок, обычно формулируются в терминах задач о назначении, которые можно отнести к обширному классу задач принятия управленческих решений. Они предполагают нахождение распределения объектов одного из множеств по группе объектов другого множества и это распределение должно соответствовать оптимальности целевой функции.

Задача о назначениях является частным случаем общих классов оптимизационных задач. В частности, одной из актуальных задач, относящихся к этому классу, является проблема эффективного совмещения различных потоков (ресурсов). В качестве примера можно привести процессы построения периодических расписаний с совмещением, задачу оптимального закрепления системы, анализ и сравнение основных потоков информации, циркулирующих в любой сети с интеграцией служб, транспортную логистику, а также ряд других. Подходы к решению этих задач достаточно разнообразны, в большинстве случаев требуют адаптации к реальной системе.

Задача о назначениях, её линейные, квадратичные и многоиндексные разновидности привлекают внимание исследователей ввиду своей обширной применимости в различных областях научной и практической деятельности. Самой известной и изученной является линейная закрытая задача о назначениях, которая относится к задачам дискретной оптимизации. Для неё существуют точные методы решения, такие как венгерский алгоритм, метод потенциалов, метод ветвей и границ. Однако дополнительные требования, обусловленные практическими задачами, приводят к различным модификациям математической модели, в частности к изменению стандартных и/или добавлению новых ограничений. При этом необходимо внесение изменений в стандартные алгоритмы.

Реализация перераспределения задач требует наличия динамической модели процесса обслуживания, позволяющей выявлять и прогнозировать будущие события хотя бы на один шаг. Известными примерами таких моделей являются диаграммы Ганта, модели потоков работ, сети Петри и их расширения, конечные автоматы, системы векторного сложения и многие другие. Формально такие модели эквивалентны системам рекуррентных уравнений разного порядка. Потребность в отражении свойств параллельности и асинхронности процессов обслуживания агентами

определяет причину использования для решения задач координации агентов понятия рекуррентной сети.

Становится очевидной полезность создания рекуррентных версий моделей и алгоритмов, пригодных для пересмотра результатов оптимизации решений по ходу пополнения или уточнения описания задач о назначении в реальном времени.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Цель и задачи исследования. Целью диссертационной работы является улучшение вычислительной эффективности инкрементальной схемы алгоритма решения ЛЗН, когда порядок порождаемых деревьев вариантов существенно меньше порядка графа сети работ, что в перспективе приблизит решение проблем управления, возникающих в условиях увеличения и усложнения различного рода систем.

Для достижения указанной цели необходимо решить следующие задачи:

- исследовать модели потоков работ и виды их представления;
- разработать методы оптимизации алгоритмов распределения ресурсов в потоках работ;
- применить полученные результаты исследования на реальной модели, произвести их оценку.

Научная новизна и значимость полученных результатов.

1. Разработаны методы оптимизации алгоритмов распределения ресурсов в потоках работ, описан улучшенный вариант реализации инкрементального алгоритма итераций метода кратчайшего пополняющего пути.

2. Показано, что описание дискретных процессов может быть определено сетями переходов, каждый из которых представлен полиморфными классами в терминах объектно-ориентированных технологий.

3. Рассмотрены задачи координации использования ресурсов, приведены результаты экспериментальной оценки среднего времени решения открытых ЛЗН и реоптимизации результатов решения.

Основные положения диссертации, выносимые на защиту.

1. Модель координации систем взаимодействующих агентов и алгоритм реоптимизации решения линейных задач о назначении.

2. Модель и алгоритм поиска кратчайших путей на графах с ограничениями и автоматическим формированием и накоплением предопределённых решений.

Личный вклад соискателя. В данную диссертационную работу вошли результаты как личных исследований автора, так и его совместной деятельности с научным руководителем к.т.н. Ревотюком М.П., а также соавторами научных трудов.

Структура и объём диссертации. Диссертация состоит из введения, четырёх глав, заключения, библиографического списка и приложения. Работа

изложена на 51 странице машинного текста, в том числе основная часть на 51 страницах содержит:

- 12 рисунков;
- 2 таблицы;
- список использованных источников, включающих 24 наименований и размещённый на 2 страницах;
- список одной публикации автора на 1 странице;

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении приведена оценка современного состояния проблемы управления и координации потоков работ, указаны основанные исходные предпосылки для разработки темы, обоснована необходимость проведения исследования.

В первой главе представлено описание понятия потоков работ и методов их исследования, рассмотрены задачи координации использования ресурсов, поставлены задачи исследования.

Поток работ – это упорядоченное во времени множество рабочих заданий, получаемых сотрудниками, которые обрабатывают эти задания вручную или с помощью средств механизации (автоматизации) в последовательности и в рамках правил, определенных для данного бизнес-процесса.

Система управления потоком работ – система, которая описывает этот поток, создает его и управляет им с помощью программного обеспечения, которое способно интерпретировать описание процесса, взаимодействовать с его участниками и при необходимости вызывать соответствующие программные приложения и инструментальные средства.

Задачи оптимизации управления потоками работ естественно формулируются в терминах задач о динамическом назначении. В процессе координации таких систем необходимо регулярно решать задачу о назначении агентам возникающих задач с учетом реальных ограничений и возможной коррекции плана назначения.

Во второй главе приведена объектная спецификация потоков работ, приведено статическое и динамическое описание потоков работ, проведен обзор на сетевые модели и задачу динамического назначения.

Склад металлургического предприятия представляет собой, обычно, длинное цеховое помещение шириной 15-30 метров и длиной 100-300 метров.

Склады оборудуются электромостовыми кранами. Количество материала на складах в большей части случаев исчисляется тысячами единиц. Новые единицы учёта поступают на склад по подводящим транспортёрам, авто или ЖД транспортом.

Для рассматриваемой задачи интересны только те материалы, которые запланированы к перемещению, использованию в производственном процессе и к отгрузке. Таких «запланированных» к перемещению единиц учёта на складе, обычно, бывает сотни. Для описания типового склада для металлургического производства воспользуемся условной картографической схемой (рисунок 1).

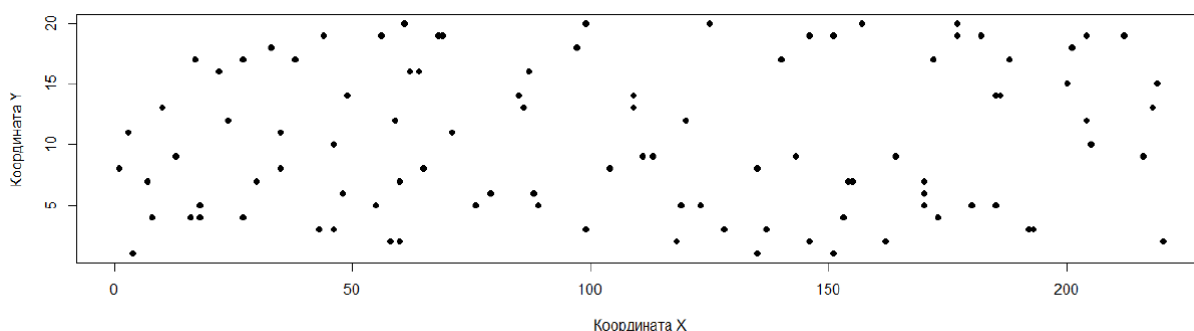


Рисунок 1 – Схема склада с единицами учёта

Набор альтернатив обработки каждой новой задачи определяется как результат выполнения следующих вложенных операций:

- выбор технологически подходящих транспортных комплексов;
- выбор доступных электромостовых кранов;
- выбор стратегии и составление расписания обслуживания заявки.

Реализация перечисленных операций опирается на процедуры поиска оптимальных решений среди альтернатив прогноза процессов обслуживания

В третьей главе рассматривается способ выделения подлежащих реоптимизации строк и столбцов.

Пусть в реальном времени формируется поток задач

$$\left\{ \begin{array}{l} Z_k = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij}^k x_{ij}^k \rightarrow \min \\ \sum_{i=1}^m x_{ij}^k = 1, i = \overline{1, m}; \sum_{j=1}^n x_{ij}^k = 1, j = \overline{1, n} \end{array} \right. \quad (3.2)$$

нумеруемых индексом $k = 1, 2, \dots$. Прямолинейный подход выявления изменившихся строк и/или столбцов на основе поэлементного сканирования матриц с индексами k и $k + 1$ характеризуется вычислительной сложностью $O(M, N)$, хотя объём фактических изменений будет $O(mn)$ [13]. Для отображения изменения строк матриц будем использовать вектор

$$X^k(i) = k \cdot (c_{ij}^k \equiv c_{ij}^{k-1}), i \in \overline{1, m}, j \in \overline{1, n}, k > 0, \quad (3.3)$$

а изменения столбцов отобразим вектором

$$Y^k(i) = k \cdot (c_{ij}^k \equiv c_{ij}^{k-1}), i \in \overline{1, m}, j \in \overline{1, n}, k > 0. \quad (3.4)$$

Если начальное состояние этих векторов $X^0(i) = 0, i = \overline{1, m}, Y^0(j) = 0, j = \overline{1, n}$, а матрица коэффициентов ЛЗН при решении задачи минимизации $c_{ij}^0 = \infty, i = \overline{1, m}, j = \overline{1, n}$, то сложность выделения множеств изменения строк и столбцов матриц пропорциональна количеству изменённых элементов матрицы. Алгоритм выделения изменений должен формировать стеки индексов изменившихся строк и столбцов[14].

```

 $h_x^{k+1}(0) = 0, h_y^{k+1}(0) = 0$ 
for  $i \in \overline{1, m}, j \in \overline{1, n}$  do
  if  $c_{ij}^{k+1} \neq c_{ij}$  then
    if  $X^{k+1}(i) \neq k + 1$  then
       $h_x^{k+1}(t) \leftarrow h_x^{k+1}(t) + 1;$ 
       $H_x^{k+1}(h_x^{k+1}(t)) \leftarrow i;$ 
    end
    if  $Y^{k+1}(j) \neq k + 1$  then
       $h_y^{k+1}(t) \leftarrow h_y^{k+1}(t) + 1;$ 
       $H_y^{k+1}(h_y^{k+1}(t)) \leftarrow j;$ 
    end
     $c_{ij} = c_{ij}^{k+1};$ 
  end
end

```

Таким образом, предложенный приём поиска оптимального паросочетания работ и исполнителей позволяет исключить холостые шаги инициализации переменных состояния или повторения поиска. В результате

вычислительная сложность реоптимизации решений ЛЗН линейно зависит от количества изменённых кортежей отношения работ и исполнителей.

В четвёртой главе рассмотрены задачи построения процедур оптимизации решений на основе моделирования потоков работ. Показано, что описание дискретных процессов может быть определено сетями переходов, каждый из которых представлен полиморфными классами в терминах объектно-ориентированных технологий. Это позволяет определить практически ничем не ограниченное понятие расширения сети Петри.

На примере склада металлургического предприятия продемонстрирована эффективность решения и реализации динамически поступающих задач с использованием оптимизированной модели алгоритма в сравнении неоптимизированным режимом планирования.

Приведены результаты планирования времени выполнения заданий на перемещение и путь пройденный кранами без груза для оптимизированных и неоптимизированных графиков (таблица 1).

Кол-во кранов	Модель алгоритма	W_1	W_2	W_3	W_4	W_5	W_6	K_t , с
1	Исходная	0	0	0	0	5	5	7167.5
	С реоптимизацией	0.5	0.75	0.75	0.5	5	5	6665.8
Изменение времени выполнения								7.0%
2	Исходная	0	0	0	0	5	5	3527.5
	С реоптимизацией	0.75	0.75	0.25	0.75	5	5	3386.4
Изменение времени выполнения								4.0%
3	Исходная	0	0	0	0	5	5	2590
	С реоптимизацией	0	1	0.5	1	5	5	2486.4
Изменение времени выполнения								4.0%
4	Исходная	0	0	0	0	5	5	1963
	С реоптимизацией	1	0.5	0.5	1	5	5	1884.5
Изменение времени выполнения								4.0%
5	Исходная	0	0	0	0	5	5	1848.5
	С реоптимизацией	0.75	1	0.5	0.25	5	5	1737.6
Изменение времени выполнения								6.0%
Среднее изменение								5.0%

По данным таблицы 1 видно, что предложенный в главе 3 приём поиска оптимального паросочетания работ и исполнителей приводит к уменьшению времени расчётов и соответственно ускорению поиска решения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной работе проводилось исследование и разработка моделей потоков работ, улучшение алгоритмов управления распределением ресурсов в потоках работ.

В ходе работы были решены следующие задачи: рассмотрены задачи координации использования ресурсов, проведен анализ состояния проблемы, были исследованы модели потоков работ, разработаны методы оптимизации алгоритмов распределения ресурсов в потоках работ, описан улучшенный вариант реализации инкрементального алгоритма, проведено описание оценки устойчивости назначения, рассмотрены примеры использования алгоритмов оптимизации распределения ресурсов.

Предложенный приём поиска оптимального паросочетания работ и исполнителей позволяет исключить холостые шаги инициализации переменных состояния или повторения поиска. В результате вычислительная сложность реоптимизации решений линейных задач назначения линейно зависит от количества изменённых кортежей отношения работ и исполнителей.

На примере металлургического склада рассмотрено использование улучшенной версии инкрементального алгоритма, методов моделирования и оптимизации размещения ресурсов в потоках работ.

Результаты, полученные в ходе магистерского исследования, могут использоваться во множественных сферах, таких как организация работы складов, координация работ на строительных объектах, оптимизации работы транспортных систем и др., что показывает актуальность проделанной работы.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ АВТОРА

1. Ревотюк, М.П. Реоптимизация планов управления ресурсами в потоках работ / М.П. Ревотюк, Д.В. Грабовский // ITS. – 2018. – № 1(55), – С. 242-243