

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

УДК 681.3.06:62-507

Бруй
Никита Михайлович

**ОПТИМИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЕМ РЕСУРСОВ 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

Потоки работ – это операции, включающие координируемое выполнение множества задач, выполняемых различными обрабатывающими объектами. Задача определяет некоторую работу, которую необходимо выполнить, и она может быть специфицирована различными способами. Задачи потоков работ могут быть выполнены вручную или с помощью программных систем. Для определения потока работ необходимо описать аспекты составляющих их задач, связанные с управлением и координированием выполнения задач. Необходимо специфицировать также требования к выполнению задач и связи между ними.

Выполнение множества задач с привлечением различных обрабатывающих объектов может контролироваться человеком или программной системой, называемой системой управления потоком работ.

Задачи оптимизации управления системами агентов, являющиеся предметом активного исследования и обсуждения в последние годы, обычно формулируются в терминах задач о динамическом назначении. Агент рассматривается как ресурс, назначаемый для обслуживания заявок. Практически всегда такие задачи сводятся к известным задачам дискретной оптимизации, таким как линейная задача о назначении или задача нескольких странствующих коммивояжеров. Однако необходимость учета реальных отношений между агентами и задачами приводит к экспоненциальной сложности алгоритма формирования оптимального назначения. Подобная сложность приводит к задержке момента назначения заданий, снижая эффективность системы агентов. Традиционные приемы использования различного рода аппроксимаций часто неработоспособны из-за недостаточной конкретизации и определенности формируемых решений.

Существующие методы и алгоритмы дискретной оптимизации ориентированы в основном на решение независимых задач вне режима реального времени. Следует отметить, что наиболее развитым среди методов и средств построения многоагентных систем являются методы и средства имитационного моделирования. Задачи оптимизации рассматриваются от упомянутых методов независимо, хотя исходные данные процедур оптимизации часто являются результатом машинных экспериментов. Очевидна 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 работы является улучшение вычислительной эффективности известных версий инкрементальной схемы алгоритма решения ЛЗН.

Для достижения указанной цели необходимо решить следующие задачи:

- исследовать модели потоков работ;
- разработать методы оптимизации алгоритмов распределения ресурсов в потоках работ;
- рассмотреть примеры использования алгоритмов оптимизации распределения ресурсов.

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. Модели координации систем взаимодействующих агентов и алгоритмы реоптимизации решений линейных задач о назначении методом кратчайшего пополняющего пути.

2. Модели и алгоритмы поиска кратчайших путей на графах с ограничениями и автоматическим формированием и накоплением предопределенных решений.

Личный вклад соискателя. В настоящую 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 объем диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, библиографического списка и приложения. Работа изложена на 56 страницах машинного текста, а том числе основная часть на 50 страницах и содержит:

- 15 рисунков;

- 2 таблицы;
- список использованных источников, включающий 30 наименований и размещенный на 3 страницах;
- список одной публикации автора на 1 странице;
- одно приложение объемом 6 страниц.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении приведена краткая оценка современного состояния проблемы управления и координации потоков работ, указаны основные 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).

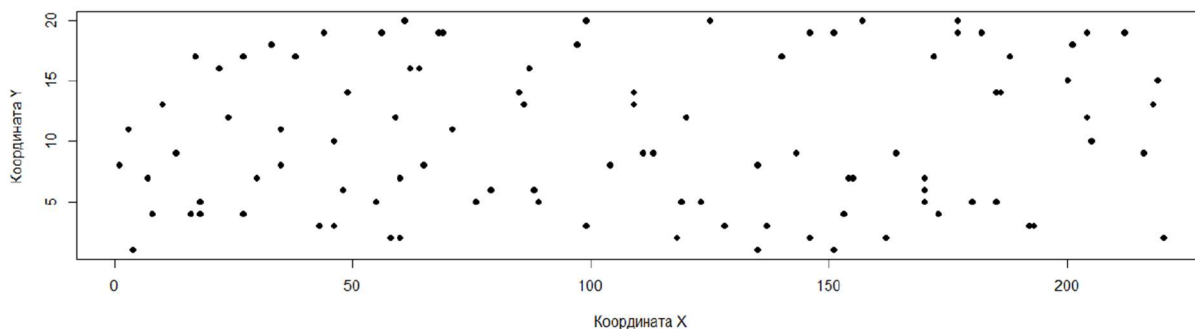


Рисунок 1 – Схема склада с единицами учёта

Ключевыми предложениями по автоматизации склада являются:

- замена человека, диспетчера, на автоматизированную систему планирования перемещений крановых операций;
- оснащение кабин крановщиков сенсорными моноблочными ПК с программным обеспечением, выдающим оптимизированную и непротиворечивую очередь команд на перемещение грузов, «навигатор» для крановщика.

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 рассмотрена схема инкрементального алгоритма. На рисунке 2 представлен случай, когда в момент времени TS необходимо решать ЛЗН, размерность которой NS . Процесс решения такой задачи, например, венгерским методом, отражен сплошной ломаной линией на отрезке времени (TS, TC) . Излом этой линии в точке TE отражает использование известных

эвристик реализации процедур решения ЛЗН для быстрого формирования начального назначения.

Можно заметить, что в моменты времени $T1$, $T2$, $T3$, TS появляется возможность использования инкрементальной схемы алгоритма решения ЛЗН, когда становятся известными очередные строки матрицы. Процесс работы алгоритма с реоптимизацией решения для матриц с добавленными строками отражен пунктирной ломаной линией. Примечательно, что после получения последней порции строк матрицы в момент времени TS завершение решения ЛЗН, размерность которой достигает NS , произойдет в момент времени TI . Очевидно, что $TI < TC$ при любых версиях алгоритмов решения ЛЗН, что определяется их полиномиальной вычислительной сложностью.

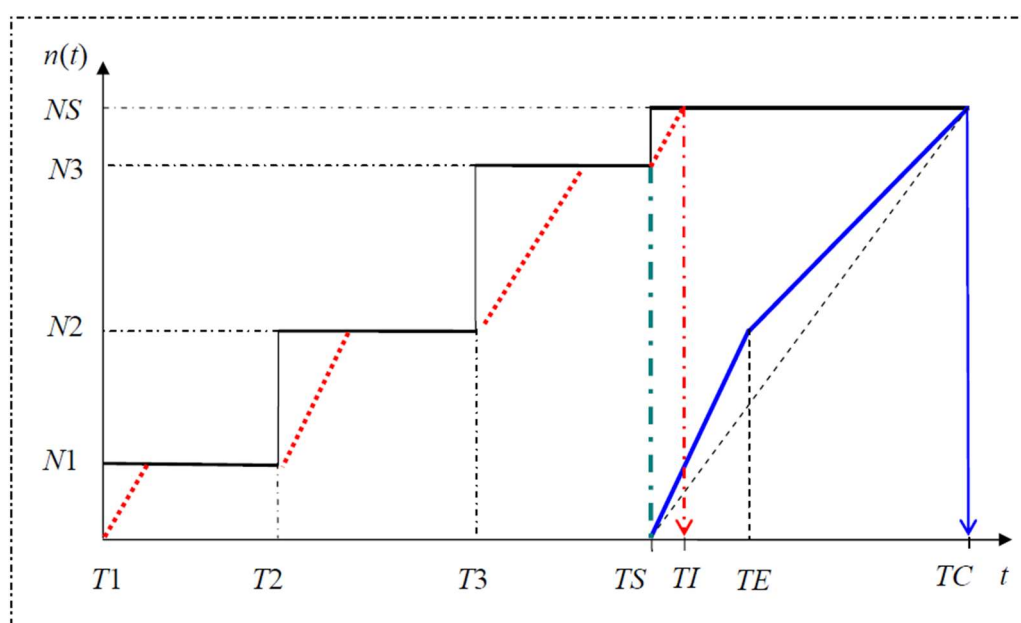


Рисунок 2 – Иллюстрация хода решения ЛЗН

Реализация предлагаемой схемы возможна на рекуррентных сетевых моделях, состояние которых соответствует графу текущего паросочетания с выделением оптимального решения. Переход между состояниями сети требует решения ЛЗН, задачи коммивояжера и поиска кратчайших путей на графах. На параметры таких задач проецируются особенности процессов обслуживания, включая векторные критерии и разнообразные отношения вложенности.

Решение классических открытых ЛЗН, записываемых в виде

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

обычно является вектором назначений строк матрицы коэффициентов ее столбцам

$$R_k = \{r_j = i | x_{ij}^k = 1, i = \overline{1, m}, j = \overline{1, n}\}. \quad (2)$$

Известно, что наиболее эффективные для решения задачи (1) алгоритмы венгерского метода строятся с учетом особенностей двойственной задачи

$$\left\{ \begin{array}{l} Z_k = \sum_{i=1}^m u_i + \sum_{j=1}^n v_j \rightarrow \max \\ c_{ij} - u_i - v_j, i = \overline{1, m}, j = \overline{1, n}. \end{array} \right. \quad (3)$$

Предлагается модифицировать инкрементальный алгоритм обновления текущего паросочетания для новой или изменяемой строки i .

Предлагаемый вариант реализации инкрементального алгоритма итераций метода кратчайшего пополняющего пути, лучшего среди известных методов решения (1), имеет вид:

```

procedure slap(i) begin
  for  $j \in \overline{1, n}$  do
     $p_j = j$ ;  $d_j = c_{ij} - v_j$ ;
   $R = \emptyset$ ;  $S = \emptyset$ ;  $T = \overline{1, n}$ ;
  while true do
    if  $|S| = 0$  then
       $h = \min\{d_j | j \in T\}$ ;
       $S = \{j | (d_j = h) \wedge (j \in T)\}$ ;
       $T \leftarrow T \setminus S$ ;
      for  $j \in S$  do
        if  $r_j == 0$  then
          goto back;
       $k = S_1$ ;  $S \leftarrow S \setminus \{k\}$ ;
       $R \leftarrow R \cup \{k\}$ ;  $l = r_k$ ;
      for  $j \in T$  do
        if  $h + c_{lj} - v_j < d_j$  then
           $d_j = h + c_{lj} - v_j$ ;  $p_j = l$ ;
          if  $d_j == h$  then
            if  $r_j == 0$  then
              goto back;
             $S \leftarrow S \cup \{j\}$ ;
             $T \leftarrow T \setminus \{j\}$ ;
    back: for  $k \in R$  do
       $v_k \leftarrow v_k + d_k - h$ ;
  repeat
     $l = p_j$ ;  $p_j = l$ ;  $k = j$ ;  $j = q_l$ ;  $q_l = k$ ;
  until  $i == l$ ;

```

Его преимущества особенно заметны для разреженных графов.

В четвертой 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).

Таблица 1 – Сравнение времени выполнения всех заданий на перемещения

Кол-во кранов	Моделирование	W_1	W_2	W_3	W_4	W_5	W_6	K_t , с	K_p , м
1	Без оптимизации	0	0	0	0	5	5	7167.5	7012
	С оптимизацией	0.5	0.75	0.75	0.5	5	5	5684	4045
Изменение времени выполнения								20.0%	40.0%
2	Без оптимизации	0	0	0	0	5	5	3527.5	6438
	С оптимизацией	0.75	0.75	0.25	0.75	5	5	3219.5	5073
Изменение времени выполнения								10.0%	20.0%
3	Без оптимизации	0	0	0	0	5	5	2590	7158
	С оптимизацией	0	1	0.5	1	5	5	2280	5680
Изменение времени выполнения								10.0%	20.0%
4	Без оптимизации	0	0	0	0	5	5	1963	7643
	С оптимизацией	1	0.5	0.5	1	5	5	1812.5	6592
Изменение времени выполнения								10.0%	10.0%
5	Без оптимизации	0	0	0	0	5	5	1848.5	9635
	С оптимизацией	0.75	1	0.5	0.25	5	5	1535	7551
Изменение времени выполнения								20.0%	20.0%
Среднее изменение								14.0%	22.0%

Из данных таблицы 1 следует видимый эффект от машинной оптимизации складских операций перемещения грузов до 20%.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Одним из распространенных видов моделей координации параллельных процессов со сложными взаимодействиями являются потоки работ, обобщающие известные сетевые графики или диаграммы Ганта. Однако такие модели не приспособлены для поиска решений, особенно в случае отклонения от плана, но хорошо решают задачу спецификации текущего плана. Учитывая необходимость использования симбиоза формальных и неформальных критериев оценки вариантов плана, модели потоков работ целесообразно комплексировать со средствами поиска оптимальных решений.

В проделанной работе проводилось исследование и разработка моделей потоков работ, создание 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 итераций метода кратчайшего пополняющего пути, рассмотрены примеры использования алгоритмов оптимизации распределения ресурсов.

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 ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

1. Ревотюк, М.П. Распознавание проблемных ситуаций в системах координации взаимодействующих агентов / М.П. Ревотюк, Е.М. Гибулина, Н.М. Бруй // ITS. – 2018. – № 1(55), – С. 55–62