

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

УДК 004.021:658.78

Бибех  
Анастасия Владимировна

Алгоритм контроля проблемных ситуаций в системах управления потоками работ

### **АВТОРЕФЕРАТ**

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

Научный руководитель  
Навроцкий Анатолий Александрович  
к.т.н., доцент

Минск 2022

## КРАТКОЕ ВВЕДЕНИЕ

Повышение эффективности управления технологическими процессами неуклонно связывают с повышением их безопасности. Это объясняется тем, что цена аварий на подобных объектах, как правило, имеет катастрофический масштаб.

На сегодняшний день многоагентные системы применяются в самых различных сферах и предметных областях: логистика, безопасность, управление рисками и др. Однако трудоемкость процесса контроля проблемных ситуаций остается высокой, что порождает проблему создания алгоритма контроля проблемных ситуаций, сочетающего теоретически обоснованную методологию проектирования и эффективную реализацию в объектно-ориентированной среде. Агент также может рассматриваться как ресурс, назначаемый на обслуживание заявок. В рамках данного механизма задачи наиболее часто сводятся к задачам дискретной оптимизации, таким как линейная задача о назначении или задача нескольких странствующих коммивояжеров. Необходимость учета реальных отношений между агентами и задачами приводит к экспоненциальному увеличению сложности алгоритма формирования оптимального назначения. Ввиду этого происходит задержка момента назначения заданий и как следствие снижается эффективность системы агентов.

Следует учитывать, что при реализации распределения задач требуется использование динамической модели процесса обслуживания, позволяющий прогнозировать события. Отсюда возникает возможность дораспределения появившихся задач на свободных агентов при сохранении текущего решения.

Рассматриваемая в работе идея предлагает оценить необходимость пересчета уже принятого назначения путем определения интервалов устойчивости, а выход за границы данного интервала рассматривать как проблемную ситуацию, требующую разрешения.

Целью данной работы является реализация моделей и алгоритмов оценки интервалов устойчивости для задач динамического назначения в процессе реализации предварительно подготовленных планов.

Как объект исследования выступает контур управления агентными мобильными системами, а также задачи оптимизации решений в данных системах.

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Цель и задачи исследования.** Целью работы является анализ и разработка алгоритма контроля проблемных ситуаций в потоках выполняющихся работ.

Для достижения указанной темы необходимо решить следующие задачи:

- исследовать методы решения задач назначения;
- разработать методы оптимизации алгоритмов распределения ресурсов в потоках работ;
- реализовать модель контроля проблемных ситуаций;
- применить полученные результаты и сравнить их с существующими методами решения.

### **Новизна полученных результатов.**

- реализован алгоритм поиска оптимального взаимодействия агентов и решаемых задач на основе метода кратчайшего пополняющего пути;
- рассмотрены задачи координации использования ресурсов, приведены результаты среднего времени решения линейных задач о назначении;
- реализован алгоритм оценки устойчивости решения линейных задач о назначении.

### **Основные положения диссертации, выносимые на защиту.**

1. Модель координации систем взаимодействующих агентов и алгоритм оптимизации решения задач о назначении
2. Алгоритм оценки устойчивости решения задач о назначении

**Личный вклад соискателя.** Диссертационное исследование является научным трудом, выполненным автором с учетом достижений науки по данной проблематике, а также совместной работы с к.т.н. Ревотюком М.П., а также соавторами научных трудов.

**Структура и объем диссертации.** Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения и библиографического списка. Работа изложена на 60 страницах, в том числе основная часть на 56 страницах содержит:

- 20 рисунков;
- 1 таблицу;
- список использованных источников, включающих 25 наименований и размещенный на 2 страницах;
- список одной публикации автора на 1 странице.

## КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В первой главе рассмотрены основные понятия агентного моделирования, ее преимущества и фиксация новых явлений.

Распределение задач является важным аспектом многих мультироботных систем. Особенности и сложность задач распределения задач с несколькими роботами диктуются требованиями конкретной рассматриваемой области. Эти проблемы могут варьироваться от проблем, связанных с мгновенным распределением простых независимых задач между членами однородной команды, до проблем, требующих длительного планирования сложных взаимосвязанных многоэтапных задач для членов разнородной команды связаны несколькими ограничениями.

Мультироботные системы (MRS) – это группы роботов, которые стремятся сотрудничать для эффективного выполнения набора задач. С MRS обычно связана проблема распределения задач между несколькими роботами (MRTA). Эта проблема решает вопрос о распределении задач между роботами наилучшим возможным способом для оптимизации одного или нескольких показателей производительности, таких как потребление энергии или общее затраченное время среди прочих.

В подходах к решению MRTA можно выделить два четких типа: централизованный и децентрализованный. Во многих случаях использование централизованного подхода, позволяет существенно повысить производительность, но имеет отрицательную сторону в виде увеличения вычислительной нагрузки. Производительность также зависит от используемого алгоритма.

Таксономия под названием *tax*, которая основана на том, что ключевым фактором, отличающим различные типы задач MRTA, является степень взаимозависимости утилит задач агента в проблеме. Фактически, такие особенности проблемы, могут ли агенты выполнять более одной задачи одновременно (агенты ST или MT) и требуют ли задачи одного агента или нескольких агентов (задачи SR или MR), могут привести к степени взаимозависимости утилит задач агента, которые являются определяющим фактором сложности проблемы.

Во втором разделе рассматривается модель динамической задачи назначения.

Традиционно задачи координации агентов в потоках работ сводятся к известным задачам дискретной оптимизации, таким как линейная задача о назначении (ЛЗН) или задача нескольких странствующих коммивояжеров. В случае,

когда  $m = n$ , ЛЗН в матричной формулировке

$$\min \left\{ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n c_{ij} \cdot x_{ij} \mid \sum_{i=1}^n x_{ij} = \sum_{j=1}^n x_{ij} = 1; x_{ij} \geq 0; i, j = \overline{1, n} \right\}.$$

Произведена постановка задачи назначения и приведены методы ее решения:

- метод потенциалов;
- венгерский алгоритм;
- алгоритм Литтла.

Были рассмотрены примеры сетевых моделей, которые часто относятся к задачам распределения продукции:

- модель с промежуточными пунктами;
- модель кратчайшего пути;
- календарное планирование методом критического пути.

В третьем разделе рассмотрены алгоритмы контроля проблемных ситуаций. Были рассмотрены популярные алгоритмы поиска кратчайшего пути в графе. Сформулирована задача о кратчайшем пути:

Минимизировать

$$\sum_i \sum_j c_{ij} x_{ij}$$

при ограничениях:

$$\sum_j x_{ij} - \sum_k x_{ki} = \begin{cases} 1, & \text{если } i = s(\text{источник}) \\ 0, & \text{в ином случае} \\ -1, & \text{если } i = t(\text{сток}) \end{cases}$$

Интересующая проблема может быть сформулирована следующим образом: учитывая конечную последовательность событий, которые определяют новые задачи, наблюдаемые локально различными агентами, найти оптимальное распределение старых и новых задач среди агентов.

Расширение проблемы переназначения заключается в рассмотрении динамической проблемы, в которой существует вероятностная модель для будущих поступлений задач. Также в качестве предопределения можно использовать реоптимизацию уже имеющегося, наследованного назначения.

При использовании наследования результатов решения предшествующих задач существенно снижается время получения очередного решения. Для этого элементарная транспортная задача решается методом потенциалов, что позволяет решать задачи с ограничениями на пропускную способность коммуникаций. Позже используется наследование и его реоптимизация.

В четвертой главе построена сетевая модель, в которой отображаются переменные состояния:

- переходы старта и финиша;
- интервал доступности/недоступности ресурса;
- простой ресурса;
- интервал работы элемента синхронизации;
- старт и финиш процесса синхронизации.

Приведен алгоритм оптимизации размещения объектов на складе с использованием системы агентов. С помощью графиков отображена эффективность использования системы агентов. На графиках представлено среднее время решения транспортных задач венгерским методом и методом потенциалов. Результаты эксперимента решения задачи размещения системой  $k$  агентов подтверждает ожидаемое преимущество реоптимизации перед прямолинейным пересчетом.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В ходе работы над диссертацией проведен анализ проблематики систем управления потоками работ, проведен обзор основных алгоритмов решения задач назначения, рассмотрены сетевая модель и динамическое назначение. Описан и реализован алгоритм быстрой оценки интервалов устойчивости решения открытых и закрытых задач о назначении, использующий принцип реоптимизации решения после инверсии состояния дуг графа оптимального паросочетания.

Проведенная оценка устойчивости текущего оптимального паросочетания к изменениям параметров задачи о назначении позволяет усилить логические условия отказа от итераций пересмотра решения при несущественных изменениях параметров внешней среды. В результате вычислительная сложность ре-

оптимизации решений задач линейно зависит от количества измененных кортежей отношения работ и исполнителей.

Полученные результаты позволят повысить эффективность работы мультиагентных систем, ускорят реакцию агентов на изменения окружающей среды, что было продемонстрировано на примере склада металлургического предприятия. Эффект решения задачи с использованием системы агентов достигает 14%. На практике результаты могут использоваться во множественных сферах, таких как организация работы складов, управления беспилотными агентными системами, координация работ на строительных объектах и др., что показывает высокую ценность и актуальность исследования.

### **СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ АВТОРА**

1. Ревотюк, М.П. Оценка устойчивости кратчайших путей на динамически определяемых графах / М. П. Ревотюк, А. В. Бебех, Н. В. Хаджинова // ITS. – 2021 – №1(238), – С. 222-223.