

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

УДК 681.3.06:62-507

Гибулина
Екатерина Михайловна

Распознавание проблемных ситуаций
в системах координации взаимодействующих агентов

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

В последнее время практика создания систем автоматизированных мобильных роботов порождает актуальную задачу координации их взаимодействия и обнаружения проблемных ситуаций, отображающих необходимость пересчета оптимального решения.

В большинстве реальных задач координации систем агентов нет необходимости в пересчете существующего оптимального решения при некотором допустимом уровне изменения пространства альтернатив поиска назначения. Следует учитывать, что при реализации распределения задач требуется динамическая модель процесса обслуживания, позволяющая прогнозировать события. Отсюда возникает возможность дораспределения появившихся задач на свободных агентов при сохранении текущего решения.

Активное распространение автономных агентных систем, а также реальные возможности глобальных систем связи по получению актуальной информации о состоянии объектов управления, порождают вопросы выбора методов оптимизации, представления структуры модели, обеспечения корректной реакции системы на возмущения. Решение таких вопросов должно проводиться с учетом сложившейся инфраструктуры и стандартов построения открытых систем, используемых для реализации систем агентов. В свою очередь, задачи согласования протоколов взаимодействия агентов, представления и слияния планов их деятельности, могут рассматриваться в терминах распределения задач между агентами соответствующего уровня абстрагирования.

Таким образом, тема исследования методов перераспределения задач, позволяющих учесть наиболее актуальную информацию о состоянии и организовать инкрементальные процедуры поиска управления на основе оценки возмущения состояния, является актуальной.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Цель и задачи исследования. Целью работы является анализ и реализация моделей и алгоритмов выявления проблемных ситуаций в процессе реализации предварительно подготовленных планов.

Для достижения указанной цели необходимо решить следующие задачи:

– исследовать алгоритмы поиска оптимального решения для задач назначения;

– исследовать методы оценки устойчивости решения задач об

оптимальном назначении координируемых агентов;

- рассмотреть методы самоорганизации процедур оптимизации управления на сетевых моделях с накоплением информации;
- реализовать модель контроля проблемных ситуаций;
- рассмотреть алгоритмы прогнозирования контролируемых ситуаций.

Научная новизна и значимость полученных результатов.

– реализована модель и алгоритм поиска оптимального паросочетания агентов и решаемых ими задач на основе метода кратчайшего пополняющего пути, отличающихся от широко распространенных моделей использованием рекуррентных схем реоптимизации решений, что обеспечивает линейную зависимость времени реакции системы на внешние события;

– реализован алгоритм оценки устойчивости решения линейных задач о назначении и задачи коммивояжера, использующий принцип реоптимизации решения после инверсии состояния дуг графа оптимального паросочетания, что позволяет снизить вычислительную сложность таких алгоритмов;

– рассмотрен алгоритм реоптимизации решения транспортных подзадач методом потенциалов с контролем бесперспективности варианта в комбинаторных задачах оптимизации размещения по схеме кооперации ресурсов вычислительной среды, позволяющий наряду с учетом неоднородных ограничений улучшить динамические характеристики процесса поиска решений в реальном времени.

Основные положения диссертации, выносимые на защиту.

– уточненные модели координации систем взаимодействующих агентов и алгоритмы реоптимизации решений линейных задач о назначении методом кратчайшего пополняющего пути;

– алгоритмы оценки устойчивости решения задач о назначении и задач коммивояжера для фильтрации возмущения параметров целевой функции и ограничений.

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, общей характеристики, четырех глав, заключения, библиографического списка и приложений. Работа изложена на 70 страницах машинного текста, а том числе основная часть на 59 страницах и содержит:

- 17 рисунков;
- 1 таблицу;

- список использованных источников, включающий 43 наименования и размещенный на 4 страницах
- список одной публикации автора на 1 странице;
- два приложения объемом 7 страниц.

КРАТНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении приведена краткая оценка современного состояния проблемы управления и координации взаимодействия распределенных процессов в системах агентов, указаны основные исходные предпосылки для разработки темы, обоснована необходимость проведения исследования.

В первой главе проведен анализ состояния проблемы, рассмотрены задачи контроля проблемных ситуаций. Приведены классификации, которые широко используются и обеспечивают общую терминологию для описания проблем распределения множества различных агентов. Классификация *MRTA* приведена на рисунке 1, классификация *iTax* на рисунке 2.

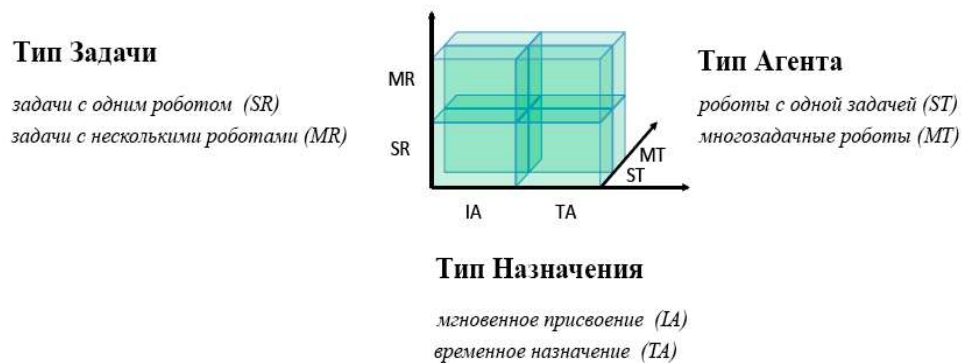


Рисунок 1 – Визуальное представление трех осей классификации *MRTA*

В данной классификации первая ось – тип агента. Она включает в себя роботов с одной задачей (*single-task robots (ST)*) и многозадачных роботов (*multi-task robots (MT)*). Здесь различают проблемы, при которых каждый робот может выполнять только одну задачу, и проблемы, при которых робот может одновременно выполнять несколько задач соответственно.

Вторая ось – тип задачи. Данная ось включает задачи, для выполнения которых требуется один робот (*single-robot tasks (SR)*) и задачи, для выполнения которых нужны несколько роботов (*multirobot tasks (MR)*). Задачи с одним роботом, в отличие от задач с несколькими роботами, различают

проблемы, в которых для каждой конкретной задачи требуется ровно один робот для ее достижения. Проблемы, при которых некоторым задачам может потребоваться несколько роботов возникают в задачах с несколькими роботами соответственно.

Третья ось – тип назначения. Она включает мгновенное присвоение (*instantaneous assignment (IA)*) и временное назначение (*time-extended assignment (TA)*) и различает проблемы, связанные с мгновенным распределением задач с роботами без планирования будущих распределений и проблем, связанных как с текущими, так и будущими распределениями.

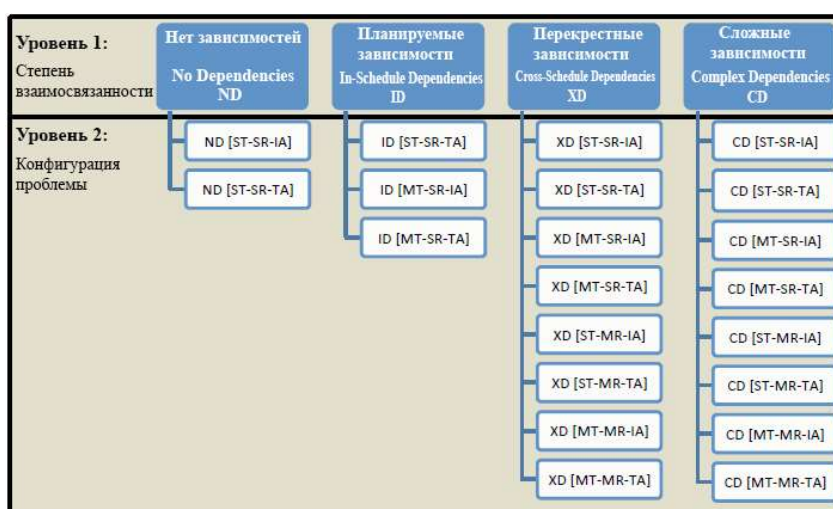


Рисунок 2 – *iTax*: двухуровневая классификация распределения задач

Данная классификация основана на классификации *MRTA* и разбита на два уровня: первый показывает степень взаимосвязи агентов, второй – какие задачи классификации *MRTA* относятся к конкретной степени взаимосвязи.

Во второй главе рассматривались модели выявления проблемных ситуаций. Рассмотрены следующие основные методы решения задач назначения:

- метод мака;
- венгерский метод;
- аукционный метод;
- метод потенциалов.

Также были рассмотрены модели линейного программирования имеющие сетевую структуру. Сетевые оптимизационные модели, обычно являющиеся частными случаями моделей линейного программирования, важны в двух отношениях. Часто они относятся к задачам распределения продукции. Следовательно, модели этого класса имеют экономический смысл

для многих промышленных фирм, располагающих несколькими предприятиями и хранящих запасы продукции на складах, размещенных в различных пунктах. Кроме того, математическая структура сетей идентична структуре других операционных моделей, на первый взгляд не имеющих с ними ничего общего. В рамках анализа сетевых моделей были рассмотрены:

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

В третьей главе рассмотрены алгоритмы контроля проблемных ситуаций. Приведен более детальный анализ метода кратчайшего пополняющего пути, приведено общее описание модели, представлен алгоритм отыскания кратчайшего пути. Более детально рассмотрено определение интервалов устойчивости назначения, приведен алгоритм, рассмотрена устойчивость задачи коммивояжера.

Также была рассмотрена проблема разделения между отдельными агентами в мультиагентной системе в ответ на обнаружение новых задач или потенциальных сбоев. Предполагалось, что информация о новых целях или сбоях получена отдельными агентами и передается асинхронно с задержками остальным агентам в системе. Эти задержки создают потенциальные различия в информации системы агентов. Был рассмотрен асинхронный подход к координации реакции системы, когда отдельные агенты вычисляют изменения в назначениях на основе локальной информации. Асинхронные алгоритмы сходятся к тем же оптимальным назначениям при наличии произвольных конечных задержек связи, что и централизованный информационный подход.

В четвертой главе рассмотрены вопросы построения и реализации контура управления на основе модельных архитектур. Основа таких структур – рекуррентные варианты расширенных временных сетей Петри, переходы которых определяются шаблонами полиморфных классов.

Показано, что основа представления перехода рекуррентных сетей – набор функций с общей областью определения переменных состояния:

- условия активизации перехода;
- действия при активизации перехода;
- длительность активной фазы;
- действие перехода при выходе из активного состояния;
- действия над переходом при внешнем прерывании.

На примере построения систем размещения объектов на складе с учетом технологических и временных ограничений показана схема построения

рекуррентных сетей. На примере этого же склада была продемонстрирована эффективность решения и реализации динамически поступающих задач с использованием системы агентов в сравнении с классическими методами решения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведен анализ проблематики темы, обзор основных алгоритмов решения задач назначения, рассмотрена 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, что, по результатам моделирования, снизило вычислительную сложность таких алгоритмов и обеспечило грубость системы управления к внешним структурно-параметрическим возмущениям и, как следствие, ускорило процесс реакции системы мобильных агентов на внешние изменения среды.

Таким образом, 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 реоптимизации решений задач линейно зависит от количества измененных кортежей отношения работ и исполнителей.

Полученные результаты позволят повысить эффективность работы мультиагентных систем, а конкретно, ускорят реакцию агентов на изменения окружающей среды, что было продемонстрировано на примере склада металлургического предприятия. 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 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.