



Акционерное общество "Научно-исследовательский институт
"Центрпрограммсистем" (АО НИИ ЦПС)

А.А. Непряев

МЕТОДЫ И АЛГОРИТМЫ КОГНИТИВНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ РЕСУРСАМИ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОЙ РАДИОЛОКАЦИОННОЙ СТАНЦИИ

Монография

Новосибирск
2022

УДК 621.396.967

ББК: 32.95

Н53

Рецензенты:

Виноградов Г.П., заведующий лабораторией АО НИИ «Центрпрограммсистем», доктор технических наук, профессор;

Скворцов А.В., заведующий отделом АО НИИ «Центрпрограммсистем», кандидат технических наук.

Автор:

Непряев Александр Александрович – магистр радиофизики, главный специалист отдела конструирования аппаратуры и разработки устройств и комплексов цифровой обработки, АО НИИ «Центрпрограммсистем» (Россия, г. Тверь).

Н53 «Методы и алгоритмы когнитивной системы управления ресурсами многофункциональной радиолокационной станции»: – Монография; Новосибирск: Изд. ООО «СибАК», 2022. – 100 с.

ISBN 978-5-6048130-4-1

Монография посвящена созданию когнитивной системы управления ресурсами многофункциональной многоканальной радиолокационной станции с активной фазированной антенной решеткой. Проведен анализ существующих подходов, методов и технологий управления ресурсами радара. Предложено на основании принципа целенаправленного поведения расширить количество признаков, классифицирующих когнитивные организационно технические системы.

Описана архитектура когнитивной системы управления на основе радарного планировщика, обеспечивающего оптимальное распределение конечных ресурсов радара, таких как временные, энергетические и вычислительные. Система управления, основана на принципе целенаправленного поведения позволяет включить многочисленные петли обратной связи, обеспечивающие проявление познания. Показана структура и результаты моделирования алгоритмов: приоритизации радиолокационных целей, направлений и секторов обзора, анализа и прогноза уровня загруженности вычислительных и энергетических ресурсов.

ББК: 32.95

ISBN 978-5-6048130-4-1

© Непряев А.А., 2022 г.

© ООО «СибАК», 2022 г.

СОДЕРЖАНИЕ:

Введение	7
Обоснование актуальности исследования.....	9
Глава 1. Исследование и анализ существующих подходов, методов и технологий управления ресурсами МРЛС.....	11
1.1. Анализ состояния дел в исследуемой предметной области.....	11
1.2. Виды ресурсов и проблема их адаптивного управления...	13
1.3. Анализ методов и алгоритмов распределения ресурсов МРЛС.....	14
1.3.1. Неадаптивные алгоритмы.....	15
1.3.2. Алгоритмы искусственного интеллекта.....	15
1.3.3. Динамическое программирование.....	16
1.3.4. Ресурсные алгоритмы.....	16
1.3.5. Эталонные алгоритмы.....	18
1.3.6. Алгоритмы Q-RAM.....	18
1.3.7. Нейросетевые алгоритмы.....	19
1.3.8. Алгоритмы экспертных систем.....	20
1.3.9. Алгоритмы нечеткой логики.....	21
1.3.10. Алгоритмы информационной энтропии.....	22
1.4. Когнитивный радар.....	24
1.4.1. Цикл обработки когнитивных сигналов.....	26

1.4.2. Потенциальные эксплуатационные преимущества....	27
1.4.3. Функции оператора МРЛС.....	28
1.4.5. Анализ МРЛС как объекта управления.....	29
1.4.6. Математическая постановка задачи исследования....	30
Выводы по главе.....	33
Глава 2. Методика построения когнитивной системы управления МРЛС.....	36
2.1. Когнитивная система управления МРЛС, основанная на принципе целенаправленного поведения.....	36
2.2. Основные определения и постановка задачи.....	36
2.3. Метакогнитивный подход.....	37
2.4. Эндогенно формируемая цель.....	38
2.5. Целенаправленное поведение.....	38
2.6. Классификация функций когнитивного радара.....	39
2.7. Реальное время и вычислительные ресурсы.....	42
2.8. Архитектура когнитивной системы управления МРЛС	42
2.8.1. Архитектура системы управления.....	43
2.9. Модифицированный алгоритм радарного планировщика Ормана.....	45
2.9.1. Планировщик Ормана.....	46
2.9.2. Модифицированная модель планировщика Ормана...	46
2.10. Конвейер временных дискрет.....	48

2.10.1. Планирование заданий радара.....	48
2.11. Суть предложенного метода контроля ресурсов радара.....	49
2.12. Упрощенная верификационная модель.....	51
Выводы по главе.....	52
Глава 3. Разработка алгоритмов моделей управления ресурсами когнитивной системы управления МРЛС.....	54
3.1. Модель динамического формирования приоритетов радиолокационных целей с помощью методов нечеткой логики.....	54
3.1.1. Контроллер нечеткой логики расчета приоритетов целей.....	57
3.2. Модель динамического формирования приоритетов направлений обзора с помощью методов нечеткой логики	61
3.2.1. Контроллер нечеткой логики расчета приоритетов направлений обзора.....	62
3.2.2. Принцип разбиения зон обзора на сектора.....	65
3.3. Модель анализа и прогноза загруженности вычислительных ресурсов МРЛС.....	66
3.3.1. Тракт обработки радиолокационной информации.....	66
3.3.2. Модель тракта обработки радиолокационной информации.....	68
3.4. Модель анализа и прогноза загруженности энергетических ресурсов МРЛС.....	70
3.4.1. Термическая модель ППМ АФАР.....	71
3.5. База знаний моделей.....	72

Выводы по главе.....	73
Глава 4. Экспериментальные исследования разработанных алгоритмов когнитивной системы управления МРЛС.....	74
4.1. Результаты моделирования модели приоритизатора радиолокационных целей.....	74
4.2. Результаты моделирования модели приоритизатора секторов и направлений обзора.....	76
4.3. Результаты моделирования модели анализа и прогноза загрузки энергетических и вычислительных ресурсов.....	79
4.4. Анализ результатов экспериментального исследования...	83
4.4.1. Распределение радарного времени между обзором и сопровождением.....	83
Выводы по главе.....	86
Литература	88

ВВЕДЕНИЕ

Современные технологические изменения в облике современных многофункциональных радиолокационных станций (МРЛС), касающиеся применения активных фазированных (цифровых) антенных решеток, позволяют управлять положением, количеством и формой лучей диаграммы направленности антенны фактически мгновенно. Данное новое свойство пространственно-временной гибкости создает условия для выполнения множества возложенных на МРЛС задач, таких как поиск, обнаружение, сопровождение, наведение одновременно, при этом каждая из задач требует индивидуального подхода к параметрам обзора пространства. Сложность удовлетворения потребностей каждого из выполняемых одновременно процессов радиолокационного обеспечения диктует необходимость исследования и разработки технологии управления ресурсами МРЛС с точки зрения, как приоритетности планирования направлений обзора, так и выбора, и оптимизации параметров МРЛС в контексте выполняемой задачи. Управление ресурсами особенно важно в ситуациях перегрузки пропускной способности, когда необходимо принимать решения, какие задачи и по каким целям выполнять в установленных временных ограничениях, а какие могут быть поставлены в очередь либо сброшены. Типичный перечень задач ассоциируется каждой выполняемой функцией МРЛС. Все функции и функциональные задачи координируются системой управления ресурсами, которая отвечает за достижение оптимального результата, определяемого в соответствии с некоторым показателем, путем распределения (перераспределения) располагаемых времени, энергии и вычислительных ресурсов.

В настоящее время в качестве информационных средств в современных и перспективных системах для обнаружения воздушных, морских и наземных объектов предпочтение отдается МРЛС с активными фазированными антенными решетками (АФАР), которые должны обладать:

- пространственно-временной гибкостью в зависимости от решаемых задач;
- адаптивностью к неопределенности динамично изменяющихся внешних условий применения;
- высокой эффективностью с точки зрения обзора пространства;
- возможностью эффективно использовать временные, энергетические и вычислительные ресурсы.
- признаком когнитивности, являющегося способностью к прогнозу, адаптации и прогнозированию событий.

С целью реализации потенциальных возможностей, предоставляемых технологией МРЛС с АФАР необходимо оптимизировать процесс управления распределением и перераспределением энергетических, временных и вычислительных ресурсов.

При ведении разведывательно-информационных действий МРЛС функционирует в условиях, для которых характерны высокая скорость изменения внешней обстановки, большой объем разнородной информации, подлежащей обработке в режиме реального времени, формируемой функциональными подсистемами и поступающей из внешней среды. Отсюда вытекает важнейшая проблема повышения эффективности поддержки принятия решений при автоматическом управлении процессом распределения ресурсов.

Поддержка принятия решений в условиях неопределенности и ресурсных ограничений предназначена для повышения эффективности управленческих воздействий и качества принимаемых решений, которые зависят от используемых моделей, методов, объема и качества данных и знаний.

В ситуации динамично изменяющихся внешних условий к архитектуре и моделям управления ресурсами предъявляются требования адаптивности и способности быстрого реагирования путем оптимального конфигурирования элементов системы, распределения и перераспределения ограниченных ресурсов, необходимых для функционирования элементов, для достижения определенных целей. Необходимость оптимального распределения ресурсов определяется их ограниченностью. Ограниченность ресурсов требует их использования (соответственно распределения) с учетом критерия оптимальности – качества распределения ресурсов.

Организация эффективного совместного использования ресурсов МРЛС несколькими задачами является весьма сложной, и сложность эта порождается в основном случайным характером возникновения запросов на потребление ресурсов. В многофункциональной системе образуются очереди заявок от одновременно выполняемых задач к разделяемым ограниченными ресурсам системы.

Исследование и разработка моделей, методов и алгоритмов принятия решений для оптимального распределения ограниченных ресурсов МРЛС в научном и прикладном смыслах являются весьма актуальными и вызывают повышенный теоретический и практический интерес.

Применение методов управления на основе искусственного интеллекта дает принципиальную возможность по-новому формулировать задачи и учитывать слабо формализуемую информацию, что позволяет строить модели, точнее отражающие свойства и взаимосвязи

технологической аппаратуры МРЛС. Это способствует повышению качества принимаемых решений за счет адекватности используемых моделей и оперативности реагирования на любые неопределенности и изменения внешней среды. В частности, данные методы позволяют учитывать уникальные свойства, присущие ресурсам одного вида, не усложняя при этом модель. Тем самым повышается адекватность самой модели и появляется возможность получать допустимые планы распределения ресурсов в условиях множества критериев для обеспечения лица, принимающего решения, необходимой достоверной и обоснованной информацией.

Однако даже в таких условиях интеллектуальные возможности оператора могут войти в противоречие с объемом информации, которую необходимо осмыслить и переработать в ходе процесса управления. Вследствие этого возрастает опасность срыва управления. Поэтому процесс управления распределением ресурсов в сценариях функционирования МРЛС как системы реального времени должен осуществляться автоматически.

Обоснование актуальности исследования

В данной области проводился ряд научных исследований, однако их анализ показывает, что научно-методический аппарат, представленный в них, не учитывает ряд факторов, среди которых следует отметить следующие:

1. Отсутствие точной систематической онтологии, позволяющей классифицировать весь спектр радиолокационных систем, включая неадаптивные, адаптивные и когнитивные. В следствии чего в научном сообществе до сих пор нет точного определения того, что отличает адаптивную радиолокационную систему от когнитивной;

2. В рамках существующих подходов к созданию архитектур систем управления МРЛС, в составе отсутствуют компоненты, осуществляющие контроль внутреннего состояния за счет анализа и прогноза уровня загрузки вычислительных и энергетических ресурсов.

3. Существующие радарные планировщиков основанные на алгоритме баланса времени и приоритетах задач при планировании не учитывают уровень загрузки вычислительных и энергетических ресурсов и не могут обеспечить чередование циклов излучение-прием у заданий на зондирование пространства.

4. В работах, посвященных вопросу приоритизации заданий на обзор, предлагается, что сектора обзора должны иметь заранее заданный фиксированный приоритет. Таким образом отсутствуют алгоритмы адаптивной динамической приоритизации для оценки относительной

важности секторов обзора, что при условии быстро меняющейся помехо-целевой обстановки ведет к не эффективному использованию имеющихся ресурсов МРЛС.

5. В отношении определения приоритетов радиолокационных целей в ряде работ, предполагается, что все задачи сопровождения имеют либо одинаковый приоритет, либо фиксированы в рамках конкретных функций радара и не учитывают качество сопровождения и уровень угрозы цели.

Кроме перечисленных аспектов, актуальность работы также определяется следующим. Во-первых, острой потребностью в МРЛС, соответствующих современному уровню возлагаемых на них задач. Во-вторых, развитием аппаратных средств вычислительных систем до уровня, позволяющего эффективно решать задачи данного класса. В-третьих, реальной возможностью обобщения и адаптации разрабатываемых методов и средств на управление другими сложными техническими объектами и автоматизированными системами.

Непряев Александр Александрович

Монография

**МЕТОДЫ И АЛГОРИТМЫ КОГНИТИВНОЙ
СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ РЕСУРСАМИ
МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОЙ
РАДИОЛОКАЦИОННОЙ СТАНЦИИ**

Подписано в печать 31.05.22. Формат бумаги 60x84/16.
Бумага офсет №1. Гарнитура Times. Печать цифровая.
Усл. печ. л. 6,25. Тираж 550 экз.

Издательство ООО «СибАК»
630049, г. Новосибирск, Красный проспект, 165, оф. 4.
E-mail: mail@sibac.info

Отпечатано в полном соответствии с качеством предоставленного
оригинал-макета в типографии «Allprint»
630004, г. Новосибирск, Вокзальная магистраль, 3.

16+