

4. Патент 2185279 (РФ). Устройство позиционно-траекторного управления мобильным роботом / Пшихопов В.Х. Оpubл. в Б.И., 2002, №20.
5. Пшихопов В.Х. Аналитический синтез синергетических регуляторов для позиционно-траекторных систем управления мобильными роботами // Сб. трудов научно-техн. конф. «Экстремальная робототехника». Под научной ред. проф. Е.И. Юревича. СПб. 2001. С.59-68.
6. Пшихопов В.Х., Медведев М.Ю., Бекишев А.В. Структурный синтез динамических регуляторов для позиционно-траекторных систем управления адаптивными мобильными роботами на базе дирижаблей// Сб. трудов 12-й научно-техн. конф. «Экстремальная робототехника». Под научной ред. проф. Е.И. Юревича. СПб. 2002. С.45-54.
7. Pshikhov V.Kh., Sirotenko M.J. Autonomous mobile robot control systems with neural network motion planners design // Proc. of the VIII Int. Conf. on Systems, Automatic Control and Measurements. Belgrad. Serbia and Montenegro. 2004. P.238-241.

УДК 629.7:004.8:007.5

Д.В. Сухомлинов

Научно-производственное объединение «Мобильные Информационные Системы»

О ПРИМЕНЕНИИ МЕТОДОВ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ И УПРАВЛЕНИЯ В СИСТЕМАХ ПЛАНИРОВАНИЯ ПРИМЕНЕНИЯ И ПОДГОТОВКИ ПОЛЕТНЫХ ДАННЫХ

Современное интеллектуальное оружие – это управляемые на траектории ракеты, бомбы, торпеды и др., единым процессом функционально объединенные с системами информационного обеспечения, управления и связи, способные избирательно и эффективно при первом пуске с вероятностью близкой к единице поражать цели во всем диапазоне условий боевого применения.

В целях эффективного решения задач, преодоления противодействия противника такое оружие оснащается комплексными системами навигации и наведения, обнаружения радиолокационного облучения и преодоления ПВО. Для выбора оптимальных вариантов полета и целераспределения бортовые системы управления (БСУ) нового оружия и автоматизированные системы (АС) планирования его применения строятся на основе интеллектуальных методов обработки информации и управления.

Описывая полет ракет с подобными средствами, необходимо выделять характерные режимы, для выполнения которых разрабатывать знания, алгоритмы выполнения маневра выхода на линию пути, перестроений, группового полета, коррекции местоположения, выдерживания требуемого графика с выполнением маневра против обнаружения РЛС, целераспределения и наведения ПВО, а также выбора наиболее важных объектов для поражения.

Возможные параметры для всех ситуаций полета (координаты местонахождения, T , φ , t , H , dH , V , dV , α° , γ° , курс, углы разворота, курсовые углы на РЛС, частоты, режимы работы, дистанции, интервалы, важность целей, приоритеты поражения и ограничения на управление и полет, данные по обстановке и т.д.) не могут быть удовлетворительно определены или описаны математически, ввиду чрезвычайной сложности их прогнозирования. Совместная работа элементов всей системы возможна при условии, что ИО, формирование заданий и последующее управление после пуска будут осуществляться с помощью интеллектуальных методов. То есть при создании современного оружия и средств его подготовки должны быть учтены современные тенденции в проектировании сложных программно-

инструментальных комплексов различного типа и назначения, связанные с использованием объектно-ориентированного подхода в совокупности с принципом модульности. Они сводятся к представлению моделируемых объектов, систем, явлений, процессов и т.д. в виде так называемых «классов», наследуемых от соответствующих «классов-прототипов».

Основой построения интеллектуальной системы управления являются [2]:

- ◆ лингвистическое описание процессов на качественном уровне представления,
- ◆ приближенные математические модели (с неточной структурой и параметрами),
- ◆ множество эмпирических нечетких правил поведения различных элементов системы и внешних (объектов ПВО, целей и др.).

С их помощью создаются задания на полет. Структурообразующей основой заданий перспективного оружия является объектно-ориентированное представление моделируемых объектов, систем, явлений, процессов и т. д. в виде «объектов сцены», содержащей иерархии классов. Общие для всех однотипных объектов программные свойства и методы сводятся в класс-прототип, а в классах-наследниках реализуются свойства, специфичные только для данного конкретного объекта.

Структуру и состав заданий оружия образуют: базы алгоритмов (БАЛ), базы знаний (БЗН), базы данных (БД) и программные комплексы выбора или доступа к БАЛ, БЗН, БД, создаваемые на основе иерархии классов, выделяемых при моделировании объектов сцены, программно-аппаратных средств БСУ, измерительно-информационного и другого оборудования ракет. Структура заданий формируется из классов-прототипов, в которые входят классы-наследники, которые позволят разрабатывать алгоритмы с помощью различных комплексов средств автоматизации планирования и подготовки заданий.

Основная часть создаваемых алгоритмов образует основную БАЛ и включается в состав заданий, которые, в целом, представляют собой взаимосвязанный пакет программных комплексов, БАЛ, БЗН и БД по всем проработанным ситуациям полета. БАЛ и БЗН – основные развивающиеся элементы заданий, создание которых требует многократного моделирования, экспертных, статистических оценок по динамически изменяющимся исходным данным.

Таким образом, при разработке заданий должны быть использованы интеллектуальные методы обработки информации, экспертные системы (ЭС) для создания БАЛ и БЗН, моделирования по возможным ситуациям и формирования БАЛ для выбора вариантов продолжения полета, наработки алгоритмов уклонения от наведения, применения средств РЭБ, уточнения целераспределения с использованием лингвистических переменных, нечетких множеств, нечеткой логики, частных нечетких алгоритмов и нечетких регуляторов [1, 2].

В сложном многоступенчатом процессе формирования заданий интеллектуального оружия:

- ◆ создаются объекты сцены, структуры «классов-прототипов», «классов-наследников», выявляются их взаимосвязи и взаимовлияния;
- ◆ ведутся экспертные разработки различных ситуаций в полете с участием квалифицированных экспертов;
- ◆ оцениваются варианты продолжения полета в типовых ситуациях с помощью программных и расчетных средств решения корреляционных, информационно-расчетных задач с использованием всей имеющейся информации и т.д.;

- ♦ разрабатываются алгоритмы, знания и формируются БАЛ, БЗН, БД, блоки логического вывода (БЛВ).

В результате, формируются задания оружия по смоделированным ситуациям полета как «агломерат» программных комплексов, БЗН, БАЛ, БД и БЛВ. Поэтому заданием становится не жесткий программно-временной график полета, а полетные данные, как ситуационные (вероятностные) программно-временные планы, содержащие БЗН, БАЛ, БД и БЛВ. Задания такого вида позволяют применять на борту и управлять средствами очувствления обстановки, вырабатывать оптимальные варианты продолжения полета и адекватные управляющие действия для продолжения полета и поражения важных целей.

Для создания комплексов планирования применения современного оружия и подготовки заданий необходимо формирование и развитие ЭС, систем моделирования, анализа и оценки условий выполнения боевых задач и полета ракет.

К информации, необходимой в заданиях, относятся:

- 1) элементы плана нанесения ударов: цели, их важность, приоритеты поражения, правила уточнения целераспределения, время действий, последовательность ударов, огневые и другие задачи;
- 2) выводы из оценки противника в виде потенциалов ПВО с дифференцированными оценками достоверности и актуальности данных;
- 3) элементы планов воздушной, космической связи и навигационного обеспечения.

Большая часть подобной информации является недетерминированной (нормативы, порядок принятия решений и целераспределения и др.). Ее использование возможно с использованием методов экспертного, корреляционного, математического анализа и оценки достоверности, СПО для разработки «карт потенциалов» противодействия противника и программных средств решения комплекса оперативно-тактических и информационно-расчетных задач, позволяющих формировать информационные кадры указанных оперативно-тактических факторов и создания достаточно точной картины угроз и характера функционирования ПВО на заданный период времени. В комплексы планирования применения и подготовки заданий включаются информационно-расчетные задачи (ИРЗ) по определению оптимальных направлений применения оружия с учетом потенциалов ПВО, применения средств борьбы, обеспечивающих пролет зон поражения максимальным числом ракет.

Идеология построения прототипа универсального комплекса моделирования БСУ КР нового поколения (общий вид на рис. 1).

Наличие подобных механизмов позволяет объединить общие для всех однотипных объектов программные свойства и методы в класс-прототип, а в классе-наследнике реализовывать только специфичные для данных конкретных объектов. Предложенные принцип построения интеллектуальной БСУ и способ ее представления в виде иерархии специализированных классов определил структуру и состав программно-аппаратного макета.

В программном комплексе должны быть предусмотрены основные иерархии классов, наблюдаемых при моделировании объектов сцены, программных и аппаратных средств систем управления, измерительно-информационного и другого оборудования и элементов заданий (см. макет заданий). Подготовка заданий будет производиться путем пошагового выбора и описания последовательности требуемых действий с использованием специализированного редактора, совмещенного с топографической картой. Формирование последовательности осуществляется из числа допустимых элементов, соответствующих списку зарегистрированных клас-

сов заданий. Каждый элемент заданий характеризуется набором задаваемых параметров и отображается на карте.



Рис.1. Структура интеллектуальной бортовой системы управления

Интеллектуальная БСУ ракеты должна обеспечивать возможность работы с формами представления и технологиями обработки знаний. Для управления КР как сложным динамическим объектом, совершающим полет в условиях неопределенности, применена технология нечеткой логики, позволяющая описывать неточные категории, представления и знания, оперировать ими и делать соответствующие заключения и выводы. На рис. 2 показана обобщенная структура алгоритма нечеткого логического вывода, основанного на логико-лингвистической модели



Рис.2. Структура нечетких вычислений при решении задач управления

Для представления сценариев целесообразных действий и планирования поведения ВТО применена технология обработки фреймообразных структур

Синтез алгоритмов управления сложными объектами на базе методов нечеткой логики осуществляется следующим образом. Модель объекта управления строится в виде логико-лингвистического описания взаимосвязей входных управляющих воздействий и выходных координат состояния. Для каждого из входных и выходных параметров устанавливается собственная лингвистическая переменная. В свою очередь, значения лингвистических переменных определяют разбиение области допустимых изменений входных и выходных параметров на пересекающиеся нечеткие множества, соответствие которым задается функциями принадлежности. Нечеткий алгоритм формирования управляющих воздействий с учетом заданной цели управления синтезируются по принципу обращения логико-лингвистического описания причинно-следственных связей в модели управляемого объекта. Подобный подход позволяет с единых методологических позиций сформировать и исследовать модель объекта и алгоритм нечеткого управления.

Один из наиболее эффективных способов построения моделей решения сложных поведенческих задач, планов проведения операций и выполнения последовательности целесообразных необходимых действий основан на описании сценариев, представления знаний о событиях, действиях и процедурах с использованием фреймообразных структур. В общем случае во фреймах отражаются такие понятия, как действующий объект и участники сценария, цели и мотивы действий, время, место, средства реализации сценария, формируемые послышки и возникающие следствия, побочные действия и т.д. [2] Использование фреймов обеспечит иерархическую организацию обобщенных сценариев последовательности целесообразных действий при решении задач и в рамках единой структуры обеспечат одновременное сочетание модели представления знаний и механизмов их обработки.

Организацию фреймообразных структур как модели представления знаний, обладающей встроенным механизмом обработки, для описания типовых сценариев целесообразных действий ВТО, оснащенных интеллектуальной БСУ определяют ключевые принципы [2]:

- 1) БЗН должна объединять совокупность «фреймов-понятий» и «фреймов-примеров». Фреймы-понятия должны определять основные понятия, категории, отношения, закономерности и правила, которыми описывается предметная область задач управления поведением перспективных образцов КР. Фреймы-примеры, структурно повторяя фреймы-понятия, как свои прототипы, характеризуют текущее состояние объекта управления и процесса его функционирования.
- 2) имена и значения слотов в составе фрейма, могут соответствовать множеству таких понятий, как действующий объект и участники сценария, цели и мотивы их действий, время, место, средства и порядок реализации сценария, возникающие следствия, побочные явления и т.д.
- 3) различие фреймов-описаний, характеризующих внутреннюю структуру и параметры тех или иных объектов, и ролевых фреймов, отражающих специфику описываемых в них сценариев поведения и действий.
- 4) в составе ролевых фреймов должны быть слоты, определяющие прямой или обратный порядок выполнения соответствующего сценария и следствия, которыми завершается выполнение соответствующего сценария.

Фреймообразные структуры являются средством формирования макрокоманд, использование которых может существенно повысить уровень автоматизации систем подготовки заданий.

Особенностью нечетких моделей управления является то, что соответствующие преобразования между входными и выходными параметрами относятся к классу нелинейных и могут быть представлены в виде гиперповерхности в многомерном пространстве переменных. Такая форма представления может быть использована для реализации нечетких алгоритмов управления на базе технологии ассоциативной памяти. Основные преимущества, получаемые при переходе к данной технологии, связаны с простотой программного и аппаратного воплощения ассоциативной памяти, быстроедействие которой в том и в другом случае будет определяться временем обращения к отдельной ячейке и иметь высокие показатели, что крайне важно при разработке интеллектуальных БСУ перспективных ВТО.

Задачи, связанные с распознаванием боевой обстановки, формированием варианта целесообразного продолжения полета по маршруту и преодоления ПВО противника, синтезом исполнительных команд, удовлетворяющих заданным показателям качества и т.д., предполагают многоуровневую организацию системы управления с развитыми интеллектуальными возможностями. Структура интеллектуальной БСУ должна соответствовать иерархическому принципу построения и включать «стратегический», «тактический» и исполнительный уровни, а также комплекс необходимых измерительно-информационных средств.

Стратегическому уровню отвечает интеллектуальная система, которая, анализируя текущую стадию выполнения заданий, совокупность командной и сенсорной информации (поступающей по каналам связи и от бортового комплекса информационно-измерительных средств), обеспечивает решение навигационных задач с вычислением требуемого направления, скорости, и других параметров полета, выполнения необходимых маневров и т.д., а также выдачу команд по управлению комплексом бортовой аппаратуры исходя из особенностей сложившейся ситуации. Реализация подобных функций по планированию целесообразных действий и поведения КР с учетом текущих неопределенностей обеспечивается на основе технологии фреймообразных структур.

Тактическому уровню соответствует интеллектуальная система управления полетом, обеспечивающая отработку поступающих команд на реализацию движения по маршруту, маневрирование при преодолении рубежей ПВО и т.п. Реализация подобных функций управлению полетом КР с учетом случайных возмущений среды и текущих изменений воздушной и наземной обстановки может быть обеспечена на основе комплексного применения технологии нечеткой логики и ассоциативной памяти.

Эффективность защиты зависит от эффективности решения каждой из указанных задач. По вариантам заданий ВТО она может быть в значительной степени различной. Поэтому с помощью КСА ППЗ решались информационно-расчетные задачи (ИРЗ) по определению потенциалов ПВО для обеспечения пролета зон поражения максимальным числом ракет, выбору оптимального способа подавления РЛС на этапе поиска, обнаружения и захвата на сопровождение, РЛС управления и наведения, расчету результирующей вероятности обнаружения боевого порядка (вероятности выдачи целеуказания) системой обнаружения, числа возможных пусков и временных параметров поражения, выбору оптимального способа оптоэлектронного подавления УР с ОГС. Моделирование проводится по возможным маршрутам для заданного числа реализаций, обеспечивающих требуемые точности оценок, с различными тактическими условиями (координаты РЛС УС и комплексов перехвата разыгрывались случайным образом от реализации к реализации по нормальному закону с математическим ожиданием и среднеквадратическим от-

клонением определяемым данными и точностью предварительной разведки), с усреднением показателя эффективности по этим реализациям.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Ерофеев А.А., Поляков А.О.* Интеллектуальные системы управления. СПб. Издательство СПбГТУ, 1999. 263с.
2. Интеллектуальные системы автоматического управления. Под редакцией И.М.Макарова и В.М. Лохина. М. Физматлит. 2001. 575.
3. Новые методы управления сложными системами. М. Наука. 2004. 332.