

ИМИТАЦИЯ ТАКТИЧЕСКИХ ПРИЕМОВ В БАЗАХ ЗНАНИЙ БОРТОВЫХ ОПЕРАТИВНО-СОВЕТУЮЩИХ ЭКСПЕРТНЫХ СИСТЕМ ТИПОВЫХ СИТУАЦИЙ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ

Н.И.Корнеев

Аннотация

В статье представлено описание системы моделирования развития типовых ситуаций полета, в рамках принятой стратегии поведения различных групп самолетов. Стратегия поведения включает в себя возможные варианты траекторий полета для каждого самолета своей группы, при этом возникает задача реализации задуманного перед вылетом тактического приема, посредством одного из фрагментов бортовой оперативно-советующей экспертной системы - Блока конструирования траекторий.

Ключевые слова

экспертная система; тактический прием; конструирование траекторий.

Введение

Научные исследования, направленные на совершенствование авиационных технологий с целью их всестороннего использования при решении оборонных задач, являются показателем, определяющим превосходство технически развитых стран в области авиации. В современных условиях улучшения компоновки, аэродинамики, средств вооружения и обороны самолета недостаточно для достижения желаемого уровня эффективности применения и выживаемости. Развитие информационных технологий позволило инженерам направить свои усилия на совершенствование интеллектуальной составляющей «ядра» бортового комплекса – совокупности алгоритмов бортовой цифровой вычислительной машины (БЦВМ) и алгоритмов деятельности экипажа, которая сейчас называется «бортовым интеллектом». На современном боевом самолете алгоритмическим обеспечением БЦВМ решаются многочисленные задачи, такие как обработка информации,

применение средств вооружения. Задачи оперативного назначения текущей цели полета и выбора наиболее рационального способа достижения этой цели – выполнение тактического приема, решаются только экипажем.

Результаты проведенных исследований, совершенствование бортовых вычислительных, измерительных и исполнительных устройств боевых самолетов дают возможность разработать и реализовать на их борту алгоритмы и системы нового типа, способные обеспечивать решение упомянутых тактических задач путем предоставления оперативных подсказок экипажу.

Для решения такого класса задач имеется научно-технический задел – структура алгоритмов в виде бортовых оперативно-советующих экспертных систем типовых ситуаций функционирования (БОСЭС ТС). Одним из таких алгоритмов является блок конструирования траекторий (БКТ) в заданном тактическом приеме. Задачи, которые БКТ должен решать в сложной тактической обстановке, необходимо предварительно обрабатывать и анализировать при подготовке самолета к вылету, поскольку задачи траекторного моделирования в типовой боевой ситуации имеют огромное количество неэффективных решений. Для обработки всех возможных ситуаций выбора элемента траектории необходимы значительные вычислительные мощности и длительное время обработки проблемы. Кроме того задачи необходимо решать для всех самолетов, участвующих в типовой ситуации, с учетом ранга самолета в группе. Все вычисления необходимо производить за весьма короткий промежуток времени, для значительного снижения затрачиваемых ресурсов и времени выполнения необходимого объема вычислений была разработана концепция конструирования траекторий.

Построение модели конкретного тактического приема (ТП) в системе подготовки вылета позволяет, при решении задачи конструирования траектории, опираться на априорную информацию, хранящуюся в базе знаний БОСЭС. Также априорные данные можно использовать с незначительными корректировками на основе ситуационной информации. Благодаря этому все некорректные решения по выбору траектории можно не рассматривать. Непосредственно в процессе построения и отладки модели ТП должны участвовать специалисты, обладающие экспертизой в данной предметной области, а полученная модель должна анализироваться и корректироваться на основе уточнения экспертных знаний.

Концепция конструирования траекторий

Воздушный бой, даже мастеров высшего пилотажа, во многом состоит из различных комбинаций уже известных маневров и фигур. Элементы стандартизации открыли путь к

определенной унификации методов ведения воздушного боя – тактическим приемам. Сегодня проработано большое разнообразие тактических приемов и это нужно для того, чтобы обеспечить летчикам выбор наиболее рационального из них, в условиях неопределенности воздушной обстановки. Такая обстановка может сложиться в результате действий противника, изменений погоды и других обстоятельств, которые заранее нельзя определить однозначно. Даже в одной и той же обстановке может быть найдено несколько вариантов, а иногда тактический прием может оказаться единственным.

При подробном анализе различных замыслов воздушного боя - Тактических приемов (ТП), используемых летчиками во время выполнения боевых задач, не сложно выявить следующие важные особенности:

- связки отдельных элементов траектории, выполняемой самолетами при реализации различных замыслов воздушного боя, во многих случаях повторяют друг друга;
- при реализации определенного тактического приема некоторые самолеты имеют одинаковые траектории, меняются только ограничения на характеристики движения.

На основе данных особенностей, появилась возможность разработки алгоритма траекторного моделирования, основной целью которого является конструирование траекторий летательных аппаратов для различных тактических приемов. Реализация данного алгоритма позволяет выполнять виртуальное преобразование тактического приема или его частей (Рисунок 1), на основе ситуационной информации, в определенный вид элементов траектории. Рассматриваемый подход к моделированию траекторий позволит достичь высокого уровня эффективности в условиях реального воздушного боя: получение более точных результатов за минимальный период времени, универсализация системы для возможности выполнения любых тактических приемов.

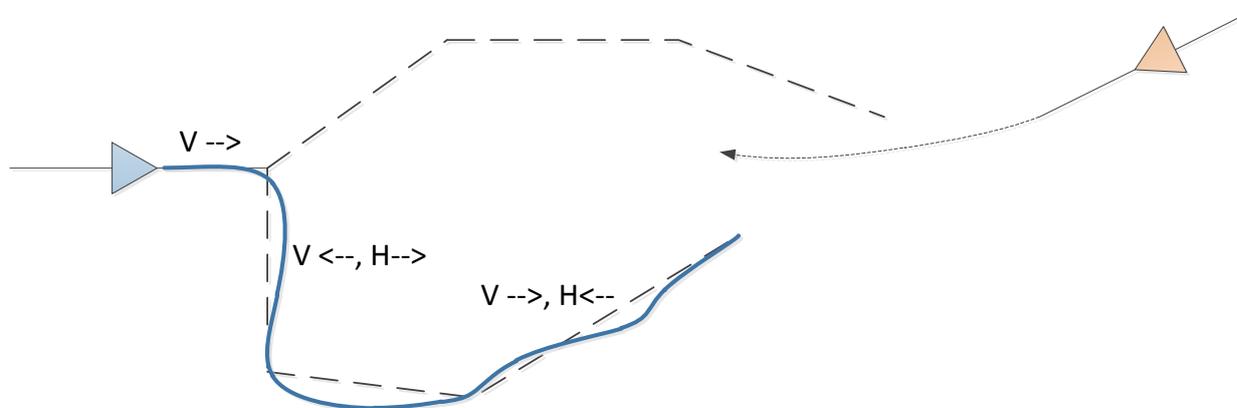


Рисунок 1 – Схематичное изображение тактического приема

Под термином «конструирование траекторий» будем понимать процесс получения конкретного элемента траектории для каждого члена группы самолетов истребителей, при моделировании различных замыслов воздушного боя. Элемент траектории, необходимый для определения перспективного положения истребителя в следующую итерацию времени, формируется в зависимости от характеристик движения, внешних условий, положения самолета в строю, а также по факту выполнения противником различных действий (такие как пуск ракеты, выход на кривую атаки и др.)

Решение задачи унификации системы конструирования траекторий, постоянной актуализации и наполнения хранилища – базы знаний, без дополнительного перепрограммирования, требует обеспечения распределенной архитектуры приложений. Для реализации этих целей, как для функционирования на борту самолета, так и для подготовки информации и логики, необходим комплекс систем, состоящий, как минимум из двух платформ (Рисунок 2):

- БКТ – как часть БОСЭС, устанавливается на борт самолета и функционирует совместно с другими бортовыми информационными системами.
- фрагмент системы подготовки вылета – комплекс средств, позволяющих формировать и загружать необходимую информацию в БКТ. Комплекс должен обеспечивать подготовку системы к вылету.

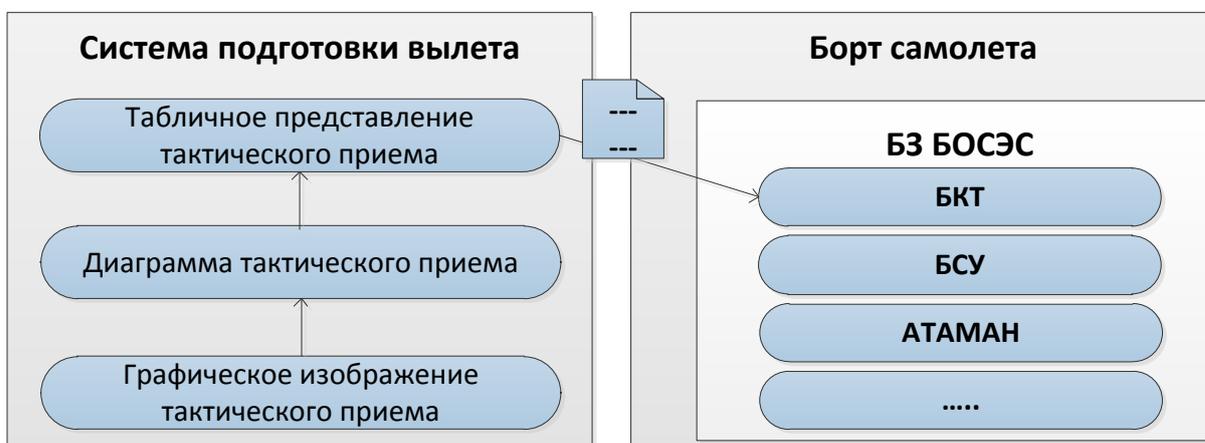
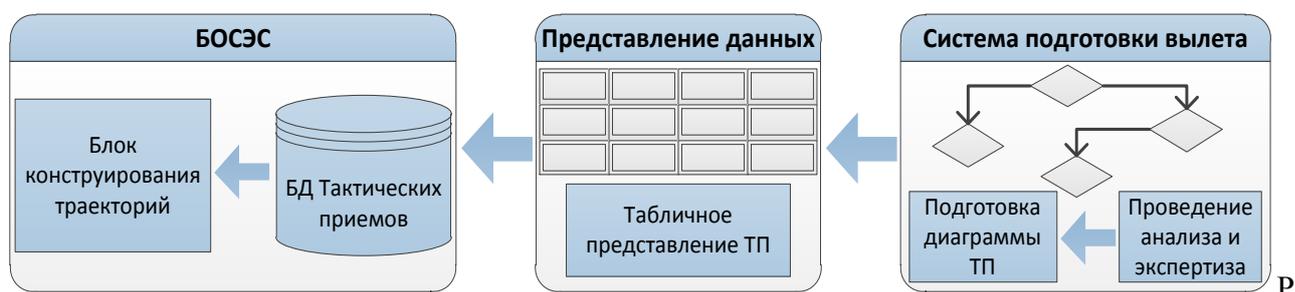


Рисунок 2 – Модель блока конструирования траекторий

Программный блок конструирования траекторий самолётов в заданном тактическом приёме, является машинной реализацией алгоритма выбора элементов траекторий. Реализованный модуль структурно входит в базу знаний БОСЭС ТС и должен устанавливаться на борт самолета. Блок должен использоваться для имитации в виртуальном времени траекторий полета каждого самолета из группы самолетов, выполняющих поставленную генеральную задачу вылета. В связи с этим, для снижения трудозатрат на

обслуживание системы (обновление информации), данный модуль обладает необходимой гибкостью, позволяющей без дополнительного перепрограммирования актуализировать хранилище данных, на основе которого функционирует БКТ (для функционирования системы можно использовать обобщенное, с другими модулями БОСЭС, хранилище данных – Базу Знаний). Все производимые модернизации логики и тактики различных замыслов воздушного боя необходимо проводить не на борту самолета, а в рамках системы подготовки вылета. Для этих целей должно использоваться программное средство, позволяющее разрабатывать сложные логические схемы, присущие любому ТП. Причем система должна обладать доброжелательным и понятным интерфейсом взаимодействия с пользователем, позволяющим вносить в логические схемы необходимые изменения специалистам даже не знакомым с программированием. Подобная схема работы позволяет уделять необходимое внимание логике и проработке конкретного тактического приема, позволяя сконцентрировать на этой деятельности компетентного специалиста и увеличить ее эффективность.

Назначение Системы подготовки вылета для формирования Тактических приемов – построение моделей тактических приемов (в виде диаграмм, сформированных по принципу деревьев решений), выгрузка полученных тактических приемов в БЗ БОСЭС и проведение анализа построенных ТП. Автоматизируемая деятельность включает процесс по созданию, согласованию, отладке и дальнейшей передаче траектории в БОСЭС, для использования данных БКТ (Рисунок 3). Система подготовки вылета обладает хранилищем данных, где содержится информация о тактических приемах, траекториях и необходимой для соблюдения логики. Систематическое обновление данных в хранилище (уточнение логики ТП, актуализация информации, добавление новых ТП или траекторий) позволит накапливать экспертный опыт, которым может оперировать БКТ при выполнении определенной задачи.



исунок 3 – Схема подготовки тактических приемов

Моделирование процессов реализации тактических приемов

Для моделирования работы БКТ использовалась имитационная математическая модель (ИММ) движения самолета построенная на основе модели «Автоматизация ТАктического МАНеврирования» (ИММ «АТАМАН»). Рассматриваемая модель

представляет собой замкнутую систему имитационных и математических моделей, отражающих траекторные характеристики полета самолета при выполнении им боевых маневров. Используемая математическая модель (Рисунок 4) содержит зависимости, описывающие:

- траекторное движение ЛА – линейное уравнения движения материальной точки в земной (переносной) системе координат относительно плоской земли;
- методы наведения ЛА на воздушный объект;
- фрагменты траекторий, из которых составляется любая пространственная траектория боевых и свободных маневров самолета.

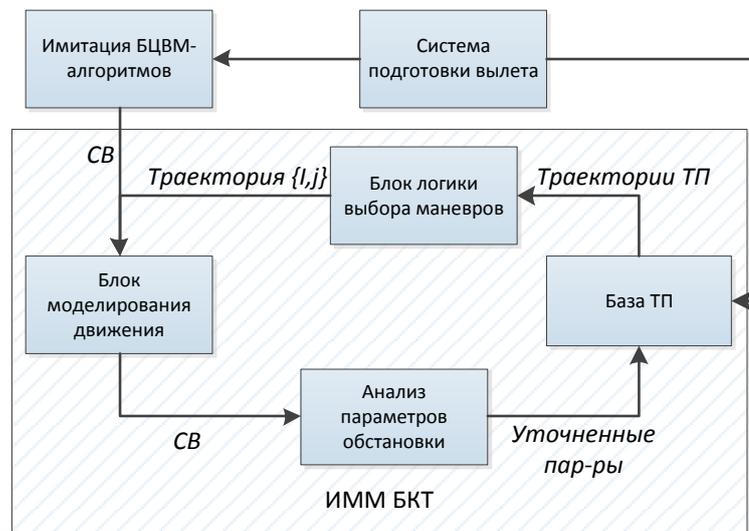


Рисунок 4 - Структура ИММ БКТ

Анализ траекторий полета самолетов в типовых ситуациях, проведенный при создании ИММ позволил выделить набор фрагментов, из которых можно составлять любые траектории, используемые в этих ситуациях. Данный набор траекторий взят за основу при моделировании работы БКТ. Часть этого набора следующая:

- стабилизация курса (прямолинейное равномерное движение);
- стабилизация высоты;
- разгон и торможение;
- набор и снижение;
- разворот на заданный угол (в горизонте);
- боковое смещение (в горизонте);
- методы наведения: кривая атаки, параллельное сближение, погоня;
- тактический отворот (в горизонте);
- тактический отворот (в вертикали);

- гарантированный отворот (в горизонте);
- гарантированный отворот (в вертикали).

Конкретная траектория полета самолета составляется из перечисленных фрагментов и стыкуется между собой логическими условиями переключения (например, переключение происходит при достижении требуемой дальности до самолета противника).

На вход ИММ БКТ подаются исходные данные, сформулированные в рамках Системы подготовки вылета и текущая обстановка на основе системы имитации БЦВМ-алгоритмов бортовой обработки информации. Под исходными данными модели понимается совокупность таких данных (скалярные переменные, массивы, структуры и т.п.), которые до начала моделирования полета самолета следует задать (загрузить из табличного представления тактического приема). Такие данные не будут подвержены изменениям на протяжении всего процесса эксперимента.

ИММ БКТ включает в себя следующие основные элементы:

- Блок моделирования движения – реализует движение самолетов и ракет в пространстве. На вход блока подаются параметры движения, как своих самолетов, так и самолетов противника: $X, Y, Z, \psi, \theta, \gamma$ в момент t_0 .
- Анализ параметров обстановки – фиксирует текущее положение самолетов в пространстве, оценивает внешне - и внутри-бортовую обстановку с целью анализа параметров для определения текущего этапа тактического приема.
- База ТП – содержит информацию о реализации тактических приемов, параметров для принятия решения о выполнении элементов траекторий в рамках выполнения ТП. Блок заполняется информацией в рамках предполетной подготовки, информация загружается в структуре аналогичной табличному представлению ТП.
- Блок логики выбора маневров – реализует анализ параметров для принятия решений о смене траекторий, по результатам обработки параметров формируется траектория с номерами $\{i, j\}$ (номера траектории по горизонтали и вертикали) для выполнения в блоке моделирования движения.

Заключение

В статье представлена концепция конструирования траекторий в базах знаний БОСЭС, функциональные возможности программной реализации БКТ и описаны способы виртуального моделирования для выбора наиболее рациональной стратегии поведения.

Концепция описывает возможность решения задачи имитационного моделирования выполнения самолетами тактических приемов на основе двух платформ:

- Система подготовки вылета (предназначена для представления тактического приема в необходимом формате);
- Блок конструирования траекторий, как часть базы знаний БОСЭС (предназначен для прогнозного моделирования траекторий движения самолетов группы с учетом ранга самолета).

Также в статье приведено описание структуры математической модели для конструирования траекторий (включающую возможность выбора из 11 типов стандартных траекторий и большего числа модификаций), обозначены ограничения модели.

Библиографический список

1. Стефанов В.А., Федунев Б.Е. «Бортовые оперативно – советующие экспертные системы (БОСЭС) типовых ситуаций функционирования антропоцентрических (технических) объектов» - М.: Изд-во МАИ, 2006г., 190 с.
2. Баханов Л.Е., Демкин М.А., Федунев Б.Е. Математическая модель движения самолета для баз знаний бортовых оперативно советующих экспертных систем. – М.,Изв. РАН, ТиСУ, 2010, №1, стр.103 – 111.
3. Горбунов В.И., Рабочие материалы, «ВВА им. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина».
4. Б.Е. Федунев, Е.В. Шестопалов. Оболочка бортовой оперативно советующей экспертной системы для типовой ситуации полета «Ввод группы в воздушный бой». – М., Изв. РАН, ТиСУ, 2010, №3.
5. Покрышкин А.И., Тактика истребительной авиации. - Новосибирск, Издательский Дом «Сибирская горница», 1999, 223 с.

Сведения об авторах

КОРНЕЕВ Никита Иванович, аспирант Московского авиационного института (национального исследовательского университета).

МАИ, Волоколамское ш.,4, Москва, А-80, ГСП-3, 125993;

phone: +7 919 767 8812; e-mail: nkorneev@gmail.com,