

М. Ю. Юрич, А. Н. Щербаков, А. Ф. Камышанов

АРХИТЕКТУРА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ НЕЙРОУПРАВЛЕНИЯ ЛЕТАТЕЛЬНЫМ ОБЪЕКТОМ С ЭВОЛЮЦИОННЫМ ПРОГНОЗОМ ПРЕДПОЧТИТЕЛЬНОГО ПОВЕДЕНИЯ

В данной статье рассматривается архитектура интеллектуальной системы управления, основанной на нейронной сети и эволюционных алгоритмах для прогноза и выбора предпочтительного поведения летательных аппаратов. Сложная технология прикладного программирования, особенно в условиях информативной неопределенности, заменяется относительно простой технологией обучения нейроконтроллера правильно реагировать на изменения параметров на входе системы управления.

ВВЕДЕНИЕ

В последнее время попытки применить искусственный интеллект в той или иной области науки и техники стали более частыми. Свойство интеллектуальных систем принимать решения в условиях изменяющегося окружения позволяет обеспечить управление летательными аппаратами (ЛА).

Управление современными ЛА осуществляется при помощи мультиструктурного управляющего комплекса в результате передачи функций управления ЛА, ранее осуществляемых человеком, системе управления без вмешательства человека.

Анализ математических методов моделирования сложных моделей интеллектуальных систем управления (ИСУ) ЛА показал, что одним из наиболее перспективных подходов к синтезу ИСУ ЛА может быть подход, основанный на теории эволюционного моделировании функциональных систем [1].

Классические методы синтеза систем управления базируются на хорошо развитом аппарате интегро-дифференциального исчисления. Нейронные сети представляют собой альтернативное, существующее всего несколько десятков лет, направление в теории автоматического управления, предлагающее иной способ отражения и преобразования действительности, в котором можно обнаружить и сходные, и различные черты с классической парадигмой.

Термин «нейроуправление» впервые появился в работах Вербоса уже в 1976 году, однако решающую роль во внедрении искусственных нейронных сетей

(ИНС) в сфере управленческих задач сыграли работы Нарендры с соавторами [2].

В настоящее время в системах управления ИНС применяются нейроконтроллеры и нейроэмуляторы, имитирующие динамическое поведение объекта управления в целом или описывающие его отдельные характеристики, трудно поддающиеся математическому моделированию.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

В данной работе ставится цель разработать архитектуру интеллектуальной системы управления, построенной на таких принципах, алгоритмах и программах эволюционного моделирования, которые дают возможность отбора лучших моделей ситуационного управления ЛА, а также проведение их селекции с помощью генетического алгоритма (ГА), формирование из лучших моделей-потомков шаблонов для обучения нейроконтроллера, способного заменить сложный вычислительный узел в системе управления. А также формирование банка знаний из шаблонов обучения для типичных ситуаций, которые можно использовать в целях распознавания ситуации, прогнозирования и выбора алгоритма ситуационного управления.

РАЗРАБОТКА АРХИТЕКТУРЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЛА

Используя модель интеллектуальной системы с виртуальным обучением, рассмотренную в работе [2], разрабатываем концептуальное решение ИСУ ЛА на базе ИНС с блоком обучения, реализующим ГА для оптимального управления, добавляя такие блоки как выбор типовых сценариев, бортовая база знаний ИСУ, наземная база знаний ИСУ, оценка текущей обстановки. Получив в виртуальном тракте модель управления, близкую к желаемой, ИНС обучает нейроконтроллер виртуального тракта, проверяя его работу с помощью нейроэмулятора по значению ошибки расхождения его



Рисунок 1 – Структура ИСАУ ЛА с виртуальным обучением

выхода с эталонной моделью. Как только ошибка станет минимальной, шаблоны фенотипов передаются на нейроконтроллер прямого тракта управления для обучения и управления динамическим объектом. Структура интеллектуальной системы автоматического управления (ИСАУ) ЛА с виртуальным обучением представлена на рис. 1.

В данной системе изучается объект и постепенно совершенствуются способности к управлению.

Динамические свойства объектов управления и системы могут изменяться случайным образом, что проявляется в существенном возрастании ошибки прогноза динамического состояния. Следовательно, ошибочными будут и управляющие воздействия, сформированные на основе результатов прогноза, что может ухудшить динамическое качество системы и снизить точность управления. Поэтому все алгоритмы адаптивного управления, основанные на использовании прогнозирующих моделей ГА плюс ИНС, требуют применения процедур их параметрического оценивания. Использование прогнозирующих моделей ГА плюс ИНС в режиме реального времени позволяет в неявной форме решить задачу параметрического оценивания и реализовать адаптивную настройку параметров регулятора.

Как указано в [3], при внедрении в бортовых системах управления элементов искусственного интеллекта ставят задачу реализовать их на уровне выбора способа достижения поставленной цели и реализации спосо-

ба разрешения текущей проблемы субситуации. Для каждой типовой ситуации должны работать соответствующая бортовая оперативно-советующая экспертная система (БОСЭС), экспертные системы бортовых измерительных и исполнительных устройств, которые обеспечивают получение необходимой информации в текущий момент времени и точное исполнение принятых решений.

Эффективность ИСУ и целесообразность ее разработки зависят от структуры, полноты и адекватности базы знаний.

Для каждой субситуации необходимо построить соответствующую базу знаний. Определенная субситуация представляет собой совокупность математических моделей, которая описывает пространственное расположение участников субситуации, прогнозирует изменение расположения участников и определяет моменты времени возможного наступления значимых событий.

В практических приложениях часто требуется предварительное исследование субситуации с использованием различных математических моделей, которые формулируются в форме математических задач оптимального управления, теории игр, задач принятия решений. Полученное или подобранное при имитационном математическом моделировании рациональное разрешение субситуации закладывается в математические модели (ММ), которые являются одним из блоков базы знаний в БОСЭС. Анализ внешней и бортовой обстановки, а также выработка соответствующих рекомендаций управления закладываются в базу знаний БОСЭС. Знания, необходимые для работы БОСЭС, используются в виде правил, ММ и группируются по сценариям.

Технология разработки базы знаний предполагает разработку системы критериев выбора (четких таблиц), на основе которых эксперты могут определять принадлежность всех возможных сценариев для конкретной ситуации. Неопределенность оценок экспертов выражается нечеткими переменными. Все возможные сценарии должны быть предварительно промоделированы в реальном времени и оценены опытными экспертами. Проверка и отработка моделей сценариев проводится на наземном комплексном стенде с участием макетов ЛА. Сценарии и критерии выбора определяются из ситуационного моделирования.

В системе измерений параметров и обстановки внешней среды отличительной чертой любого результата, который способствует достижению цели, является то, что он получается на основе принципа саморегуляции и обладает одинаковыми узловыми механизмами: синтезом цели, принятием решения к действию, сравнением параметров полученного результата с прогнозированными.

В системе выбора типовых сценариев управления ЛА акцептор действия реализуется с помощью алгоритма самоорганизации, который позволяет построить прогнозирующую модель при минимуме априорной информации бортовых параметров и панорамной обстановки. Информация о соответствии результатов действия и прогноза передается в динамическую экспертную систему (ДЭС) и в систему выбора типовых сценариев.

Таким образом, при отсутствии соответствия результатов действия и прогноза вырабатывается новая экспертная оценка, принимается другое решение и реализуется новое управляющее воздействие. Если соответствия достичь невозможно, то изменяется цель функционирования ИС. Если результаты действия соответствуют прогнозу, то управляющее воздействие выбрано правильно и цель ИС достигается.

Система адаптивной настройки регулятора прямого тракта управления предназначена для формирования сигналов, подаваемых на исполнительные механизмы динамического объекта ЛА.

Система ручного управления позволяет осуществлять навигацию в ручном режиме с использованием консультативного варианта ИСУ. Консультации, сове-

ты, подсказки, выводятся на блок бортовой индикации и на наземный комплексный стенд.

При формировании функций ИС, часто возникают проблемы недостатка информативности базы знаний, ограниченной объемом памяти. Возникают вопросы и при реализации модели на содержательном и конструктивном уровнях, что требует дополнительной обработки ситуации. Все эти вопросы решаются на наземном комплексном стенде (НКС). ДЭС НКС наряду с задачами расчета, оптимизации, моделирования будущих результатов должна обеспечивать высокое быстродействие. Теоретические результаты, полученные при разработке алгоритмов принятия решений, и выработки управления на НКС, можно использовать дистанционно в ИС. Реализация алгоритмического обеспечения ИС требует параллельного выполнения ряда сходных алгоритмов и их проверки на оптимальность для практической реализации.

На рис. 2 представлена блок-схема описанной выше интеллектуальной системы управления ЛА.

Комплекс ИСАУ ЛА состоит из бортового аппаратно-программного комплекса (БАПК) и наземного комплексного стенда в состав которого входит действующая модель ЛА, БАПК, мощный комплекс вычислительных средств с программным обеспечением.

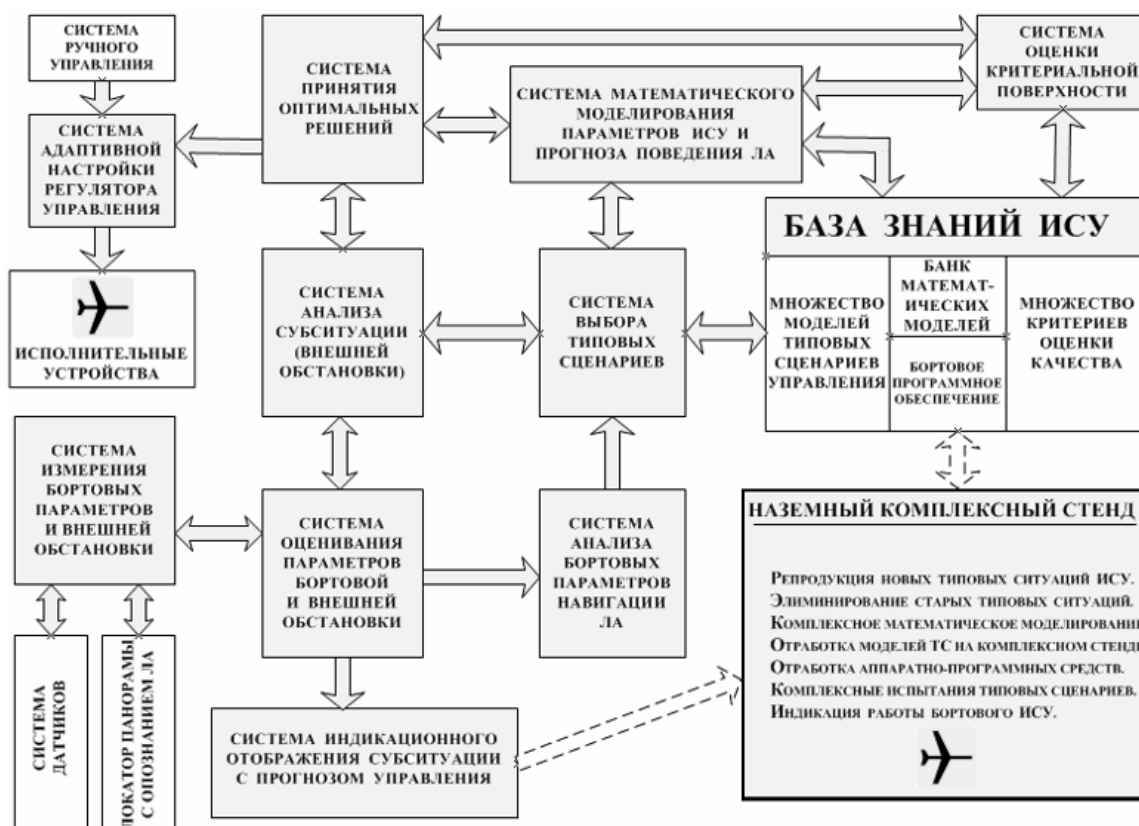


Рисунок 2 – Блок-схема интеллектуальной системы управления ЛА

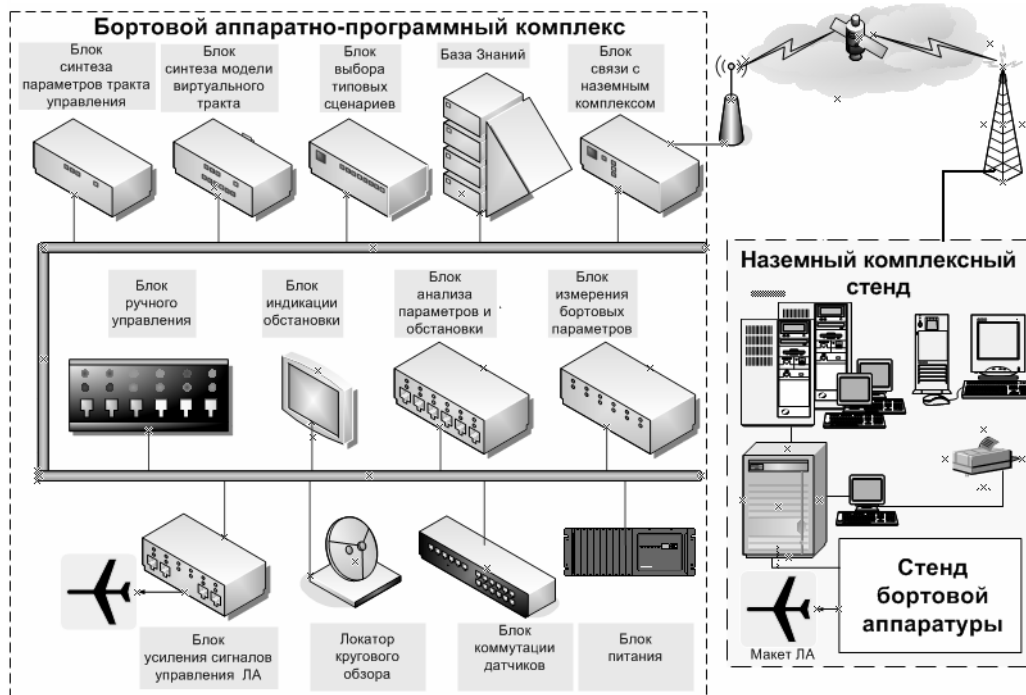


Рисунок 3 – Комплекс ИСАУ ЛА

Бортовой аппаратно-программный комплекс размещается на ЛА и связан с НКС через радиоканал спутниковой связи. Этот канал дает возможность НКС дистанционно контролировать состояние БАПК перед полетом и во время полета. Состав аппаратных средств ИСАУ приведен на рис. 3.

ВЫВОДЫ

В данной статье представлена разработанная архитектура интеллектуальной системы управления летательными аппаратами. Найдено концептуальное решение разрабатываемой системы управления на базе ИНС с блоком обучения, реализующим ГА для поиска оптимального управления. А также спроектирована блок-схема интеллектуальной системы управления ЛА. Подобная структура ИСАУ может быть использована при синтезе других систем управления динамическими объектами.

Полученные результаты могут быть использованы для создания конкурентоспособных технологий управления в организациях, выполняющих исследовательские работы в области интеллектуального управления, космической и авиационной техники, в области управления технологическими объектами промышленности.

В дальнейшем планируется использовать предложенную архитектуру интеллектуальной системы для исследований и разработок в области управления динамических объектов.

ПЕРЕЧЕНЬ ССЫЛОК

1. Редько В. Г. От моделей поведения к искусственному интеллекту. Серия «Науки об искусственном» / Под ред. Редько В. Г., ИОНТ РАН. – М.: УРСС, 2006. – 456 с.
2. Вороновский Г. К. Генетические алгоритмы, искусственные нейронные сети и проблемы виртуальной реальности / Г. К. Вороновский, К. В. Махотило, С. Н. Петрашев, С. А. Сергеев. – Х.: ОСНОВА, 1997. – 112 с.
3. Кэ Фан, Фам Суан Фанг, Ким Дже Су. Исследование интеллектуальных систем управления летательными аппаратами // Автоматизация и современные технологии. – 2006. – № 7. – Стр. 31–34.

Надійшла 14.12.2007
Після доробки 6.02.2008

У даній статті розглянуто архітектуру інтелектуальної системи управління, яка базується на нейронній мережі та еволюційних алгоритмах для прогнозування та вибору задовольняючою поведінки літальних апаратів. Складна технологія прикладного програмування, особливо в умовах інформативної невизначеності, замінюється відносно простою технологією навчання нейроконтролера правильно реагувати на зміну параметрів на вході системи управління.

In this paper are showed creation and architecture of intellectual control system (ICS) based on neural network and evolutionary algorithms for forecasting and selection of behavior for aircraft. Complex technology of the applied programming, especially in conditions of informative uncertainty, was replaced by rather simple technology of training of neural controller to react correctly to change of parameters on a control system entrance.