

УДК 681.5

ИНТЕЛЛЕКТУАЛИЗАЦИЯ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ АВТОНОМНЫХ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ С РЕАЛИЗАЦИЕЙ ФУНКЦИИ СИТУАЦИОННОЙ ОСВЕДОМЛЕННОСТИ

В.В. Инсаров

ФГУП «ГосНИИАС»

Россия, 125319, Москва, Викторенко ул., 7

E-mail: wiliam@gosniias.ru

С.В. Тихонова

ФГУП «ГосНИИАС»

Россия, 125319, Москва, Викторенко ул., 7

E-mail: svetlana.tikhonova@gosniias.ru

С.А. Дронский

ФГУП «ГосНИИАС»

Россия, 125319, Москва, Викторенко ул., 7

E-mail: sergey.dronsky@gosniias.ru

Ключевые слова: ситуационная осведомленность; беспилотные летательные аппараты; автономные системы управления; интеллектуальные системы; бортовые системы технического зрения.

Аннотация: Рассматривается концепция построения интеллектуальной системы управления автономных БПЛА (АБПЛА), реализующая в процессе полета функцию ситуационной осведомленности. Ключевыми компонентами такой системы являются: наземная система подготовки полетных заданий; бортовая система технического зрения. Приведен пример процесса априорного ситуационного анализа условий применения АБПЛА, направленного на выполнение поставленной целевой функции.

1. Введение

Среди многих факторов, призванных обеспечить существенное повышение эффективности функционирования систем самого различного назначения (технических, робототехнических, организационных, организационно-технических и т.п.) одним из главенствующих является фактор использования информационной осведомленности о состоянии внешней и самой системы. Показателями качества информационной осведомленности могут служить такие факторы, как полнота информации, ее достоверность, оперативность и другие значимые факторы, критичные для принятия решений. Оче-

видно, что снижение таких показателей может привести к принятию необоснованных (ошибочных) решений.

Процесс функционирования такой системы может быть представлен тремя компонентами: информационной, обеспечивающей ситуационную осведомленность с заданными показателями качества; управляющей, обеспечивающей выбор способа достижения поставленной цели на основе принятого решения; исполнительской, реализующей действие, соответствующее выбранному способу достижения поставленной цели.

Информационная компонента включает три уровня:

- знание того, что происходит вокруг (уровень 1);
- осознание значения собственных действий и действий других участников ситуации (уровень 2);
- представление сценария развития ситуации (уровень 3).

Управляющая компонента включает два уровня управления:

- верхний уровень, определяющий целеполагание, постановку определенной цели функционирования, выбор одной из определенного множества конкретных типовых ситуаций (ТС); решение задачи целеполагания целиком возлагается на лицо, принимающее решение (ЛПР); разработчики алгоритмического обеспечения предоставляют ЛПР информационную модель внешней обстановки;
- нижний уровень управления, определяющий поиск способа достижения поставленной на верхнем уровне цели, анализ возможных путей достижения цели и выбор из них предпочтительного пути (принятие решения).

Исполнительская компонента реализует действие, соответствующее выбранному на нижнем уровне управляющей компоненты способу достижения поставленной цели обеспечивающему воздействию на внешнюю и внутреннюю среду, сохраняя или видоизменяя сложившуюся ситуацию.

В соответствии с описанной моделью процесса функционирования будем относить такие системы к классу интеллектуальных систем управления с реализацией функции ситуационной осведомленности.

В качестве характерного примера таких систем могут рассматриваться интеллектуальные системы управления БПЛА с реализацией функции ситуационной осведомленности. В настоящее время очевидно, что среди многих факторов, призванных обеспечить существенное повышение боевой эффективности многих типов летательных аппаратов нового поколения, одним из главенствующих является фактор реализации функции ситуационной осведомленности на всех участках полета этих аппаратов.

Применительно к автономным БПЛА (АБПЛА) в «общей ситуационной осведомленности» превалирует значимость таких составляющих как наземная система подготовки пуска (априорная информация) и бортовая система, обеспечивающая получение необходимой апостериорной информации о состоянии внешней обстановки. В этом случае бортовое интеллектуальное системообразующее ядро базируется на использовании технологии «технического зрения». Рассмотрим возможную структуру «интеллектуальной» компоненты системы управления АБПЛА на конечном участке его полета, реализующей комплекс информационных и управленческих задач в части осуществления функции ситуационной осведомленности, обеспечивающей выполнение генеральной задачи полета (ГЗП) – поражение одного из заданных объектов многообъектной сцены. Такая компонента включает:

- «интеллектуальную» составляющую наземной системы подготовки полета, которая формирует на основе имеющейся и прогнозируемой априорной информации о состоянии внешней среды составную часть полетного задания летательного аппарата;
- «интеллектуальную» составляющую бортовой системы управления летательного аппарата, обеспечивающую получение на заключительном участке полета апосте-

приорной информации о складывающейся реальной текущей ситуации во внешней среде, сопоставление априорной и апостериорной информации, принятие решений, формирование и реализацию соответствующего управления.

Принципиальная особенность наземной системы подготовки полетного задания для АБПЛА состоит в необходимости решения ряда проблем, связанных с условием их полной автономности. Возможная разрешимость этих проблем, главным образом, основывается на максимальном использовании априорной информации, представимой в виде баз знаний: ситуационной, информационной, характеризующей текущее состояние внешней среды, и алгоритмической.

2. Ситуационная база знаний

В основу априорного ситуационного анализа условий применения АБПЛА положена формальная модель предметной области, определяющая структуру и состав ситуационной базы знаний, в которой ГЗС представляется через априорно сформированные семантические сети типовых ситуаций (ТС), прогнозируемые проблемные субситуации (ПрСС) для каждой ТС, методы разрешения этих ситуаций [1].

На рассматриваемом участке полета АБПЛА семантическая сеть возможных ТС представима набором N ситуаций. В каждом таком процессе выделяется множество значимых событий (ЗС).

Каждое ЗС требует либо немедленного разрешения, либо прогноза его наступления. При отсутствии соответствия результатов действия и прогноза, принимается другое решение и реализуется новое управляющее воздействие. Если соответствия достичь невозможно, происходит изменение задачи, выполняемой интеллектуальной системой. Если результаты действия соответствуют прогнозу, что говорит об удачно выбранном управлении, то задача интеллектуальной системой считается выполненной.

Для каждой из ПрСС необходимо построение соответствующей базы знаний, представленной совокупностью математических моделей, совокупность которых представляет собой сценарий соответствующей ТС. Детальная разработка таких сценариев требует проведения исследований с использованием ряда математических моделей, формулируемых в классе математических задач оптимального управления, теории игр, теории принятия решений. Полученные в результате исследований методы разрешения ПрСС закладываются в математические модели, которые являются компонентами ситуационной базы знаний.

3. Бортовая система «технического зрения»

Бортовое интеллектуальное системообразующее ядро системы управления АБПЛА базируется на использовании технологии «технического зрения» и обеспечивает получение апостериорной информации о реальной текущей ситуации во внешней среде, обработку и сопоставление априорной и апостериорной информации, принятие решений, формирование и реализацию соответствующего управления. Решение этих задач базируется на использовании следующих методов и алгоритмов:

- эталонно-ориентированные методы и алгоритмы обнаружения, распознавания и селекции объектов в составе сцены и определения их координат;
- алгоритмы анализа состояний наблюдаемых многообъектных сцен для решения задачи ситуационной осведомленности в процессе полета.

Для АБПЛА в качестве датчиков исходной информации возможно использование широкой номенклатуры активных, пассивных и комбинированных датчиков различных спектральных диапазонов, представляющих эту информация в виде цифровых изображений наблюдаемых наземных сцен (ТИ). Существенными преимуществами обладают пассивные и активно-пассивные датчики телевизионного, тепловизионного, лазерно- и радиолокационного типа и их комбинации.

Наиболее эффективным при решении проблемы распознавания или селекции объектов на сцене, в рассматриваемой постановке, представляется подход, основанный на выделении в изображении сцены неких характерных структурных признаков, присутствующих обнаруживаемому объекту. Это позволяет реализовать в системе наведения такие режимы функционирования как:

- автоматическое обнаружение и распознавание, осуществляющее выбор и формирование признакового пространства; определение качественных и количественных признаков ОИ, выбранных для локализации на множестве других объектов сцены; локализацию ОИ путем сопоставления признаков ТИ и ЭИ;
- селекция ОИ, обеспечивающая выделение заданных объектов сцены, оценку их характеристик, взаимного влияния, структурных отношений;
- автоматическое сопровождение ОИ, обеспечивающее автоматическое позиционирование изображения распознанного объекта, как правило, в центре кадра;
- адаптация к объектам и условиям наблюдения, реализуемая структурными, алгоритмическими и параметрическими методами.

4. Пример реализации ситуационной осведомленности

Рассмотрим в качестве иллюстрации пример процесса априорного ситуационного анализа условий применения АБПЛА, направленного на выполнение ГЗП – успешное наведение на ОИ, применительно к заданной многообъектной наземной сцене с двумя выделенными ранжированными приоритетными ОИ₁ и ОИ₂. (рис. 1)

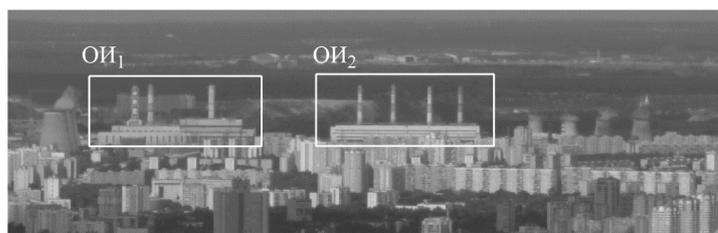


Рис. 1. Многообъектная наземная сцена с двумя выделенными приоритетными ОИ.

В этом случае семантическая сеть типовых ситуаций состоит из двух ТС, что соответствует процессам наведения на приоритетные объекты ОИ₁, ОИ₂, с большим приоритетом у ОИ₁ относительно ОИ₂. При формировании семантической сети возможных ПрСС ограничимся рассмотрением трех субситуаций для ТС₁ (ПрСС₁₁, ПрСС₁₂, ПрСС₁₃) и двух субситуаций для ТС₂ (ПрСС₂₁, ПрСС₂₂).

Состояние каждой ПрСС описывается ситуационными векторами V_{c1} и V_{c2} , осуществляющими операции назначения ситуации и ее разрешения соответственно. В нашем случае выбор пространственно-временных координат этих векторов определяется конечным ЗС – успешной реализацией ГЗП. Наступление такого события зависит, в свою очередь, от возможности выполнения операций распознавания/селекции ОИ₁ или

альтернативного ОИ₂ с последующим автосопровождением его в течении всего процесса наведения.

На рис. 2 проиллюстрирован порядок возникновения ЗС, возникающих в ходе решения задачи наведения АБПЛА на приоритетный ОИ₁ с возможностью перенацеливания на альтернативный ОИ₂.

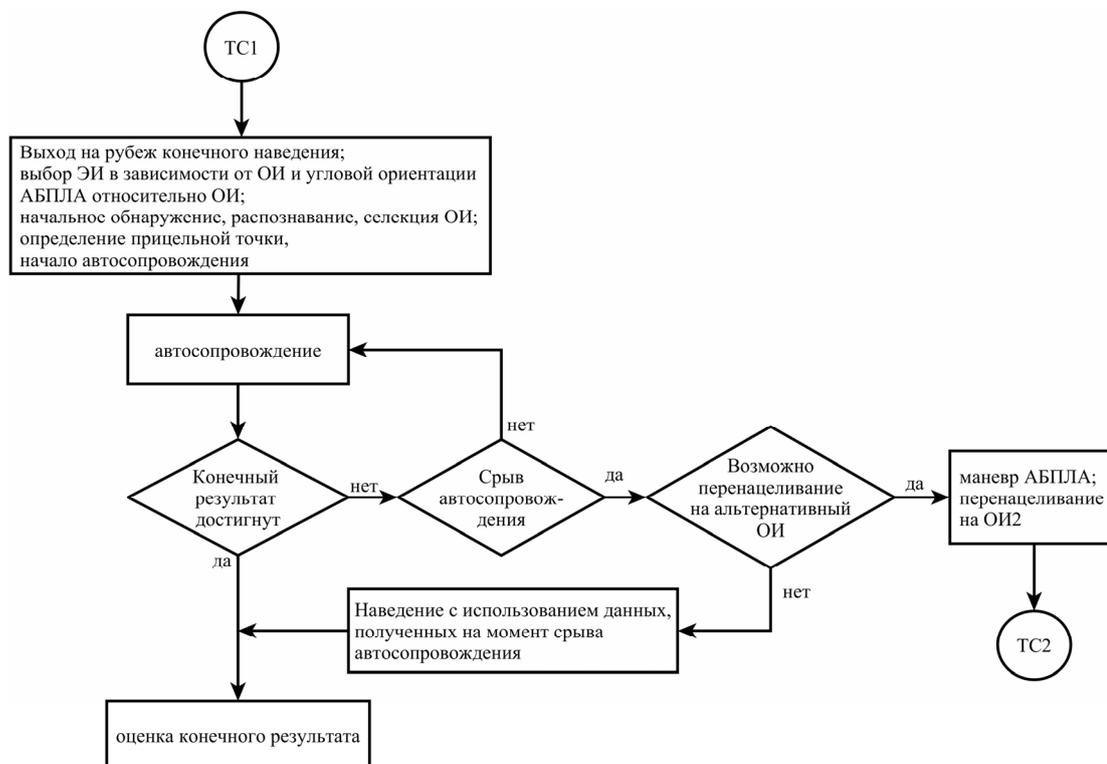


Рис. 2. Алгоритм процесса априорного ситуационного анализа условий применения АБПЛА

5. Заключение

Предложенная в докладе концепция построения интеллектуальной системы управления перспективными АБПЛА с реализацией функции ситуационной осведомленности позволяет обеспечить существенное повышение эффективности применения АБПЛА за счет возможности выбора альтернативной решаемой задачи в зависимости от состояния окружающей среды и сложившейся ситуации. Примером применения такой концепции является решение задачи оперативного перенацеливания в процессе полета на альтернативный объект интереса.

Работа выполнена при поддержке РФФИ, проект № 17-08-00584а

Список литературы

1. Васильев С.Н., Жерлов А.К., Федосов Е.А., Федунев Б.Е. Интеллектуальное управление динамическими системами. М.: Физматлит, 2002.