

Никифоров Михаил Борисович – e-mail: nikiforov.m.b@evm.rsreu.ru; к.т.н.; доцент.

German Elena Vladimirovna – Ryazan State Radio Engineering University; e-mail: elenagerman05@yandex.ru; 59/1, Gagarina street, Ryazan, 390005, Russia; phone: +74912460303; postgraduate student.

Muratov Yevgeniy Rashitovich – postgraduate student.

Nikiforov Mikhail Borisovich – e-mail: nikiforov.m.b@evm.rsreu.ru; cand. of eng. sc.; associate professor.

УДК 004.9: 681.7.014.3 / 621.396.96

Л.Н. Костяшкин, А.А. Логинов, М.Б. Никифоров

**ПРОБЛЕМНЫЕ АСПЕКТЫ СИСТЕМЫ КОМБИНИРОВАННОГО
ВИДЕНИЯ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ**

Рассматриваются подходы к решению ключевых задач при разработке системы комбинированного видения для авиации, которая объединяет в себе лучшие свойства и функциональные характеристики двух систем: системы улучшенного видения, формирующей улучшенное и комплексированное изображение от нескольких разнеспектральных сенсоров системы технического зрения, и системы синтезированного видения, которая формирует изображение виртуальной модели местности по цифровой карте местности, навигационным и пилотажным параметрам летательного аппарата. Предложения основаны на выделении двух фаз операции совмещения реальных и виртуальных изображений: геометрическое совмещение, необходимость которого связана с погрешностями карт и погрешностями навигации, и визуализация геометрически совмещенных изображений с учетом этапа выполнения полетного задания и условий видимости.

Система комбинированного видения; система улучшенного видения; система синтезированного видения; совмещение изображений; визуализация изображений.

L.N. Kostyashkin, A.A. Loginov, M.B. Nikiforov

PROBLEMATIC ASPECTS OF COMBINED VISION SYSTEM OF AIRCRAFT

This work describes different approaches to the solution of key problems in the development of a combined vision system for aviation, which combines the best functional characteristics of the two systems: enhanced vision system, which forms an improved and aggregate image from several different spectral sensor vision systems, and systems synthesized vision, which forms an image of a virtual model of the digital terrain map, navigation and flight parameters of the aircraft. The proposals are based on the selection of the two phases of the operation of combining the real and virtual images: geometric alignment, the need of which is related to the errors in maps and navigation, and rendering images geometrically aligned with the run-flight mission and visibility conditions.

Combined vision system; enhanced vision system; synthesized vision system; composite image; visualization images.

В концепции авионики перспективных летательных аппаратов (ЛА) предусматривается комплексная обработка видеoinформации от датчиков системы технического зрения (СТЗ) и изображения виртуальной модели местности (ВММ), формируемого на базе априорной цифровой картографической информации с использованием навигационных данных, с целью формирования максимально объективной совокупности данных о его положении относительно закабинного пространства и о внешней обстановке в сложных условиях видимости. Совокупность таких средств принято называть системой комбинированного видения (Combined

Vision System – CVS), она должна не только отвечать требованиям и выполнять функции двух систем: системы улучшенного видения (Enhanced Vision System – EVS) и системы синтезированного видения (Synthetic Vision System – SVS), включающей формирование ВММ, но и обладать новыми возможностями, связанными с одновременной совместной индикацией EVS- и SVS-изображений [1]. Слияние реального и виртуального изображений, т.е. объединение изображений от всех датчиков и SVS-изображения в единое изображение CVS, значительно улучшило бы ситуационную осведомленность.

Ключевые проблемы при создании CVS связаны с разработкой:

- ◆ алгоритмов предварительной обработки изображений от сенсоров СТЗ (изменение диапазона яркостей, выделение границ объектов, формирование связанных фрагментов, скелетизация и векторизация фрагментов) с целью улучшения видения и подготовки их для геометрического совмещения с ВММ;
- ◆ алгоритмов геометрического совмещения EVS- и SVS-изображений и их реализацией в реальном времени;
- ◆ эффективных способов совместной визуализации реальных и виртуальных изображений, в зависимости от достижимой погрешности их совмещения.

Наибольшую временную сложность имеет задача совмещения изображений, получаемых от сенсоров СТЗ, с изображением виртуальной модели местности, получаемым из цифровой карты местности (ЦКМ) с учетом навигационных данных: текущих координат местоположения и углов позиционирования линий визирования сенсоров СТЗ. Это связано с неопределенностью выбора участка и ракурса построения ВММ из-за значительной величины погрешности координатного и углового позиционирования сенсоров СТЗ.

Совместная визуализация совмещенных изображений не представляет особых проблем при ее реализации в реальном времени, так как определяется необходимой степенью смешивания нескольких изображений. Однако эта степень смешивания в общем случае может быть не одинаковая по всему изображению, а иметь своё значение для разных зон на экране (окне экрана) и зависеть от этапа и фазы выполнения полета. Могут использоваться различные коэффициенты слияния (необязательно линейные) двух изображений. Проблемной является задача выбора эффективного для экипажа варианта слияния изображений с учетом: а) конкретной фазы выполнения полетного задания; б) обеспеченной в данных условиях пространственной погрешности совмещения изображений; в) условий видимости.

Погрешности определения текущих координат местоположения ЛА, высоты ЛА и углового позиционирования сенсоров СТЗ, а также картографическая погрешность приводят к существенному несовпадению реального изображения, полученного от сенсора СТЗ, с изображением ВММ, полученным по ЦКМ. Суммарная погрешность составляет 35...45 м по координатам местоположения, 6...13 м по высоте и 0,1...0,2° по углам позиционирования сенсоров. Расхождение реальных изображений подстилающей поверхности и изображения ВММ увеличивается с уменьшением высоты. На высотах порядка 100 м ошибка может достигать величины порядка 1 радиана, в то время как необходимые погрешности совмещения изображений EVS и SVS в соответствии с требованием 3.1.3.3 руководства Р-315 [2] не должны превышать 5 мрад по горизонтали и по вертикали в центре изображения.

Для решения задачи совмещения в реальном времени методом полного перебора возможных ракурсов ВММ надо обеспечить построение порядка $10^5...10^6$ ракурсов ВММ в секунду, что не менее чем в 10^3 раз превышает производительность классической вычислительной архитектуры.

В работе предлагаются оригинальные алгоритмические методы сокращения трудоемкости задачи совмещения.

В плане совместной визуализации реальных EVS- и SVS-изображений предлагаются следующие подходы.

На низких высотах, учитывая снижение видимости датчиков на больших дальностях при наличии неблагоприятных погодных условий (дождь, туман и т.п.), следует формировать CVS-изображение как EVS-изображение вблизи и SVS-изображение вдали. Целесообразно проводить разделение окна CVS-изображения по линии тангажа, либо с резким, либо с плавным переходом с переменными весами на EVS-изображение внизу и SVS-изображение сверху (рис. 1).

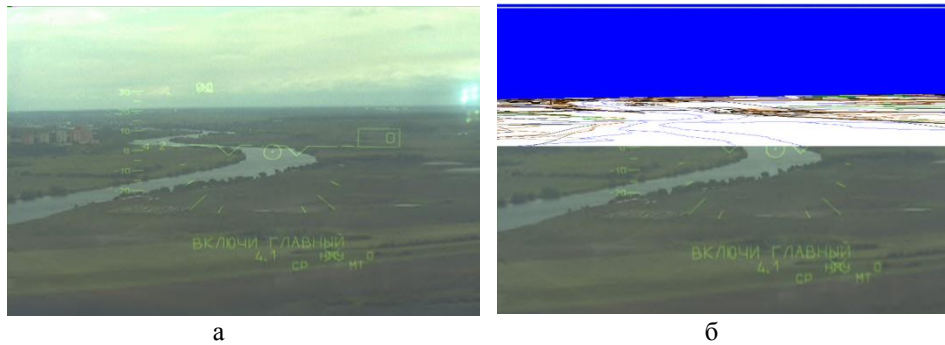


Рис. 1. Исходные EVS-изображение (а) и 100 % замещение EVS-изображения SVS-изображением сверху (б)

Возможно совмещение изображения от сенсора СТЗ в центральной части главного дисплея с окружающим изображением от системы синтезированного видения (рис. 2). Датчики системы EVS часто не имеют необходимого угла зрения для обеспечения безопасного пилотажа, а SVS-изображение на периферии создает необходимый запас для прогноза горизонтальных и вертикальных маневров.

Конечной целью является объединение этих двух изображений так, чтобы они появлялись как единое изображение окружающей обстановки в передней полусфере полета. Могут использоваться различные коэффициенты линейного слияния двух изображений (одно относительно другого на просвет).

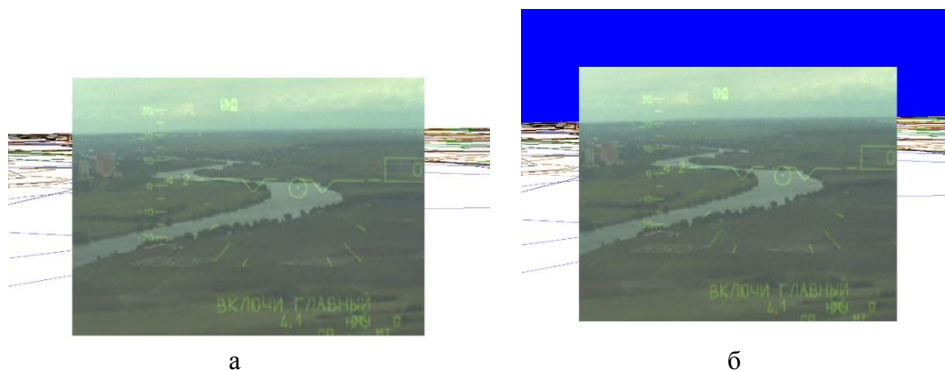


Рис. 2. Варианты формирования CVS-изображения с EVS-изображением в центре при полном замещении SVS-изображения, отличающиеся раскраской неба в SVS-изображении

На заключительном этапе посадки изображение на индикаторе может быть чисто SVS-изображением до высоты 200 м; переход через сплавленное SVS/EVS изображение начинается с высоты 200 м и заканчивается на высоте 150 м над уровнем земли только EVS-изображением (за исключением необходимой символики). Между 200 м и 150 м над уровнем земли соотношение при слиянии SVS/EVS-изображений поверхности постепенно меняется от 100 % до 0 % . Следует отметить, что переход на высотах менее 150 м к EVS-изображению обоснован существенной погрешностью положения SVS-изображения относительного истинного значения на малых высотах.

Вариант совмещения: EVS-изображение сверху, SVS-изображение внизу, может быть использован после принятия решения об уходе на второй круг в условиях хорошей видимости датчиков на больших дальностях, для концентрации внимания на воздушных целях, а также для контроля целостности системы SVS. Целесообразно проводить разделение окна CVS-изображения по линии тангажа, либо с резким, либо с плавным переходом с переменными весами на EVS-изображение сверху, SVS-изображение внизу.

Возможно наложение 2D-, 3D-представлений (объектов) на реальное изображение. Система CVS потенциально обеспечивает расширение визуального восприятия летчиком внешнего мира за счет визуализации дополнительных ориентиров, препятствий и других представляющих интерес объектов профиля местности, имеющих отношение к безопасности полета и выполнению навигационных и боевых задач.

Основное отличие представления данных в данной форме системы CVS состоит в том, что вместо текстуризации трехмерного (3D) представления используется наложение 3D-представления на реальное изображение, получаемое ТВ или ИК-камерой (рис. 3) .

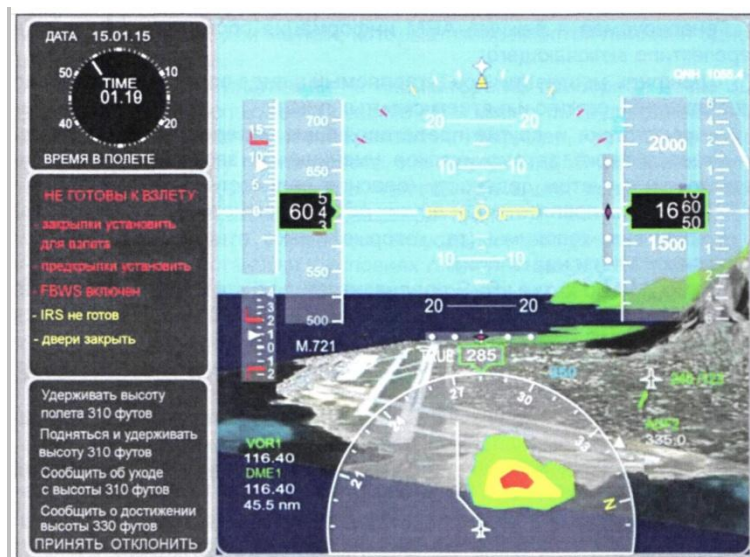


Рис. 3. Слой графической информации системы SVS, накладываемый на комплексный пилотажный индикатор

Для еще большего улучшения визуального восприятия летчика и знания внешней обстановки в условиях плохой видимости система может генерировать и индцировать символы геоориентированных препятствий и других предметов, представляющих интерес с точки зрения безопасности полета и других целей.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Авиационные системы улучшенного и синтезированного видения // Аналитический обзор по материалам зарубежных информационных источников / Под ред. академика РАН Е.А. Федосова. Научно-информационный центр ФГУП «ГосНИИАС», 2011.
2. Руководство Р-315 «По минимальным стандартам характеристик авиационных систем (MASPS) для систем улучшенного видения, систем искусственного видения, комбинированных систем искусственного видения и бортовых систем увеличения дальности видения» Авиационного Регистра Межгосударственного Авиационного Комитета (АР МАК).

Статью рекомендовал к опубликованию д.т.н., профессор Е.А. Башков.

Костяшкин Леонид Николаевич – Научно-конструкторский центр видеокомпьютерных технологий ОАО «Рязанский государственный приборный завод»; e-mail: hunter-rzn@yandex.ru; 390000, г. Рязань, ул. Семинарская, 32; тел.: 84912218381; к.т.н.; доцент; директор – главный конструктор.

Логинов Александр Анатольевич – e-mail: loginal@mail.ru; тел.: 84912298564; к.т.н.; доцент; главный конструктор.

Никифоров Михаил Борисович – Рязанский государственный радиотехнический университет; e-mail: nikiforov.m.b@evm.rsreu.ru; 390005, г. Рязань, ул. Гагарина, 59/1; тел.: 84912460350; к.т.н.; доцент; директор Научно-технического центра СпецЭВМ.

Kostyashkin Leonid Nikolayevich – Research and Development Center of Video Information Technologies, Ryazan State Instrument-Making Enterprise; e-mail: hunter-rzn@yandex.ru; 32, Seminarskaya St., Ryazan, 390000; phone: +74912218381; cand. of eng. sc.; associate professor; director – chief designer.

Loginov Alexander Anatolievich – e-mail: loginal@mail.ru; phone: +74912298564; cand. of eng. sc.; associate professor; chief designer.

Nikiforov Mikhail Borisovich – Ryazan State Radio Engineering University; e-mail: nikiforov.m.b@evm.rsreu.ru; 59/1, Gagarina street, Ryazan, 390005, Russia; phone: +74912460350; cand. of eng. sc.; associate professor; director of laboratory «Special computers».

УДК 681.51

Г.Е. Веселов, А.А. Скляр, С.А. Скляр

СИНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ПОДХОД К УПРАВЛЕНИЮ БЕСПИЛОТНЫМ ЛЕТАТЕЛЬНЫМ АППАРАТОМ

Освещается проблема синтеза закона управления движением четырехвинтового БПЛА. Для решения данной задачи в статье предлагается новый подход к синтезу систем управления мобильными роботами, базирующийся на принципах и методах синергетической теории управления. Задача синергетического синтеза системы пространственного управления мобильным роботом рассматривается с учетом анализа математической модели и специфики механизма движения четырехвинтового шасси. В синергетической теории управления совокупность критериев управления системы принято выражать в виде соответствующей системы инвариантов. Инварианты выступают в роли цели управления, на них обеспечивается выполнение заданной технологической задачи, а процедура синергетического синтеза сводится к поиску законов управления, при которых эти заданные инварианты выполняются. В статье в качестве условий, предъявляемым к синтезируемому закону управления, выступают асимптотически устойчивое движение робота к заданной точке и постоянство ориентации платформы.

Мобильный робот; квадрокоптер; БПЛА; инварианты; позиционное управление; синергетическая теория управления.