

УДК 621.396.96

ЛАБОРАТОРНО-МОДЕЛИРУЮЩИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА РАБОТЫ ОПТИКО-ЛОКАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ТЕЛЕВИЗИОННОГО ТИПА

Р.А. ГУЦЕВ, А.С. СОЛОНАР, С.В. ЦУПРИК

Военная академия Республики Беларусь
Минск, 220057, Беларусь

Поступила в редакцию 30 июня 2016

Предложена обобщенная структура лабораторно-моделирующего комплекса для исследования показателей качества работы алгоритмов обнаружения, измерения, сопровождения в оптико-локационных системах, используя в качестве входного воздействия поток видеoinформации фоно-целевой обстановки с мультимедийного экрана.

Ключевые слова: оптико-локационная система, лабораторно-моделирующий комплекс, телевизионная следающая система.

Введение

Разработанные на практике алгоритмы обработки изображений в оптико-локационных системах (ОЛС) требуют проверки адекватности их работы. Методы математического, полунатурного и физического моделирования позволяют упростить и ускорить исследования, а при достаточной полноте модели входного сигнала – оценить показатели эффективности алгоритмов и устройств обработки с высокой степенью достоверности. При этом решение общей задачи анализа эффективности разделяется на три этапа [1]:

- формирование модели входного для ОЛС сигнала, максимально соответствующей реальным условиям наблюдения;
- формирование модели устройства обработки изображений с сохранением наиболее важных с точки зрения решаемой задачи черт оригинала;
- исследование устойчивости алгоритмов обработки изображений в условиях входных воздействий, отличающихся от типовых.

При физическом моделировании ОЛС реализуется физическое подобие модели и моделируемого объекта. Физическое моделирование широко применяется, например, для имитации процессов светорассеяния в аэрозольных и турбулентных средах, воспроизведения свойств отражения природных образований, создания различного рода оптических помеховых ситуаций [1].

В ходе полунатурного моделирования некоторые блоки ОЛС замещаются физическими моделями. При этом, как правило, используются действующая оптико-электронная система (ОЭС) и различные физические имитаторы входных сигналов. В имитаторах, обычно, реализуется принцип функционального подобия, согласно которому модель считается эквивалентной оригиналу, если идентичны входные и выходные воздействия [1, 2].

При математическом моделировании модель объекта реализуется и исследуется на электронно-вычислительной машине (ЭВМ). Метод обладает широкими возможностями и достоинствами, основными из которых являются: простота и невысокая стоимость при организации эксперимента, контролируемость и воспроизводимость его результатов [3].

Постановка задачи

Для исследования эффективности алгоритмов и устройств обработки информации с высокой степенью достоверности требуется разработать обобщенную структуру моделирующего комплекса, позволяющего в реальном масштабе времени формировать адекватное входное воздействие для ОЭС на управляемой поворотной платформе с максимальной степенью соответствия реальным условиям в виде потока видеоинформации фоно-целевой обстановки.

Для выполнения поставленной задачи необходимо:

- 1) разработать обобщенную структуру лабораторно-моделирующего комплекса (ЛМК);
- 2) разработать структуру телевизионной следящей системы;
- 3) разработать структуру имитатора воздушной обстановки;
- 4) сформировать входной для ОЭС сигнал;
- 5) определить требования к размещению телевизионной следящей системы;
- 6) определить условия моделирования и провести оценку показателей качества работы алгоритмов обнаружения, измерения, сопровождения в ОЭС.

Обобщенная структура лабораторно-моделирующего комплекса

Процесс математического моделирования работы ОЭС на ЭВМ включает в себя моделирование входных сигналов и самой системы. Иногда входной сигнал для ОЭС нецелесообразно моделировать на ЭВМ из-за сложности воспроизведения физических процессов, происходящих в канале приема и передачи оптической информации. В этом случае удобным является метод смешанного моделирования: входной сигнал моделируется физически, а ОЭС – в виде программной реализации на ЭВМ [1–4]. При этом смешанное моделирование предусматривает наличие дополнительных устройств сопряжения физических моделей с математическими, т.е. аппаратуры, имитирующей входной сигнал с ЭВМ, реализующей математические модели обработки изображений. Реализация программных модулей обработки в процессорах ЭВМ реального масштаба времени позволяет говорить о натуральном виде моделирования.

На рис. 1 представлена обобщенная структурная схема лабораторно-моделирующего комплекса (ЛМК), реализующего метод смешанного моделирования работы ОЭС. Комплекс может применяться для постановки полунатурного эксперимента в рамках проведения научных исследований обнаружителя и дискриминатора оптико-локационной системы телевизионного типа (ТВ) [2, 5].

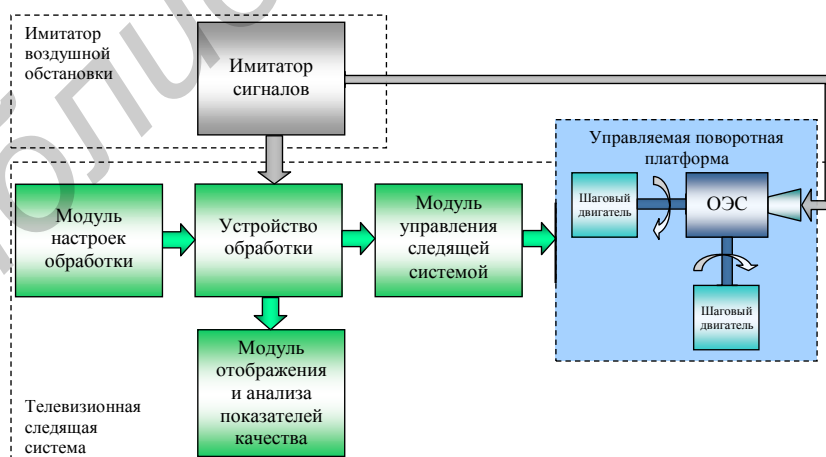


Рис. 1. Обобщенная структурная схема лабораторно-моделирующего комплекса для моделирования работы ОЭС

Лабораторно-моделирующий комплекс, представленный на рис. 1, позволяет:
– воспроизводить данные воздушной обстановки или формировать с требуемыми статистическими характеристиками и параметрами поток видеоизображений, которые являются входным воздействием для обнаружителя ОЭС ТВ;

- реализовать работу устройств обнаружения, измерения, сопровождения с заданными параметрами;
- отображать, анализировать и корректировать работу устройств обнаружения, измерения, сопровождения по данным моделирования или реальным входным данным;
- формировать сигналы управления следящей системой в автоматическом или ручном режимах (для исследования дискриминатора телевизионной следящей системы).

Комплекс реализуется в аппаратном и программном виде. Аппаратная часть ЛМК включает:

- телевизионную следящую систему (ТСС);
- имитатор воздушной обстановки (ИВО).

Телевизионная следящая система

Телевизионная следящая система предназначена для реализации алгоритмов обработки изображений для решения задачи обнаружения-измерения-сопровождения, а также исследования эффективности их работы.

В состав телевизионной следящей системы входят: оптико-электронная система телевизионного типа, устройство обработки и отображения (УОО), блок сопряжения и питания (БСП), управляемая поворотная платформа (УПП). На рис. 2 показано изображение элементов развернутого для проведения исследований ЛМК.

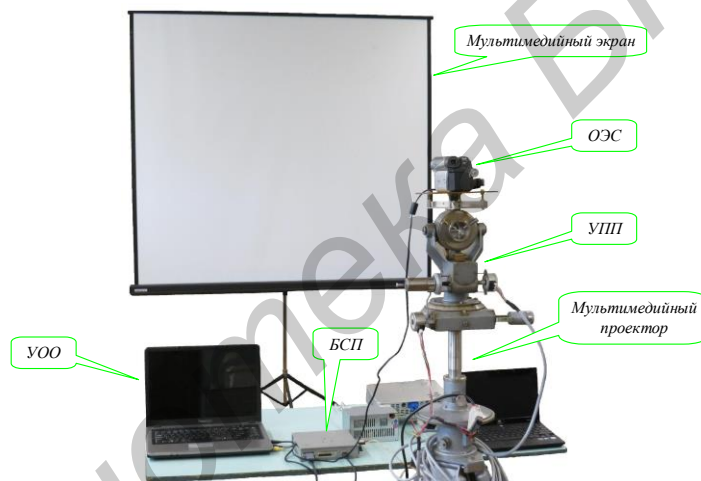


Рис. 2. Изображение развернутого лабораторно-моделирующего комплекса

Основной задачей телевизионной следящей системы является:

- обнаружение цели в поле зрения ОЭС ТВ;
- вычисление координат обнаруженной цели;
- формирование сигналов управления УПП с клавиатуры УОО для удержания изображения цели в поле зрения ОЭС ТВ (реализация ручного режима сопровождения);
- формирование сигналов управления УПП по командам с УОО для удержания изображения цели в поле зрения ОЭС ТВ (автоматическое сопровождение обнаруженной цели).

Для формирования сигналов управления поворотной платформой в ЛМК используется контур электромеханического слежения. Слежение осуществляется ориентацией оптической оси телевизионной ОЭС в направлении на цель. При этом управление оптической осью ОЭС ТВ сводится к поворотам ее по азимуту β и углу места ε . Исполнительным устройством оптико-электронной следящей системы является двухкоординатная управляемая поворотная платформа на базе шаговых двигателей (ШД).

Оптико-электронная система телевизионного типа предназначена для приема потока оптического излучения от объектов и фона и преобразования его в видеопоток цифровых электрических сигналов. В ходе проведения полунатурных исследований использовалась видеокамера с аналоговым выходом и ТВ-тюнером [5].

В качестве УОО используется ЭВМ. Данное устройство предназначено:

- для обработки сигнала, поступающего от ОЭС ТВ;
- отображения результатов обработки;
- формирования сигналов управления для поворотной платформы.

В качестве УОО может использоваться как ЭВМ, так и модуль на базе сигнального процессора или ПЛИС.

В качестве способа сопряжения ОЭС ТВ и УОО, УОО и БСП выбирается интерфейсы Ethernet или USB.

Блок сопряжения и питания предназначен:

- для питания силовой части поворотной платформы и УОО;
- преобразования сигналов управления от УОО в сигналы для поворота платформы на нужный угол.

Имитатор воздушной обстановки

Имитатор воздушной обстановки выступает в роли источника входной информации для телевизионной следящей системы.

В состав ИВО входит:

- мультимедийный экран – для отображения видеoinформации;
- оптический компьютерный проектор – для формирования видеoinформации;
- программное обеспечение с ЭВМ – для формирования или воспроизведения созданной видеoinформации.

Мультимедийный экран в ЛМК является полем обзора ОЭС ТВ. При этом для проверки алгоритмов измерения-сопровождения размер поля зрения ОЭС выбирается значительно меньшим, чем ее поле обзора.

В качестве задающего воздействия для ОЭС ТВ используется проецируемая через оптический компьютерный проектор на мультимедийный экран видеoinформация фоно-целевой обстановки. Видеoinформация представляется в виде файлов с различным расширением, например, *.avi. Создание видеofайлов, как правило, проводится в реальных условиях при помощи цифровой видеокамеры с требуемыми характеристиками и параметрами. В ходе проведения полунатурного моделирования в работе [2] использовались видеоданные реальной воздушной обстановки при полетах таких летательных аппаратов, как Як-52, Ан-2, Ми-2, беспилотных летательных аппаратов в различных погодных условиях.

Для расширения возможностей имитатора можно задействовать разработанное программное обеспечение, которое позволяет формировать поток изображений фона и цели с различной яркостью и контрастностью. При этом размеры цели можно задавать в зависимости от предполагаемой до нее дальности, а фон менять, имитируя различные погодные условия. Кроме этого, программное обеспечение позволяет выбрать траекторию движения цели с учетом требуемого для исследований диапазона ее скоростей. Изменяя форму, размеры, интенсивность излучения проецируемой на экране цели, можно осуществлять отладку и проверку возможностей разработанных алгоритмов обнаружения-измерения-сопровождения.

Основа программного обеспечения ИВО сосредоточена в программных модулях устройства обработки и отображения телевизионной следящей системы ЛМК. Структурная схема программной составляющей ТСС УОО показана на рис. 3.

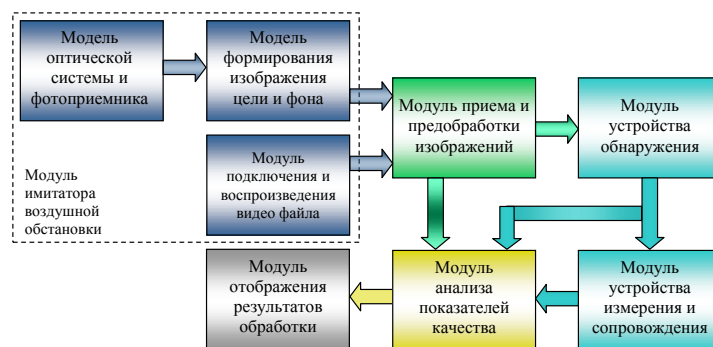


Рис. 3. Структурная схема программного модуля

Важной составляющей модуля подключения и воспроизведения видеофайла имитатора является TV-тюнер, который выступает в качестве устройства преобразования телевизионного сигнала формата PAL в поток цифровых видеоизображений. Доступ к видеопотоку осуществляется через стандартный WDM драйвер, предоставляемый разработчиком для операционной системы Windows XP.

Для разработки программных функций воспроизведения видеофайла используются возможности интегрированной среды программирования C++Builder.

Модуль приема и предварительной обработки изображений разработан для управления параметрами видеопотока с выхода реальной ОЭС. В данном модуле также реализуются операции по улучшению качества изображений в целях уменьшения шума, повышения контраста.

Результирующий поток с выхода модуля приема и предобработки поступает на вход модуля устройства обнаружения, откуда данные по результатам обнаружения в виде бинарных (сегментированных) изображений поступает в модуль устройства измерения-сопровождения.

На рис. 4, *а* представлено входное изображение в ОЭС, а на рис. 4, *б* – результирующее, после процедур обнаружения-измерения.

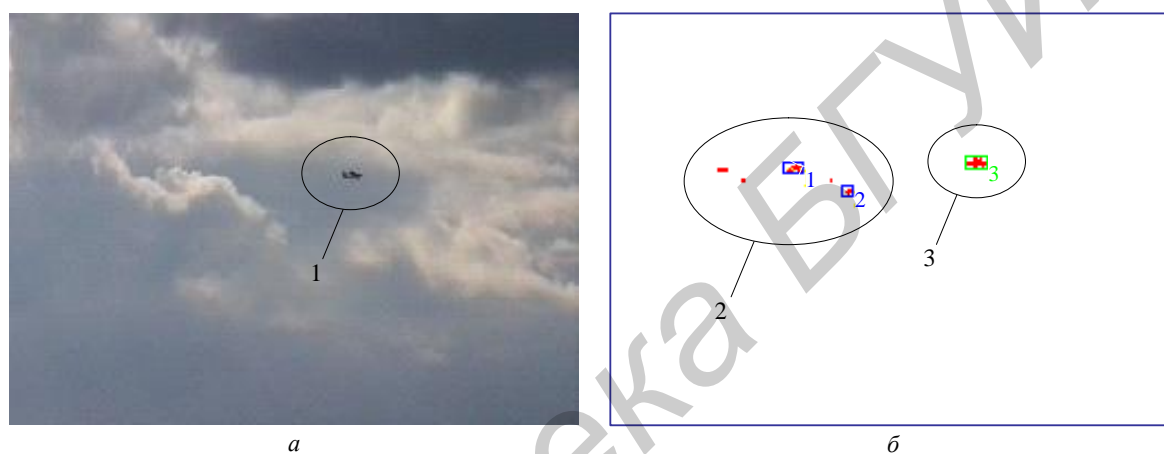


Рис. 4. Результат работы программного модуля лабораторно-моделирующего комплекса:

а – исходное изображение, *б* – изображение после процедуры обнаружения-измерения;

1 – воздушная цель; 2 – ложные объекты обнаружения; 3 – цель после процедуры присвоения номера

На этапе обнаружения на изображениях часто возникают ситуации появления нескольких объектов в виде групп пикселей (рис. 4, *б*). При этом некоторые из них представляют собой ложные отметки [3, 7]. В модуле устройства измерения-сопровождения могут быть реализованы различные подходы к выделению признаков целей и ложных объектов и их селекции. По результатам анализа признаков производится измерение координат и параметров конкретных объектов с последующим их сопровождением либо отказ от процедуры измерения-сопровождения [5].

Результаты работы модулей устройств обнаружения и измерения-сопровождения поступают в модуль анализа показателей качества, в котором оценка качества алгоритмов работы обнаружителя осуществляется с помощью характеристик обнаружения [5–7]. Качество работы устройства измерения-сопровождения в данном модуле характеризуются с помощью суммарных (флуктуационных и динамических) ошибок измерения угловых координат и угловых размеров цели [8].

Требования к размещению телевизионной следающей системы

С точки зрения сохранения максимального соответствия работы имитатора реальным условиям наблюдения необходимо учитывать особенности размещения элементов моделирующего комплекса.

На рис. 5 отображено расположение элементов развернутого ЛМК в ходе проведения полунатурного эксперимента.

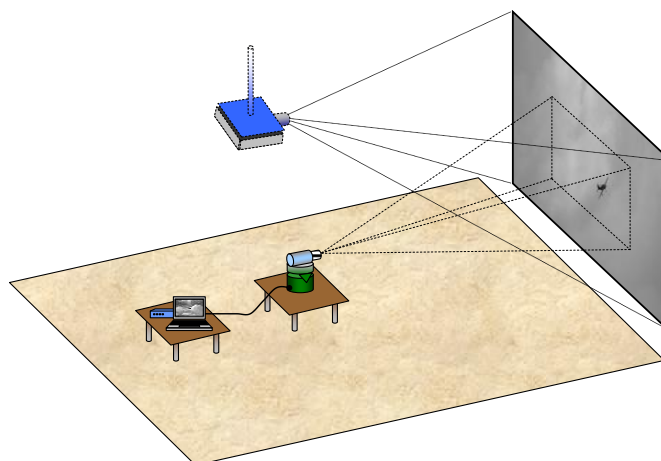


Рис. 5. Рисунок лабораторно-моделирующего комплекса в ходе проведения полунатурного моделирования

Из рис. 5 видно, что расстояние между системой обнаружения и слежения и мультимедийным экраном выбирается такое, чтобы поле зрения ОЭС было значительно меньше ее поля обзора (мультимедийного экрана). Ограниченность поля обзора мультимедийным экраном является одним из главных недостатков ЛМК, поскольку затрудняет формирование адекватного изображения. Адекватность изображения может нарушаться ввиду изменения положения поворотной платформы относительно экрана.

Видеопроектор располагается таким образом, чтобы не создавать тени от предметов помещения на проецируемом изображении экрана. В свою очередь, расположение телевизионной следящей системы должно учитывать местоположение в помещении проектора для исключения возможности создания тени на мультимедийном экране.

Настройка проектора и создание освещенности в помещении проводятся таким образом, чтобы контраст проецируемой на мультимедийный экран воздушной обстановки был максимально возможным. Окончательное согласование поля зрения и поля обзора показало, что при движении цели на экране осуществляется устойчивое обнаружение, измерение ее координат и сопровождение (рис. 4, б). Попадание в поле зрения предметов, расположенных за экраном, приводило к срыву сопровождения из-за протяженных сильных контрастных перепадов за счет малых размеров мультимедийного экрана (поля обзора).

Заключение

Представленный в статье лабораторно-моделирующий комплекс авторы считают целесообразным использовать для исследования работы оптико-локационных систем методом полунатурных испытаний. Для реализации натурной части исследований в комплексе используется телевизионная следящая система, а в качестве моделируемой части реализован имитатор воздушной обстановки, формирующий в реальном масштабе времени адекватное входное воздействие с различными физическими и статистическими характеристиками. Задающее воздействие в лабораторно-моделирующем комплексе представлено в виде потока видеoinформации фоно-целевой обстановки, которая отображается на мультимедийном экране. По сути, экран является полем обзора для оптико-электронной системы, что является ограничением для формирования адекватного входного изображения и проверки качества работы устройства измерения-сопровождения телевизионной следящей системы.

В ходе проведения экспериментов с помощью лабораторно-моделирующего комплекса осуществляется качественный и количественный анализ работы алгоритмов обнаружения-измерения-сопровождения в оптико-локационных системах. Полученные результаты позволяют осуществить быстрый и качественный переход от этапа синтеза устройств обработки изображений к их реализации в конечном техническом образце.

THE LABORATORY-MODELLING COMPLEX FOR RESEARCH OF QUALITY INDICATORS OF TELEVISION TYPE OPTICAL LOCATION SYSTEM WORK

R.A. HUTSAU, A.S. SOLONAR, S.V. TSUPRIK

Abstract

The structure of a laboratory-modeling complex for researching the quality indicators of algorithms work for detection, measurement, support in optical-location systems is offered, using for this purpose as entrance influence a stream of video of the information of phon and target conditions from the multimedia screen.

Keywords: optical-radar system, laboratory modelind complex, TV tracking system.

Список литературы

1. Зуев В.Е. Имитационное моделирование в задачах оптического дистанционного зондирования. Новосибирск, 1988.
2. Астапов Ю.М., Васильев Д.В., Заложнев Ю.И. Теория оптико-электронных следящих систем. М., 1988.
3. Горшков С.А., Гуцев Р.А. Разработка макета лабораторной установки для исследования дискриминатора оптической локационной системы. // Отчет о НИР Воен. акад. Респ. Бел. Минск, 2008.
4. Алтатов Б.А., Бабаян П.В., Балашов О.Е. и др. Системы автоматического обнаружения и сопровождения объектов. Обработка изображений и управление. М., 2008.
5. Гуцев Р.А. Принятие решения об обнаружении воздушных целей в оптико-электронных системах на основе критерия минимума среднего риска: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. Минск, 2012.
6. Артемьев В.М., Наумов А.О., Кохан Л.Л. Обработка изображений в пассивных обзорно-поисковых оптико-электронных системах. Минск, 2014.
7. Бакут П.А., Лабунец В.Г. // Зарубеж. радиоэлектроника. 1987. № 10. С. 81–93.
8. Марков Л.Н. Основы автоматического управления систем радиоэлектронных средств. Телевизионно-оптические измерители координат и параметров объектов. Минск, 1988.