

УДК 629.7.05

ВАТИК М. ХУССЕЙН

*Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Украина***МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА НАВИГАЦИИ ДИНАМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ  
НА ОСНОВЕ ОБРАБОТКИ ВИДЕОИЗОБРАЖЕНИЯ**

*Целью данного научного исследования является использование оптической системы коррекции траектории полета летательного аппарата (ЛА) во время посадки в область, заданную сигнальными объектами (СО) в условиях плохой видимости, а также решение задачи навигации по заданной траектории и посадка беспилотного ЛА в заданную сигнальными огнями область с использованием видеоуправления. В работе рассматривается задача навигации ЛА посредством методов определения относительно небольшого смещения между текущим изображением (ТИ) и предыдущим (ПИ). Для определения разности между изображениями применяется теория геометрических преобразований, а также аппарат нечеткой логики.*

**Ключевые слова:** навигация, динамическая система, сигнальные объекты, беспилотный летательный аппарат, видеоуправление, нечеткая логика.

**Введение**

Основной тенденцией развития современных систем управления беспилотными летательными аппаратами является увеличение обрабатываемой информации, получаемой бортовыми датчиками, с целью уточнения расчетов траектории движения.

При этом возникает проблема обработки получаемых данных за оптимальное время. Все это выдвигает перед персоналом управления ЛА задачи, решение которых зачастую превышает возможности человека. Поэтому предлагается использовать альтернативные методы навигации и посадки ЛА.

**1. Существующие методы навигации и посадки**

В статье [1] рассматривается возможность применения самообучающейся искусственной нейронной сети для корректировки движения беспилотного летательного аппарата на этапе его посадки в заданную точку в условиях плохой видимости. В качестве нейронной сети выбрана сеть Кохонена. Данный подход имеет недостаток, в частности, он не позволяет непосредственно включить в контур управления опыт оператора. В статье [2] предложен алгоритм наведения планирующей парашютной системы с приземлением против ветра, учитываются ограничения скорости хода строп управления. Но этот подход также имеет свои недостатки: неточность метода посадки и ненадежность парашютной системы.

Перечислим существующие методы навигации и посадки беспилотного ЛА. К ним относятся:

- посадка с помощью оператора;
- посадка на ловушку;
- парашютная посадка;
- автопилот для мягкой посадки.

Опишем преимущества и недостатки выше приведенных методов.

Посадка с помощью оператора обладает следующим достоинством:

- точное наведение ЛА на место посадки.

Недостатки данного метода:

- обработка оператором большого количества информации;

- высокие затраты на подготовку кадров.

Достоинство посадки на ловушку – это посадка в заданную область (ловушку) из любой точки пространства.

Недостатки следующие:

- управление самой ловушкой;
- привязка к местности, где установлена ловушка.

Парашютная посадка имеет такое достоинство:

- низкая себестоимость оборудования.

Недостатки данного метода:

- неточность места посадки;
- ненадежность парашютной системы.

Достоинство автопилота для мягкой посадки – это полная автономность полета.

Недостатки этого метода:

- сложная система управления (+вес, оборудование);
- ограниченность посадки для различных покрытий.

Технология предлагаемого метода посадки ЛА такова: на ЛА устанавливается камера. Сразу после

взлета подается сигнал на ее включение. Камера снимает непрерывный видеопоток, который передается на подсистему регистрации изображений (наземная станция управления).

С определенной частотой во времени из видеопотока извлекается изображение. С помощью мето-

дов реализации блока определения геометрических параметров происходит сравнение между кадрами, снятыми в различные промежутки времени, а по результатам их обработки производится коррекция курса ЛА с помощью направленного сигнала на органы управления (рис. 1).

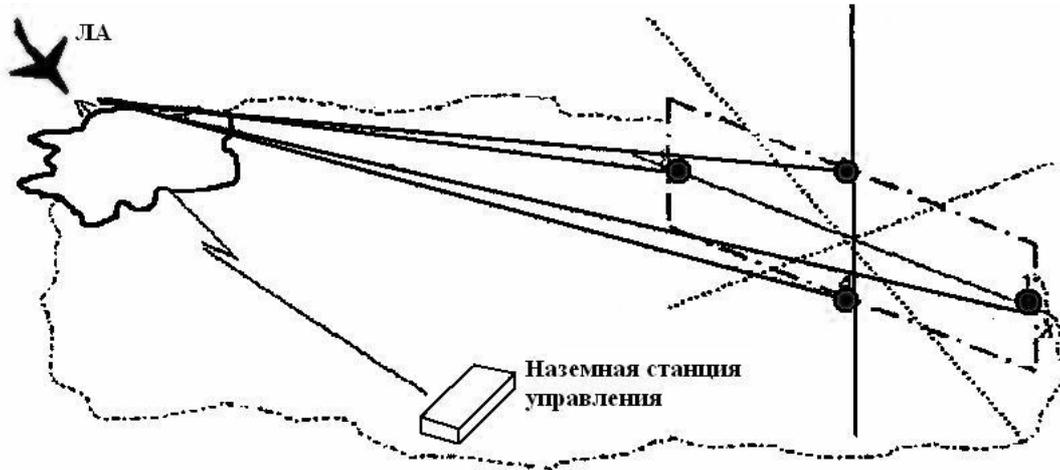


Рис. 1. Обобщенная схема работы системы определения относительного смещения

## 2. Предварительная обработка изображений

С помощью видеокамеры производится съемка видеоизображения, затем осуществляется захват кадров из видеопотока. Далее полученные кадры преобразовываются к матричному виду, причем цвета представляют собой оттенки серого, т.е. из

цветного диапазона RGB переводятся в диапазон Grayscale, в котором цветам соответствуют значения от 0 до 255. Все эти действия производятся для упрощения обработки данных [3].

На рис. 2 приведена схема обработки изображения, где  $m, n$  – размеры изображения,  $a$  – значение яркости пикселя, расположенного на пересечении координат  $i$  и  $j$ ,  $a = 0 \dots 255$ .



Рис. 2. Схема обработки изображения

## 3. Уточнение изображений и анализ количества СО

Пусть имеются предыдущее и текущее черно-белые изображения. Применим к ним алгоритм уточнения изображений. Этот алгоритм заключается

в том, что матрица изображения умножается на транспонированную, а также на коэффициент яркости среды, который определяется специальным прибором.

В результате получаем изображение с четко выраженными сигнальными объектами. Эти преоб-

разованные изображения подаем на нечеткий оценщик (Fuzzy Logic Estimator).

Опишем работу блока Fuzzy Logic Estimator (блок грубой настройки): данный блок позволяет нам оценить, в каком положении относительно ЛА находятся сигнальные огни. Например, пусть имеется 2 сигнальных объекта (2D – изображение). Мы можем видеть 0, 1, либо 2 СО. В случае двух СО курс оставляем в близком к предыдущему направ-

лению. В случае с одним – применяем метод поординатного поиска. В случае отсутствия СО на изображении применяем метод исследовательского поиска [4].

Далее возвращаемся к блоку уточнения изображений, пока не будем видеть все сигнальные огни.

На рис. 3 показан пример работы метода уточнения изображения.

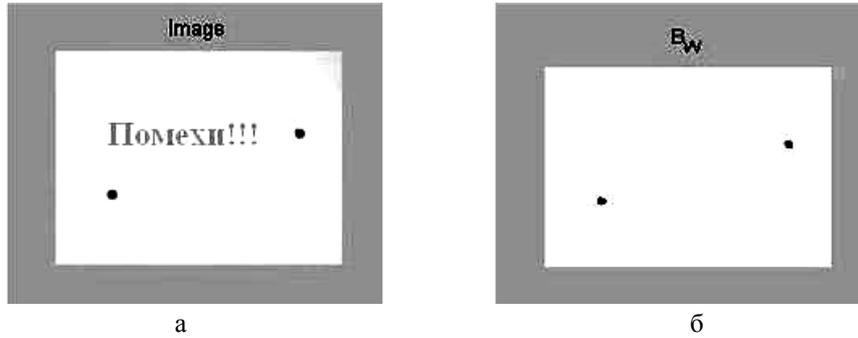


Рис. 3. Метод уточнения изображения:  
а – исходное изображение; б – уточненное изображение

#### 4. Предлагаемая модель

Рассмотрим модель управления БЛА с помощью видеокamеры (рис. 4).

В начальный момент времени наш ЛА находится на определенной высоте  $h_0$  над землей, на рас-

стоянии  $l_0$  до места посадки и под углом  $\alpha_0$  к плоскости, ограниченной СО.

По разнице между ПИ и ТИ возможно определить, как изменились эти три величины.

Для этого используем геометрические преобразования.

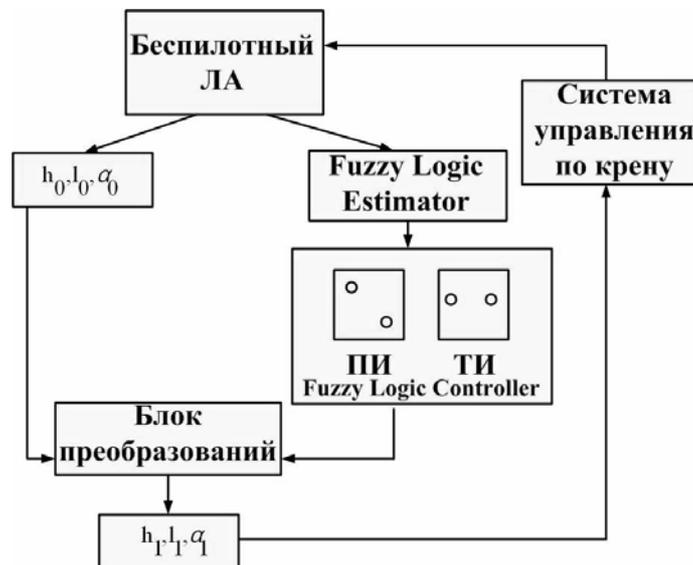


Рис. 4. Модель управления БЛА с помощью видеокamеры

##### 4.1. Виды геометрических преобразований, используемых при навигации и летательного аппарата

При навигации ЛА [5] мы будем использовать следующие методы:

– линейные преобразования. Они также называются проективными, при данных преобразованиях прямые переходят в прямые;

– аффинные преобразования. При данных преобразованиях сохраняется параллельность линий. Примером таких преобразований является сдвиг;

– преобразование подобия. Данные преобразования сохраняют углы. Пример – равномерное масштабирование;

– изометрия. При изометрии сохраняются расстояния. Пример: поворот, перенос.

Линейные преобразования применяются к каждой точке (вершине) модели. Они не изменяют топологию, что очень важно при работе с изображением.

#### 4.2. Применение нечеткой логики для коррекции курса ЛА

На рис. 5, в центре находится ПИ, а по периферии – возможные варианты ТИ (пока ограничимся

случаем с двумя СО).

На рисунке наглядно показано, как изменяется положение ЛА относительно СО при различных вариантах ТИ.

Сопоставим изображения определенным классам. Разобьем изображение на квадраты (рис. 6). Если расположение СО соответствует рис. 6, а, то изображение относим к классу 1; рис. 6, б – к классу 2 и т.д.

Теперь применим аппарат нечеткой логики. В блоке Fuzzy Logic Controller (блок тонкой настройки) происходит сравнение изображений по классам и определяется оптимальное геометрическое преобразование, которому соответствуют смещения ЛА в пространстве, т.е.  $\Delta h, \Delta l, \Delta \alpha$ .

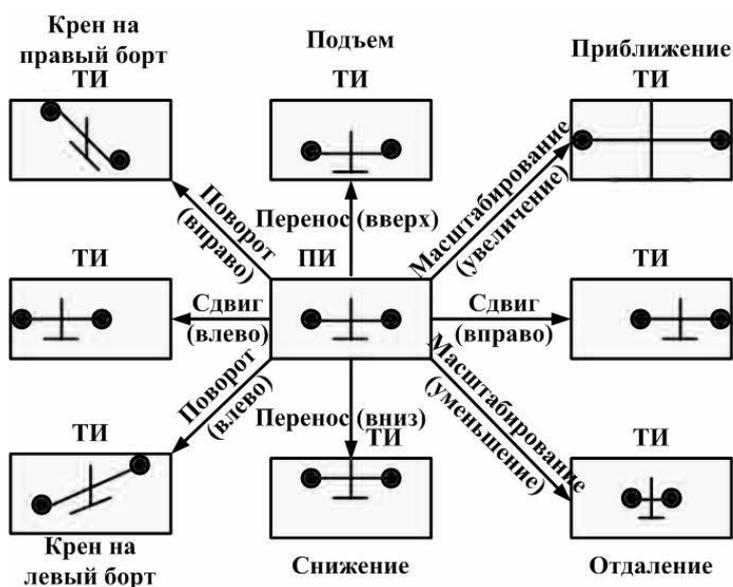


Рис. 5. Примеры применения геометрических преобразований при работе с изображениями

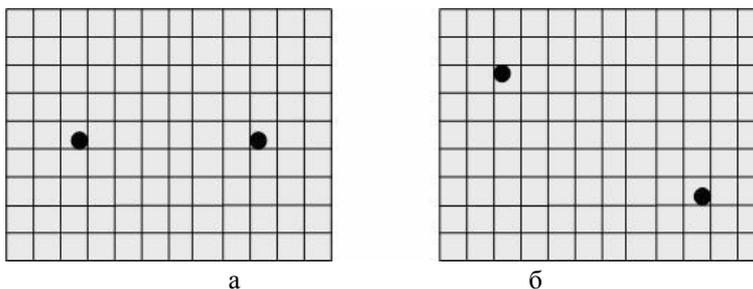


Рис. 6. Разбиение изображения: а – для класса 1; б – для класса 2

Покажем применение блока Fuzzy Logic Controller на примере системы второго порядка (физический маятник).

Рассматриваем замкнутую систему. На вход FLC подается желаемое положение маятника и его текущая координата. На выходе FLC получаем

управляющее воздействие для стабилизации маятника в желаемое положение.

На рис. 7 приведена модель колебательной системы с нечетким управлением [6], а на рис. 8 – график управляющего воздействия, который является результатом работы данной системы.

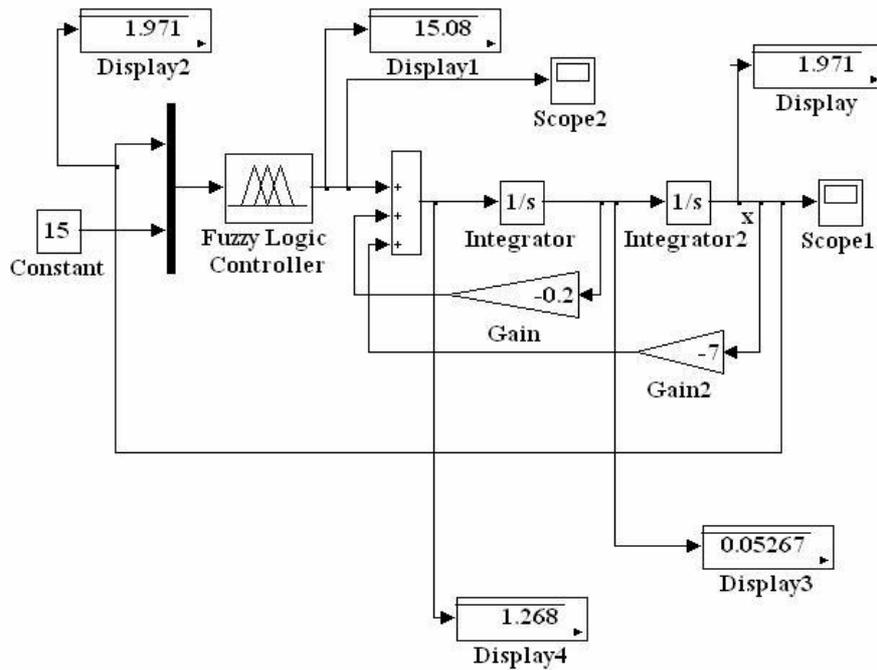


Рис. 7. Колебательная система с нечетким управлением

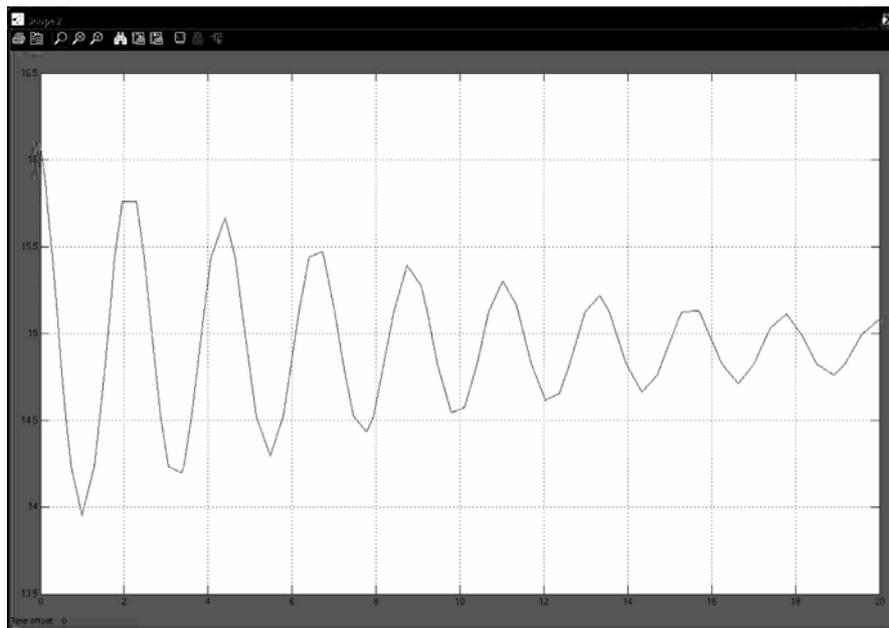


Рис. 8. График управляющего воздействия

## Заключение

В данной исследовательской работе были представлены схемы и методы обработки изображений. На модели маятника был рассмотрен пример нечеткого управления динамической системой.

Перспективами данного научного исследования являются:

- внедрение в беспилотный ЛА;
- дальнейшая разработка специального программного обеспечения.

## Литература

1. Фирсов С.П. Применение самообучающейся искусственной нейронной сети для наведения летательного аппарата в заданную точку / С.П. Фирсов // *Навигация и управление движением: материалы докладов V конференции молодых ученых "Навигация и управление движением", 11-13 марта 2003 г.* – СПб., 2004. – С. 143-148.
2. Гимадиева Т.З. Алгоритм управляемой посадки планирующей парашютной системы / Т.З. Ги-

мадиева // Изв. вузов. Авиационная техника. – 2005. – № 2. – С. 12-15.

3. Форсайт Д. Компьютерное зрение. Современный поход: пер. с англ. А.В. Назаренко / Д. Форсайт, Д. Понс. – М.: Издательский дом "Вильямс", 2004. – 928 с.

4. Уайлд Д. Методы поиска экстремума: пер. с англ. под ред. А.А. Фельдбаума / Д. Уайлд. – М.: Наука, 1967. – 257 с.

5. Баклицкий В.К. Методы фильтрации сигналов в корреляционно-экстремальных системах навигации / В.К. Баклицкий, А.М. Бочкарев, М.П. Мусьяков. – М.: Радио и связь, 1986. – 216 с.

6. Соколов Ю.Н. Компьютерный анализ и проектирование систем управления: учеб. пособие / Ю.Н. Соколов. – Х.: Нац. аэрокосм. ун-т «Харьк. авиац. ин-т», 2005. – Ч. 1: Непрерывные системы. – 260 с.

Поступила в редакцию 3.09.2008

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф., проф. кафедры А.Ю. Соколов, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков.

### МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ НАВІГАЦІЇ ДИНАМІЧНОЇ СИСТЕМИ НА ОСНОВІ ОБРОБКИ ВІДЕОЗОБРАЖЕННЯ

*Ватік М. Хуссейн*

Метою даного наукового дослідження є використання оптичної системи корекції траєкторії польоту літального апарату (ЛА) під час посадки в область, задану сигнальними об'єктами (СО) в умовах поганої видимості, а також рішення задачі навігації по заданій траєкторії і посадки безпілотного ЛА в задану сигнальними вогнями область з використанням відеоуправління. В цій роботі розглядається проблема навігації ЛА за допомогою методів визначення відносного зміщення між теперішнім зображенням (ТЗ) та попереднім (ПЗ). Для визначення різниці між зображеннями будемо використовувати теорію геометричних перетворень, а також апарат нечіткої логіки.

**Ключові слова:** навігація, динамічна система, сигнальні вогні, безпілотний літальний апарат, відеоуправління, нечітка логіка.

### MODELING OF NAVIGATION PROCESS OF DYNAMIC SYSTEM WITH USING OF VISION RESPONSIVE CONTROL

*Wathik M. Hussein*

The purpose of this scientific research is using of optical system for correction movement of an aircraft (LA) during landing in area given by landmarks (LM) under conditions of adverse visibility, as well as decision for problem of navigation by given trajectory and pilotless aircraft during landing in area given by LM with using of vision responsive control. This article deals with the problem of navigation LA by the use of methods for determining the relative displacement between the current image (CI) and the previous (PI). For determining the difference between the images will be used the theory of geometric transformations, as well as the mechanism of fuzzy logic.

**Key words:** navigation, dynamic system, signal objects, pilotless aircraft, vision responsive control, fuzzy logic.

**Ватік М. Хуссейн** – аспірант кафедри інформатики Национального аэрокосмического университета им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков, Украина.