

АЛГОРИТМ УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ НЕОБИТАЕМОГО ПОДВОДНОГО АППАРАТА ПО ВИДЕОИНФОРМАЦИИ НА ОСНОВЕ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ

С.Ю. Сакович

Санкт-Петербургский Государственный Морской Технический Университет
Россия, 190121, Санкт-Петербург, ул. Лоцманская, 3
E-mail: Sergeysakovich@mail.ru

Ю.Л. Сиек

Санкт-Петербургский Государственный Морской Технический Университет
Россия, 190121, Санкт-Петербург, ул. Лоцманская, 3
E-mail: Siek@mail.ru

Ключевые слова: необитаемый подводный аппарат, система видеонаблюдения, видеокадр, визуализация, нечеткий алгоритм управления движением.

Аннотация: Эффективность функционирования необитаемого подводного аппарата, движущегося в придонном слое, зависит от реализованного алгоритмического обеспечения. При выполнении подводных работ часто используются видеосистемы, данные от которой могут использоваться для управления движением необитаемого подводного аппарата. В статье представлены результаты применения видеоинформации для управления перемещением подводного аппарата вблизи обследуемого объекта на морском дне. Описана структура нечеткого алгоритма управления движением аппарата по видеоинформации, а также приведены результаты имитационного моделирования процесса управляемого движения необитаемого подводного аппарата по видеоинформации при обследовании подводных объектов.

1. Введение

В процессе освоения Мирового океана важную роль отводят необитаемым подводным аппаратам (НПА), которые позволяют решать задачи разведки ресурсов на дне, разработки и обслуживания морских нефтегазовых месторождений, осуществлять поиск и исследование подводных объектов. В процессе выполнения рабочего задания НПА осуществляет перемещение над поверхностью морского дна в процессе поиска цели миссии или реализует сложное пространственное маневрирование в непосредственной близости к обследуемому объекту. Данный режим движения характерен при выполнении обзорных работ, а также при решении исследовательских задач. Система управления движением (СУД) аппарата обеспечивает реализацию необходимых перемещений вблизи обследуемого объекта, при этом в алгоритмическом обеспечении НПА используется информация от датчиков внешней среды.

При выполнении обзорных работ, используются НПА оборудованные телевизионными средствами визуального контроля рельефа дна и объектов, что позволяет

включить в контур СУД видеоинформацию, а в алгоритмическом обеспечении бортовой вычислительной сети использовать методы обработки изображений[1,2].

Неточности и неопределенности информации, поступающей в бортовую вычислительную сеть, оказывают значительное влияние на качество функционирования НПА. При реализации придонного режима движения указанными свойствами обладают данные, поступающие от системы технического зрения (СТЗ). Рациональным способом компенсации влияния указанных факторов в алгоритмическом обеспечении СУД является применение эффективных методов искусственного интеллекта.

Организация движения НПА, который является сложным динамическим объектом, функционирующим в условиях изменяющейся внешней среды, требует применения алгоритмов интеллектуального управления. Синтез подобных алгоритмов может быть основан на использовании нечетких продукционных моделей[3]. Данный подход позволяет уменьшить влияние неточности и неопределенности входной информации, поступающей от СТЗ, на качество процесса управления движением НПА.

2. Управление по видеоинформации

Применение видеоданных для управления динамическими объектами основано на подходе визуального управления [1]. В рамках данного подхода разработан метод управления движением НПА по видеоинформации на основе анализа изображений окружающей среды.

Видеоинформация представляет последовательность кадров, поступающих от видеокамер в бортовое вычислительное устройство НПА. Методы обработки изображений позволяют по кадрам видеосистемы получить параметрическое описание обследуемого объекта, которое используется в алгоритме управления движением НПА.

Водная среда обладает негативными факторами, влияющими на процесс формирования изображений в придонном слое[2]. К ним относится неоднородность подсветки, мутность воды, дисторсии и другие оптические искажения, оказывающие влияние на качество процесса управления движением НПА. Компенсация неточности и неопределенности среды функционирования, требует построения интеллектуальной СУД. Синтез алгоритма управления движением НПА основан на теории нечеткой логики, в рамках которой выбран механизм нечеткого логического вывода Мамдани [2].

2.1 Формирование параметрического описания объекта

В общем случае цифровое изображение представляет массив пикселей. Все объекты в кадре, определяются соответствующим им набором областей с заданными цветами, формируемыми группами пикселей. Методы обработки изображений позволяют выделить в кадре различные визуальные части, такие как фон, обследуемый объект, камни и др. При этом все элементы изображения являются отображением трехмерной поверхности на плоскости.

Перемещение НПА вблизи дна связано с движением по поисковой траектории в районе выполнения задачи или возле обследуемого объекта. В первом случае реализуются алгоритмы управления движением НПА на основе позиционной информации[2]. Во втором случае используется информация о положении обследуемого объекта в кадре, при этом задачей, решаемой при работе алгоритма управления движением НПА, является получение заданного отображения цели.

Форма обследуемого объекта заранее может быть неизвестной или искаженной. В таком случае, для упрощения параметрического описания, объект заменяется геометрическим примитивом, например четырехугольником или прямоугольником. На рисунке 1 представлен пример замены обследуемого объекта сложной формы на изображении геометрическим примитивом.

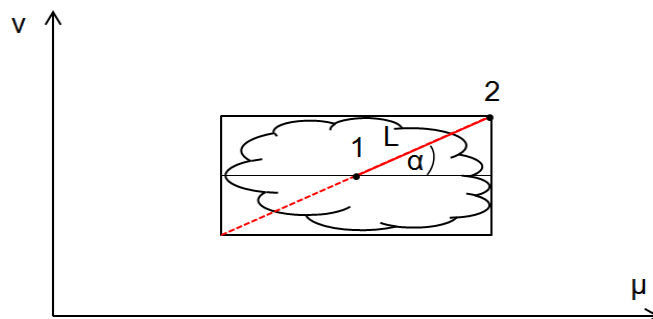


Рис. 1. Пример замены обследуемого объекта геометрическим примитивом в кадре. На рисунке обозначено: μ, ν - координаты пикселей в кадре, 1 - точка пересечения диагоналей прямоугольника, 2 - вершина прямоугольника, L - длина половины диагонали, α - угол наклона диагонали к продольной стороне прямоугольника.

Обозначенные на рисунке 1 величины применяются для описания положения объекта в кадре и используются в нечетком алгоритме управления движением НПА.

2.2. Синтез нечеткого алгоритма управления движением НПА

Управление пространственным перемещением НПА требует обеспечить возможность регулировать линейные и угловые скорости, для движения в трех плоскостях. Нечеткий алгоритм управления (НАУ) объединяет несколько нечетких регуляторов. Каждый из них производит однозначное преобразование вектора входных сигналов в выходные, используя механизм нечеткого вывода. Алгоритм управления движением НПА по видеоинформации, объединяет три нечетких регулятора, каждый из которых обеспечивает пространственное перемещение аппарата по соответствующим линейным и угловым скоростям. Входной информацией первого нечеткого регулятора являются параметры S_x и S_y , определяющие координаты точка пересечения диагоналей прямоугольника в связанной с НПА системой координат. Данный регулятор используется для управления движением по линейным скоростям в продольной и боковой плоскости. Параметр L – половина длины диагонали, используется во втором нечетком регуляторе для управления движением в вертикальной плоскости. Угол наклона диагонали к продольной стороне прямоугольника α определяет в каждый момент времени необходимый разворот НПА относительно объекта. Данный параметр используется в третьем нечетком регуляторе для управления по угловой скорости в горизонтальной плоскости. Структура НАУ НПА по видеоинформации представлена на рисунке 2.

Синтез НАУ функционирующего на основе модели нечеткого вывода Мамдани осуществляется в несколько шагов[3]. На первом этапе определяется система нечетких продукционных правил. В общей форме, система с несколькими входами и выходами может быть интерпретирована на основе системы продукционных правил, вида *ЕСЛИ - ТО* с мультиантецедентными и мультиконсеквентными переменными. Система нечетких продукционных правил содержит формализованные знания о методах управления НПА в различных ситуациях и характере его функционирования в различных условиях. Множество правил оперирует логико-лингвистическими входными и выходными пере-

менными, значения которых задаются терм-множествами и их функциями принадлежности.



Рис. 2. Структура НАУ НПА по видеоинформации.

Синтез НАУ предполагает применение подхода к построению системы используя методы теории идентификации систем, что требует решения задач определения структуры системы правил и параметров функций принадлежности элементов терм-множеств выбранных лингвистических переменных. Последовательность настройки параметров НАУ представлена на рис. 3.

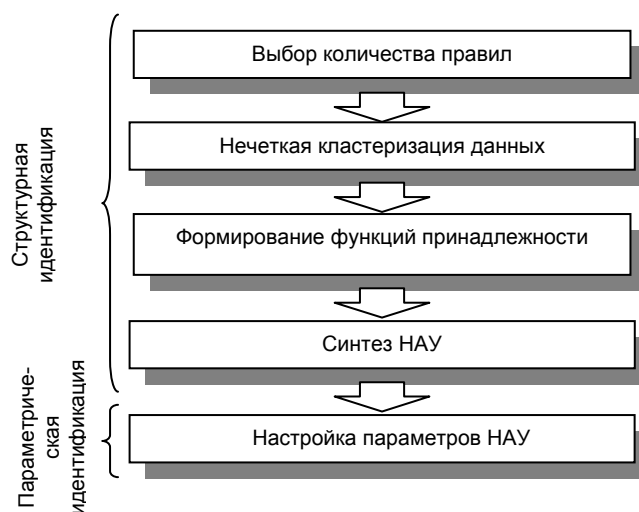


Рис. 3. Структура метода синтеза НАУ НПА по видеоданным.

В правилах агрегирование определяется на основе операции *min*. Нечеткий вывод выполняется по нечеткому композиционному правилу *minmax*. Дефазификация используют метод центра тяжести. Настройка параметров терм множеств выполняется на основе идентификационного подхода. Для определения параметров функций принадлежности лингвистических переменных antecedентов и консеквентов правил применяется алгоритм нечеткой кластеризации С-средних. После формирования функций принадлежности, выполняется построение нечеткого регулятора. На этапе параметрической идентификации на основе решения задачи условной оптимизации выполняется настройка параметров регулятора.

3. Результаты имитационного моделирование

Проведено имитационное моделирование движения НПА с использованием нечеткого алгоритма управления вблизи дна по видеоинформации. Параметрическое описание обследуемого объекта применяемое для управления движением оценивается по видео данным. Особенность рассматриваемого алгоритма заключается в использовании модели нечетких рассуждений Мамдани, а также идентификационного подхода при настройке параметров алгоритма управления. На рисунке 4 представлен результат имитационного моделирования пространственного движения полюса НПА в процессе обследования объекта на морском дне по рассмотренному методу синтеза нечеткого алгоритма управления движением по видеоинформации.

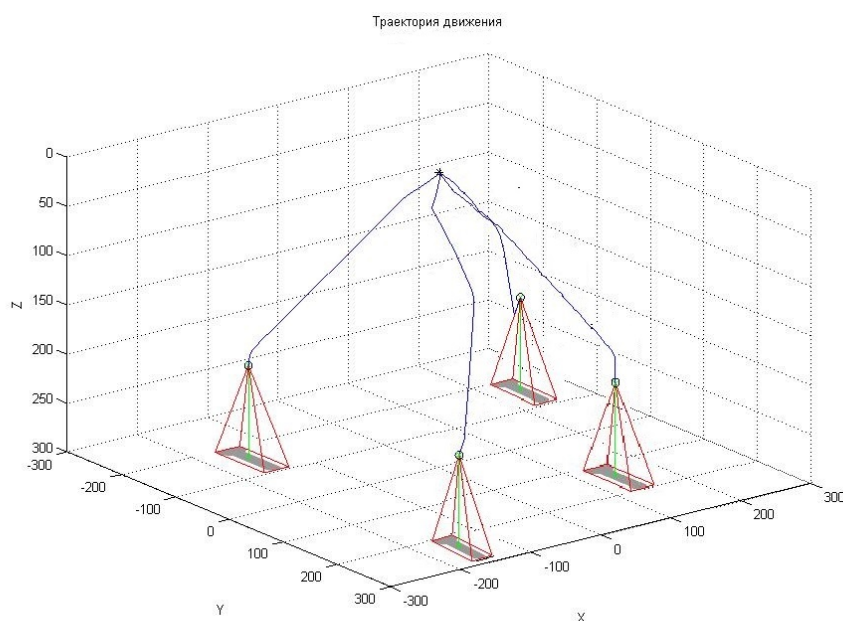


Рис. 4. Траектории движения НПА с использование нечеткого алгоритма управления движением на основе анализа изображения.

4. Выводы

Использование видеоданных, получаемых от бортовых камер НПА для управления движением повышает общий уровень автоматизации СУД как для режимов супервизорного управления оператором, так и при автоматическом функционировании. При этом на качество процесса управления оказывают влияние неточности и неопределенности, вызванные внешними возмущениями. Применение методов искусственного интеллекта при разработке бортового алгоритмического обеспечения позволяет компенсировать влияние данных факторов и повысить робастность СУД. Для учета внешних возмущений рационально использовать методы нечеткой логики. В статье представлен метод синтеза алгоритма управления движением НПА по видеоинформации от бортовой видеосистемы и приведены результаты имитационного моделирования пространственного перемещения НПА. Полученные результаты продемонстрировали рациональность применения разработанного алгоритмического обеспечения СУД необходимого для организации управления движением НПА по видеоданным в процессе выполнения обзорных работ.

Список литературы

1. Scisiliano B., Khanib. O. Handbook of Robotics. New-York: Springer, 2010. 1628 с.
2. Сакович С.Ю., Сиек Ю.Л. Позиционное управление движением необитаемого подводного аппарата по видеоинформации в процессе осмотра подводного трубопровода // Журнал Морские интеллектуальные технологии. 2018. Т. 1, № 2 (40). С. 127-133.
3. Борисов, В.В. Круглов В.В., Федулов А.С. Нечеткие модели и сети / 2-е изд. М.: Горячая линия - Телеком, 2015. 284 с.