

Наблюдение за окружающей обстановкой на море с использованием технологии дополненной реальности

Седова Нелли Алексеевна

*Морской государственный университет им. адм. Г.И. Невельского
доцент*

Седов Виктор Александрович

*Морской государственный университет им. адм. Г.И. Невельского
заведующий кафедрой*

Аннотация

В работе представлены предварительные результаты по использованию технологии дополненной реальности для наблюдения за окружающей обстановкой движущегося морского судна с нейросетевым распознаванием и классификацией распознанных динамических или стационарных объектах, встречаемых на траектории движения судна.

Ключевые слова: безопасность мореплавания, дополненная реальность, нейронная сеть, распознавание.

Sea surround observing from the ship, using augmented reality technology

Sedova Nelly Alekseevna

*Maritime State University named after G.I. Nevelskoy
assistant professor*

Sedov Viktor Aleksandrovich

*Maritime State University named after G.I. Nevelskoy
head of department*

Abstract

Preliminary results usage of augmented reality technology for monitoring the environment from a moving marine ship with neural network recognition and classification of recognized dynamic or stationary objects encountered on the ship's path presents in this paper.

Keywords: safety of navigation, augmented reality, neural network, recognition

Обеспечение безопасности плавания морских судов невозможно без надлежащего визуального наблюдения за окружающей обстановкой. Использование для судовождения технологии дополненной реальности (ДР), которые способствуют расширению возможностей по такому наблюдению, в настоящее время осуществляется не в должной мере. В настоящей статье представлены предварительные результаты по использованию технологии ДР

для наблюдения за окружающей обстановкой движущегося морского судна (ДМС) путём добавления информации об обнаруженных и распознанных динамических (как управляемых, так и не управляемых) или стационарных объектах (ДСО), встречаемых на траектории движения ДМС.

Заслуженное широкое распространение технологии ДР получили в задачах управления воздушными судами, в частности, в статье [1] представлен мобильный комплекс, в основе которого лежит «небесный туннель», представляющий собой визуальный интерфейс для воздушных пилотов. Авторами [1] представлена стереоскопическая версия такого туннеля с использованием специальных очков ДР с мобильным устройством в качестве контроллера и встроенным инфракрасным трекингом. В работе [2] предложена технология инверсной дополненной реальности, подразумевающая случай, когда именно виртуальный мир дополняется объектами реального мира, при этом используется шлем виртуальной реальности. Предложенный автором [2] тренажёр предназначается для водителей аэродромных погрузчиков контейнеров, специфика работы которых подразумевает как пребывание в кресле, так и перемещение в пространстве [2].

Авторами работ [3, 4] указываются преимущества применения технологии ДР для обеспечения безопасности плавания морских судов. К таким преимуществам относятся, главным образом, расширение возможностей обеспечения контроля за окружающей ДМС обстановкой, что обеспечивает «ситуационную осведомлённость» [3] лица, принимающего решения на морском судне. Авторы указывают, что использование технологии дополненной реальности также позволяет увеличивать производительность судоводителей или др. лиц, принимающих решения. Таким образом, всё вышеперечисленное подтверждает актуальность разработок, связанных с привлечением технологии ДР для визуального наблюдения за окружающей обстановкой с движущегося морского судна.

Цель настоящей работы заключается в исследовании технологии дополненной реальности для разработки автоматической системы наблюдения за окружающей обстановкой с движущегося морского судна, включающей обнаружение и распознавание различных динамических или стационарных объектов, которые могут встретиться на траектории движения морского судна.

Достижению поставленной цели предшествовало решение следующего комплекса задач.

Задача 1. Определить функциональное назначение автоматической системы наблюдения за окружающей обстановкой ДМС.

Задача 2. Определить основные категории ДСО, обнаружение и распознавание которых необходимо для обеспечения безопасности плавания.

Задача 3. Разработать методику обнаружения основных категорий динамических или стационарных объектов.

Задача 4. Разработать метод распознавания обнаруженных ДСО.

Задача 5. Разработать подсистему звукового и светового оповещения в случаях, когда обнаруженные динамические или стационарные объекты представляют среднюю или высокую степень опасности для движущегося морского судна.

Задача 6. Реализовать подсистему визуализации информации об обнаруженных и распознанных ДСО.

Научная значимость представленных результатов обусловлена, во-первых, разработанной методикой обнаружения динамических или стационарных объектов, во-вторых, разработкой нейросетевого метода их распознавания.

Практическая значимость заключается в том, что использование результатов проведённой работы позволяет увеличить уровень безопасности плавания морских судов за счёт организации автоматического наблюдения за окружающей обстановкой и снижения утомляемости лиц, принимающих решения на судне.

1. Функциональное назначение автоматической системы наблюдения за окружающей движущееся морское судно обстановкой

Разрабатываемая автоматическая система наблюдения за окружающей обстановкой ДМС предназначена для автоматического или частично автоматизированного выполнения следующих задач:

1) обнаружение появления новых ДСО, располагающихся в зоне чрезмерного сближения (в перспективе предполагается обнаружение таких объектов и в более широкой зоне);

2) определение координат и других параметров обнаруженных динамических или стационарных объектов, например, пеленга, курса и скорости ДСО;

3) распознавание обнаруженных динамических или стационарных объектов, т.е. определение категории ДСО, а также вывод предварительной информации, какую опасность могут представлять представители этой категории;

4) определение уровня опасности столкновения обнаруженных динамических (как управляемых, так и не управляемых) или стационарных (неуправляемых) объектов с движущимся морским судном;

5) подача светозвукового сигнала в случаях, когда обнаруженные динамические или стационарные объекты представляют среднюю или высокую степень опасности для ДМС;

6) выдача оповещения и передача имеющейся информации об опасных обнаруженных ДСО другим заинтересованным структурам, например, системам управления движением судов.

Следует отметить, что для определения уровня опасности столкновения обнаруженных динамических или стационарных объектов с движущимся морским судном используются ранее разработанные авторами методы, использующие технологии нейронных сетей и теории нечётких

множеств [5-8]. В частности, в работах [5-7] представлены результаты, позволяющие по информации о пеленге, курсе, скорости динамического объекта, находящегося в зоне чрезмерного сближения с движущимся морским судном, автоматически определять одну из трёх степеней опасности или формировать рекомендацию относительно принятия решения о расхождении. В работе [8] представлены результаты, позволяющие принимать адекватные решения в зависимости от того, как обнаруженный стационарный объект располагается по отношению к движущемуся морскому судну.

2. Методика обнаружения динамических или стационарных объектов

Автоматическое обнаружение динамических или стационарных объектов осуществляется с использованием любого источника получения видеоизображения, например, веб-камеры, установленной на движущемся морском судне. Для обнаружения ДСО реализовано специализированное программное обеспечение, для создания которого использовались следующие программные средства: Visual Studio 2015 с пакетом Visual C++ и Open Computer Vision (OpenCV) Version 3.1.

Методика автоматического обнаружения ДСО содержит следующие этапы.

На первом этапе производится получение видеоизображения, соответствующего текущей наблюдаемой ситуации окружающей ДМС обстановки. Совокупность таких видеоизображений, предварительно полученных путём проведения натурных испытаний, используется в методе распознавания ДСО.

На втором этапе осуществляется снятие фотоизображений с видеоизображения, производится предварительный анализ полученных изображений. Для разработки метода распознавания ДСО на этом же этапе осуществлялось установление категории динамических или стационарных объектов для каждого полученного фотоизображения, такая информация использовалась в дальнейшем для составления примеров обучающей выборки.

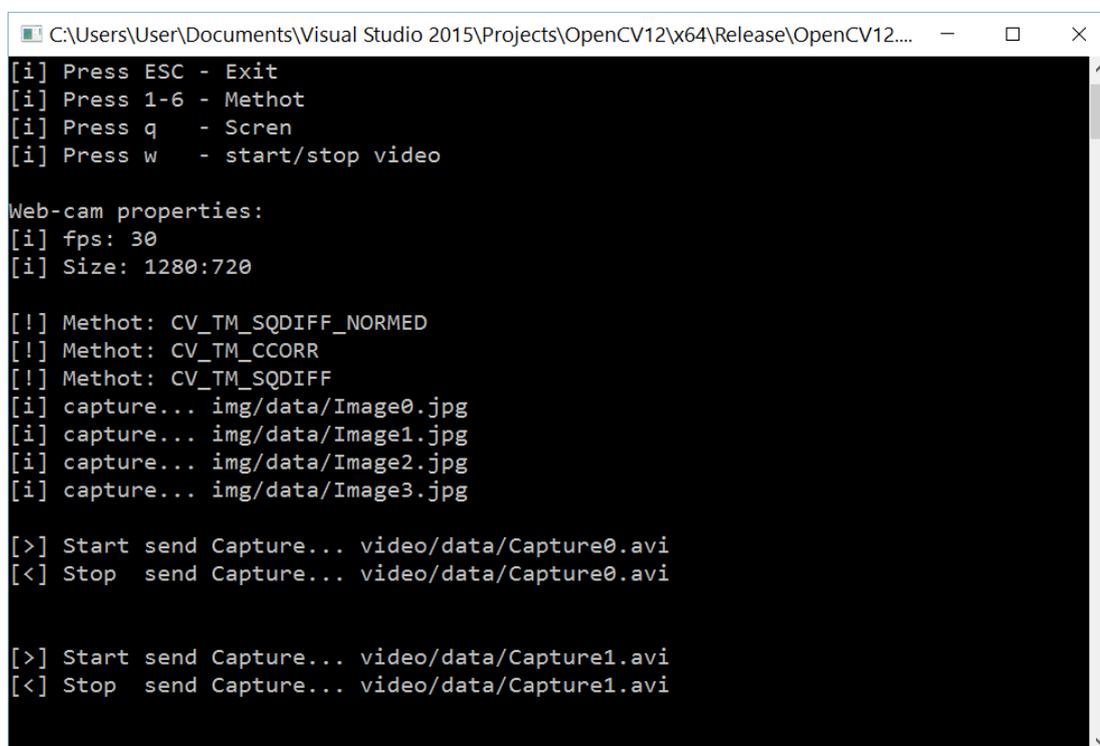
На третьем этапе производится автоматизированный выбор между шестью методами корреляции (в дальнейшем возможна реализация автоматического выбора в зависимости от качества видеоизображения).

Четвёртый этап заключается в выводе видеоизображения на экран пользователя в режиме реального времени, при этом дополнительно отражается информация о его параметрах, например, высота, ширина и количество получаемых изображений в секунду (fps).

Пятый этап заключается в автоматическом поиске на входящем изображении (с источника получения видеоизображения) ДСО и выделении найденного объекта специальной рамкой с выводом текстового сообщения над рамкой. В текстовом сообщении отмечается категория динамического

или стационарного объекта и, если система распознавания смогла с определённой степенью точности распознать объект, его наименование.

Текущая функциональность программной реализации методики автоматического обнаружения ДСО позволяет пользователю открывать два окна, первое из которых представляет собой информационное окно, второе – основное окно для пользователя. Информационное окно (рис. 1) содержит краткий лог работы программной реализации и характеристики получаемого видеоизображения с источника получения видеоизображения (например, fps, информация о сохраняемых фотоизображениях, о записи видео, о переключении режимов). Основное окно предоставляет краткую информацию о параметрах обнаруженных ДСО и производит их выделение специальной рамкой. Также основное окно позволяет наблюдать процесс съёмки изображений в режиме реального времени, при этом производимая запись видеоизображений осуществляется в папку «video/data/название файла», а съёмка фотоизображений – в папку «img/data/название файла».

The image shows a screenshot of a Windows command prompt window. The title bar indicates the path: C:\Users\User\Documents\Visual Studio 2015\Projects\OpenCV12\x64\Release\OpenCV12... The window contains the following text:

```
[i] Press ESC - Exit
[i] Press 1-6 - Method
[i] Press q - Screen
[i] Press w - start/stop video

Web-cam properties:
[i] fps: 30
[i] Size: 1280:720

[!] Method: CV_TM_SQDIFF_NORMED
[!] Method: CV_TM_CCORR
[!] Method: CV_TM_SQDIFF
[i] capture... img/data/Image0.jpg
[i] capture... img/data/Image1.jpg
[i] capture... img/data/Image2.jpg
[i] capture... img/data/Image3.jpg

[>] Start send Capture... video/data/Capture0.avi
[<] Stop send Capture... video/data/Capture0.avi

[>] Start send Capture... video/data/Capture1.avi
[<] Stop send Capture... video/data/Capture1.avi
```

Рисунок 1 – Информационное окно программной реализации методики автоматического обнаружения ДСО

3. Автоматическое распознавание динамических или стационарных объектов

Метод автоматического распознавания динамических (как управляемых, так и не управляемых) или стационарных (неуправляемых) объектов базируется на нейросетевых технологиях, которые широко применяются для решения задач распознавания различных объектов, в

частности, в работе [9] с использованием нейронных сетей осуществляется распознавание букв латинского языка, а в работах [10, 11] производится идентификация лиц, известны и др. приложения теории нейронных сетей в различных прикладных областях [12-19]. Целесообразность использования именно нейросетевого подхода основывается на том, что «нейронные сети способны обучаться на основе опыта, обобщать предыдущие знания на новые случаи» [20].

Распознавание ДСО в настоящей работе осуществляется выполнением следующей последовательности этапов.

На первом этапе осуществляется получение фотоизображений текущей наблюдаемой ситуации окружающей ДМС обстановки с использованием изображения, полученного с источника получения видеоизображения.

На втором этапе производится предварительная обработка фотоизображения, в частности, контрастирование, изменение режима изображения, цветокоррекция изображения. Обработанные изображения используются для формирования обучающей выборки для нейросетевого метода автоматического распознавания ДСО.

На третьем этапе производится сегментация фотоизображения, т.е. выделение на изображении отдельных объектов или групп объектов, принадлежащих заранее известной категории. Перечень категорий ДСО с некоторыми представителями объектов, принадлежащих соответствующей категории, приведён в табл. 1.

Таблица 1 Классы объектов для распознавания

Обозначение категории	Наименование категории	Основные объекты, принадлежащие категории
C_1	Грузовые суда	Сухогрузы, танкера, химовозы, газовозы и др. крупнотоннажные суда
C_2	Контейнерные суда	Средние суда с большой скоростью
C_3	Рыболовные суда	Рыболовные суда
C_4	Яхты	Яхты
C_5	Летательные аппараты	Низколетящие самолеты небольших габаритов, вертолеты, квадрокоптеры и т.п.
C_6	Отдельные дрейфующие объекты	Объекты, находящиеся наплаву и свободно дрейфующие, например, бочки, контейнера, крупный мусор и т.п.
C_7	Стационарные навигационные объекты	Буи, радиобуи, радиолокационные маяки и т.п.
C_8	Участки суши	Острова, полуострова, мысы и др.
C_9	Метрологические явления	Облака нижнего слоя, дожди и др. явления, снижающие дальность видимости.

На четвёртом этапе осуществляется формирование обучающей выборки, необходимой для проведения нейросетевого моделирования по распознаванию категории ДСО, при этом для каждого заранее полученного фотоизображения ставится в соответствие категория, к которой относится объект или группа объектов, представленных на фотоизображении.

Пятый этап заключается в непосредственном проведении нейросетевого моделирования с целью получения оптимальных параметров нейронной сети, способной однозначно распознавать категории динамических или стационарных объектов.

Шестой этап подразумевает этап функционирования, когда происходит автоматическое распознавание категории ДСО, попавшего в радиус обзора источника получения видеоизображения, используемого для автоматического обнаружения динамических или стационарных объектов.

Для реализации метода распознавания категории ДСО путём проведения натуральных испытаний получена обучающая выборка, содержащая 405 элементов: для каждого из 9 категорий использовалось по 45 фотоизображений объектов. Предварительная обработка каждого фотоизображения привела к изменению формата изображения (из .jpg в .bmp) и его размера до 14×14 , что обусловлено тем, что для моделирования решено использовать нейросимулятор, на вход которого можно подавать не более 200 значений. Принято решение дальнейшие исследования посвятить выбору оптимального нейросимулятора, у которого отсутствуют такие ограничения.

Дополнительно для преобразования фотоизображений с расширением .bmp в текстовый формат .txt написан конвертер, осуществляющий необходимое преобразование, при этом конвертер преобразовывает изображения в выбранном каталоге в один текстовый файл, который хранится в папке с изображениями, которые конвертировались. Алгоритм конвертирования включает следующую последовательность этапов.

На первом и втором этапах устанавливаются границы цикла по высоте и по ширине фотоизображения соответственно.

На третьем этапе обрабатывается каждый пиксель фотоизображения и сохраняется в текстовый файл в виде целого числа, при этом каждое число получается путём получения трех составляющих цвета (red – красный, green – зелёный, blue – синий).

На четвёртом этапе каждая составляющая цвета сдвигается побитого влево: красный на 16, зелёный на 8 и синий на 0, – после чего полученные числа суммируются.

Таким образом, получаем файл с обучающей выборкой (рис. 2), состоящей из 405 обучающих пар, при этом первая компонента обучающей пары представляет собой вектор из 196 значений, а вторая компонента – единственный элемент, соответствующий одному из 9 категорий ДСО (на рис. 2 категория показана в виде значения столбца GO).

GK	GL	GM	GN	GO
16777215	16777215	16777215	16777215	1
...
16777215	16777215	16777215	16777215	1
16777215	16777215	16777215	16777215	2
...
16777215	16777215	16777215	16777215	2
16777215	16777215	16777215	16777215	3
...
16777215	16777215	16777215	16777215	3
16777215	16777215	16777215	16777215	4
...
16777215	16777215	16777215	16777215	4
16777215	16777215	16777215	16777215	5
...
16777215	16777215	16777215	16777215	5
16777215	16777215	16777215	16777215	6
...
16777215	16777215	16777215	16777215	6
16777215	16777215	16777215	16777215	7
...
16777215	16777215	16777215	16777215	7
16777215	16777215	16777215	16777215	8
...
16777215	16777215	16777215	16777215	8
16777215	16777215	16777215	16777215	9
...
16777215	16777215	16777215	16777215	9

Рисунок 2 – Фрагмент обучающей выборки

Для проведения нейросетевого моделирования воспользовались следствием из теоремы Арнольда – Колмогорова – Хехт-Нильсена, которое позволяет рассчитать число нейронов в скрытых слоях нейронной сети согласно формуле:

$$\frac{N_y Q}{1 + \log_2 Q} \leq N_w \leq N_y \left(\frac{Q}{N_x} + 1 \right) (N_x + N_y + 1) + N_y,$$

где N_y – размерность второй компоненты, Q – число элементов множества обучающих пар, N_w – необходимое число синаптических связей, N_x – размерность первой компоненты.

Подставив в эту формулу имеющиеся сведения, учитывая, что первый слой нейронов содержит 196 входов, а последний слой – один нейрон, характеризующий одну из девяти категорий, получаем:

$$\frac{405}{1 + \log_2 405} \leq N_w \leq 1(405 + 1)(196 + 1 + 1) + 1,$$

т.е. число синаптических связей находится в пределах от 42 до 608, следовательно, необходимое число нейронов в скрытых слоях (N), рассчитываемое по следующей формуле:

$$N = \frac{N_w}{N_x + N_y},$$

находится в пределах от 0 до 3.

Предварительные результаты нейросетевого моделирования показали принципиальную возможность применения теории нейронных сетей для распознавания динамических или стационарных объектов. Дальнейшие исследования будут посвящены поиску наилучшего нейросимулятора с широким набором нейросетевых парадигм, использующегося для проведения нейросетевого моделирования; получению оптимальных параметров нейронных сетей, способных автоматически распознавать категории динамических или стационарных объектов; интеграции программной реализации методики автоматического обнаружения динамических или стационарных объектов и метода нейросетевого распознавания ДСО; разработке ГИП с использованием технологии дополненной реальности по добавлению информации о ДСО, встречаемых на маршруте движения движущегося морского судна.

Библиографический список

1. Горбунов А.Л., Нечаев Е.Е. Мобильный комплекс дополненной реальности для управления воздушным судном // Вестник Концерна ПВО Алмаз-Антей. 2015. № 1 (13). С. 82-87.
2. Горбунов А.Л. Тренинговая система дополненной реальности для авиадиспетчеров // Прикладная информатика. 2014. № 5 (53). С. 81-88.
3. Субанов Р.Э., Попов А.Н. Использование перспективных технологий для маневрирования морских судов // Эксплуатация морского транспорта. 2015. № 2 (75). С. 24-28.
4. Субанов Р.Э., Попов А.Н., Субанов Э.Э. Использование технологий дополненной реальности для предупреждения столкновения судов // Эксплуатация морского транспорта. 2015. № 1 (74). С. 18-21.
5. Sedova N.A. A logical-linguistic model of ship collision avoidance in a heavy traffic zone // В сборнике: 21st Saint Petersburg International Conference on Integrated Navigation Systems, ICINS 2014 - Proceedings 21. 2014. С. 166–170.
6. Sedov V.A., Sedova N.A., Glushkov S.V. The fuzzy model of ships collision risk rating in a heavy traffic zone // В сборнике: Vibroengineering Procedia 22, Dynamics of Strongly Nonlinear Systems. Сер. «22nd International Conference on Vibroengineering» 2016. С. 453-458.
7. Седов В.А., Седова Н.А. Моделирование расхождения судов в зоне чрезмерного сближения нейронными сетями // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. – 2014. – №3. – С. 102-105.
8. Седов В.А., Седова Н.А. Нечёткая продукционная модель расхождения судов со стационарными объектами // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. – 2014. – №4. – С. 119-122.

9. Николаев С.В., Баженов Р.И. Распознавание образов с помощью нейронных сетей в среде MATLABR2009B // Nauka-Rastudent.ru. 2015. № 1 (13). С. 44.
10. Земцов А.Н. Сравнительный анализ алгоритмов распознавания лиц // Информационные технологии. Радиоэлектроника. Телекоммуникации. 2012. Т. 2. № 2. С. 148-152.
11. Кузьмичев А.Б., Меньшиков С.А. Алгоритм распознавания лица человека по его фотографии // Информационные технологии. Радиоэлектроника. Телекоммуникации. 2014. № 3. С. 159-162.
12. Антипина Е.В., Антипин А.Ф. Применение интеллектуальных технологий для анализа многомерных данных // Молодой ученый. 2014. № 19. С. 172-175.
13. Найханова Л.В., Дышенов Б.А., Найханов Н.В. Интеллектуальные средства автоматизированного построения основной образовательной программы // В сборнике: Теоретические и прикладные вопросы современных информационных технологий Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления. 2015. С. 60-65.
14. Лавров Е.А., Барченко Н.Л. Подход к интеллектуальному анализу данных для адаптивного управления диалогом в обучающих средах // В сборнике: Научно-образовательная среда XXI века: Материалы VIII Международной научно-практической конференции. 2014. С. 124-128.
15. Журавлёва У.С., Баженов Р.И. Нейронные сети в Scilab // Постулат. 2017. № 1 (15). С. 25.
16. Безруков Н.С., Колосова Е.В. Способы региональной кластеризации по параметрам человеческого капитала на основе самообучающихся нейронных сетей // Информатика и системы управления. 2008. № 1 (15). С. 96-102.
17. Kolosov V.P., Bezrukov N.S., Naumov D.Y., Perelman Y.M., Prikhodko A.G. prediction of osmotic airway hyperresponsiveness in patients with bronchial asthma using adaptive neuro-fuzzy network // Proceedings – 2015 International Conference on Biomedical Engineering and Computational Technologies, SIBIRCON 2015 2015. С. 130-133.
18. Шумков Е.А., Чистик И.К. Генетическая топология поиска нейросетевых моделей // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2013. № 93. С. 564-579.
19. Игнатъев И.В., Приходько М.А., Булатов Ю.Н. Разработка и программная реализация алгоритма нечёткой нейро-сетевой идентификации параметров синхронного генератора // Системы. Методы. Технологии. 2012. № 4 (16). С. 52-56.
20. Амаева Л.А. Применение нейро-нечёткого подхода для построения модели студента // Вестник Казанского технологического университета. 2016. Т. 19. № 4. С. 109-111.