

Настоящий проект имеет важную социальную значимость, так как направлен на развитие научно-исследовательской и инновационной деятельности университета и развитие творческих способностей студентов.

УДК 629.7.05

ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ В БОРТОВЫХ НАВИГАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Коваленко А. М.

*Военная академия Республики Беларусь, г. Минск, Беларусь
Научный руководитель: Шейников А. А., канд. техн. наук, доцент*

Анализ применения беспилотных летательных аппаратов (БЛА) в вооруженных конфликтах последнего десятилетия показывает необходимость обеспечения режима их автономной навигации в условиях радиоэлектронного противодействия противника [1]. Это связано с активным развитием систем радиоэлектронной борьбы («Красуха», «Шиповник-АЭРО», Комплекс РТР «ПЕЛЕНГ», АСП Р-934Б), которые способны «перехватывать» управление БЛА или, по крайней мере, подавлять сигналы управления и позиционирования (GPS, ГЛОНАСС, Galileo, BeiDou). Кроме этого, точность измерений спутниковой навигационной системы (СНС) зависит от состояния ионосферы и атмосферы Земли (сильная облачность и т. д.). При отсутствии сигналов СНС в бортовой инерциальной навигационной системе (ИНС) возникают ошибки определения координат, вызванные инструментальными погрешностями чувствительных элементов, а их процесс накопления имеет экспоненциальный характер, поскольку дисперсия ошибки пропорциональна кубу времени интегрирования. Поэтому инерциальные навигационные системы проблематично использовать без дополнительной коррекции в течение продолжительного времени. Наиболее эффективным решением задачи обеспечения автономной навигации является использование информации от бортовых оптико-электронных систем (ОЭС) для периодической коррекции ошибок ИНС. Основным отличием этих систем является то, что ошибки ОЭС известны и постоянны по времени. При этом актуальной становится задача разработки алгоритмов автоматического распознавания навигационных ориентиров по данным бортовой цифровой камеры.

Анализ современных разработок в области автономной навигации показал, что в наиболее эффективными являются системы, алгоритмы которых построены на технологии нейронных сетей.

Так, например, определенных успехов добилась компания NVIDIA, специализирующаяся на разработке графических процессоров. Разработанный специалистами компании БЛА имеет бортовую систему технического зрения на базе встраиваемого компьютера NVIDIA Jetson TX1 (рисунок 1). Алгоритмическое обеспечение этой системы разработано на основе технологий искусственного интеллекта с применением нейронных сетей, которые и определяют высокие требования к быстродействию бортового процессора.

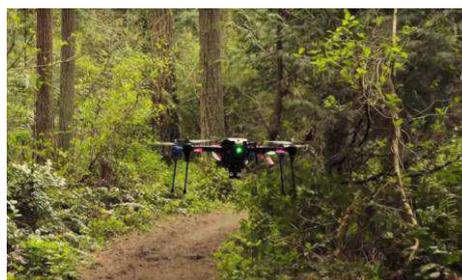


Рисунок 1 – БЛА от NVIDIA Jetson TX1.

Так, для распознавания объектов в цифровом видеопотоке в режиме реального времени требуется порядка 20 Tflops. Перед полетом в память системы NVIDIA загружается цифровая карта местности, составленная из снимков территории, над которой будет совершаться полет. На цифровой карте местности заранее определенные видимые ориентиры привязываются к их координатам. В полете обработка изображений производится прямо на бортовом компьютере. При обнаружении известного ориентира система выдает оценку координат в навигационную систему БЛА. В настоящее время проводятся испытательные полеты БЛА над лесными тропами.

В связи с тем, что просеки являются довольно контрастными элементами, выделяющимися на фоне остальной растительности, однообразными на всем своем протяжении, у разработчиков имеется возможность значительного снижения объема данных для обучающей выборки. Очевидно, что при усложнении ландшафта объем вычислений будет нелинейно увеличиваться.

Еще одним примером является авиационная система технического зрения Airborne Computer Vision БЛА Boeing Insitu RQ-21A Blackjack, который применяется военноморскими силами США для автономного обнаружения, классификации, идентификации и определения местоположения морских судов в море (рисунок 2).

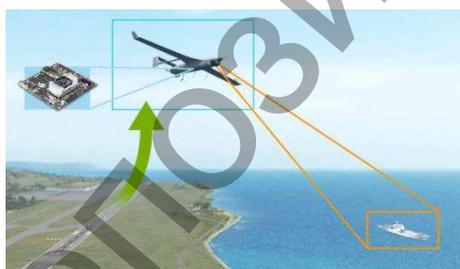


Рисунок 2 - БЛА Boeing Insitu RQ-21A Blackjack

Алгоритм системы позволяет осуществлять самостоятельный поиск изображений судов и классифицировать их по размеру, трехмерной форме и цвету. Для идентификации изображений используются сверточные нейронные сети. В настоящее время данный тип сетей считается лучшим по точности и скорости алгоритмов нахождения объектов на изображении. Нейронная сеть состоит из разных видов слоев: сверточные, субдискретизирующие, слой персептрона (рисунок 3).

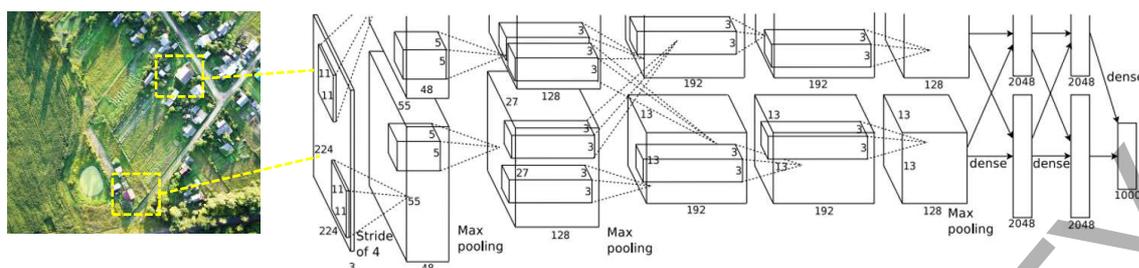


Рисунок 3 – Структура сверточной нейронной сети

Помимо судов, система ACV может обнаруживать, классифицировать, идентифицировать и определять местоположение зданий, мостов, транспортных средств и людей. БЛА RQ-21 применяется в широком спектре военно-морских миссий: от составления морских карт для оперативно-стратегического командования ВМС США до ведения воздушной разведки на тактическом уровне.

Проведенный анализ существующих автономных БЛА с интеллектуальными навигационными системами позволяет сделать выводы:

1. Обеспечение автономности полета возможно при наличии в памяти БЛА цифровой карты местности, предварительно составленной из снимков территории, над которой будет совершаться полет.

2. Для составления цифровых карт целесообразно использовать спутниковые снимки местности.

3. Алгоритмическое обеспечение современных автономных навигационных систем разрабатывается на основе технологий искусственного интеллекта с применением нейронных сетей.

В качестве примера рассмотрим работу системы распознавания объектов воздушной разведки. Система предназначена для автоматизированного выделения объектов искусственного происхождения с целью упрощения составления разведывательных донесений по результатам воздушной разведки БЛА.

Данная система имеет модуль автоматической сегментации квадратных объектов (крыш домов, квадратных построек), алгоритм которого построен на базе нейронной сети U-Net [2], модифицированной под выполнение требуемых задач. Данная нейросеть обладает наилучшим качеством распознавания, применительно к данной задаче, и широко применяется при сегментации спутниковых снимков. В качестве обучающей выборки использовались изображения местности с БЛА, сделанные с высот 300, 600, 900 метров.



Рисунок 4 – Результат работы алгоритма сегментации

На рисунке 4-а изображен снимок населенного пункта, сделанный с БЛА с высоты 900 метров. На рисунке 4-б изображен тот же квадрат местности, сделанный со

спутника. На рисунке 4-в показан результат работы алгоритма сегментации крыш зданий. В таблице 1 представлены условия и результаты эксперимента.

Таблица 1 - Условия и результаты работы алгоритма сегментации

| Условия и результаты | Значение |
|--|----------------------------------|
| Библиотека компьютерного зрения | UNet |
| Операционная система | Windows 10 |
| Центральный процессор (CPU) | Intel core i3-2310 (1,89 Gflops) |
| Графический процессор (GPU) | AMD Radeon 6300 (1,3 Tflops) |
| Оперативная память (RAM) | 8 GB |
| Язык программирования | Python 3.6 |
| Размер цифрового изображения | 4000x6000 pix |
| Среднее время обработки одного цифрового изображения | 58 сек |
| Среднее значение правильной сегментации | 74% |

Таким образом, нейронные сети показали свою высокую эффективность при решении задачи автоматической сегментации воздушных спутниковых изображений. Несомненно, при расширении тестового набора и доработке структуры нейросети можно увеличить качество сегментации до гораздо более высокого уровня. Однако производительность современных бортовых вычислительных систем составляет около 1 Tflops., а для распознавания объектов в цифровом видеопотоке в режиме реального времени требуется порядка 20 Tflops. Поэтому на данный момент реализовать все преимущества нейронных сетей на бортовых вычислителях малоразмерных БЛА достаточно затруднительно.

Список цитированных источников

1. Теодорович, Н.Н. Способы обнаружения и борьбы с малогабаритными беспилотными летательными аппаратами / Н.Н. Теодорович, С.М. Строганова, П.С. Абрамов// Интернет-журнал «Науковедение». – 2017. – Том 9, №1.
2. Ronneberger, O. U-Net: Convolutional Networks for Biomedical Image Segmentation / O. Ronneberger, P. Fischer, T. Brox. – Arxiv. – Org. – 2015.

УДК 681.324:621.325

**ПРИМЕНЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ
ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ДЕЙСТВИЙ ПРИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ**

Козловский Д. В.

Университет гражданской защиты МЧС Беларуси, г. Минск, Беларусь

Научный руководитель: Шамукова Н. В.,

канд. физ.-мат. наук, доцент

Основная задача моделирования чрезвычайных ситуаций состоит во всестороннем изучении и описании обстановки как сложного объекта управления, выявлении его характеристик, анализ взаимодействия с внешней средой и другими факторами для достижения основной цели – ликвидации чрезвычайной ситуации, а также в разработке моделей системы и синтезе алгоритмов управления.