

УДК 528.854

АНАЛИЗ МУЛЬТИСПЕКТРАЛЬНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ С ПОМОЩЬЮ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

Трефилов Д.А.¹, Хабибуллин А.Р.¹, Антонов Е.А.², Калугин А.И.²

¹Ижевский государственный технический университет им. М.Т. Калашникова

²Удмуртский федеральный исследовательский центр УрО РАН
Ижевск, Россия

Аннотация. Предложена глубокая нейронная сеть, которая позволяет проводить анализ мультиспектральных изображений в режиме реального времени. Выполнено сравнение полносвязных нейронных сетей со сверточными сетями. Показано, что в случае малого количества слоев мультиспектрального изображения результаты анализа с помощью полносвязных сетей сопоставимы с результатами, получаемыми с помощью сверточных сетей. При этом скорость обработки мультиспектральных изображений полносвязной сети в несколько раз превосходит скорость сверточной сети.

Ключевые слова: мультиспектральное изображение, нейронная сеть.

ANALYSIS OF MULTISPECTRAL IMAGES USING ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS

Trefilov D.¹, Khabibullin A.¹, Antonov E.², Kalugin A.²

¹Kalashnikov Izhevsk State Technical University

²Udmurt Federal Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences
Izhevsk, Russia

Abstract. A deep neural network is proposed that allows real-time analysis of multispectral images. Comparison of fully connected neural networks with convolutional networks is performed. It was shown that in the case of a small number of layers of a multispectral image, the results of analysis using fully connected networks are comparable to the results obtained using convolutional networks. At the same time, the processing speed of multispectral images of a fully connected network is several times higher than the speed of a convolutional network.

Key words: multispectral image, neural network.

e-mail: slick25@mail.ru

В настоящее время требуются мультиспектральные системы видения в различных отраслях промышленности, сельского хозяйства и других областях жизнедеятельности человека. Такие системы должны в режиме реального времени производить анализ полученных изображений и выделять различные объекты на них.

Как известно, каждый материал имеет свой уникальный спектр отражения. Пиксель получаемого мультиспектрального изображения содержит интенсивности отраженного от объекта излучения на соответствующих длинах волн. Поэтому анализ таких изображений позволяет различить объекты, состоящие из разных материалов, но которые неразличимы при анализе изображений, полученных обычными средствами фото и видеосъемки.

Наиболее известными и эффективными методами анализа мультиспектральных изображений являются методы с использованием сверточных нейронных сетей [1] и метод опорных векторов [2]. Сверточные нейронные сети способны выделять как пространственные, так и спектральные признаки объектов на изображении. Для классификации мультиспектральных изображений применяются сверточные нейронные сети, которые в основном выделяют только спектральные признаки. В то же время, сверточные сети характеризуются длительным временем их обучения, причем весьма склонны к переобучению. То есть сверточ-

ные сети очень требовательны к набору обучающих данных. В связи с этим возникает задача поиска более простых вариантов глубоких нейронных сетей без применения сверточных слоев.

Для работы в режиме реального времени необходима достаточно простая нейронная сеть с малым количеством слоев. В работе представлена нейронная сеть для классификации мультиспектральных изображений. Данная нейронная сеть состоит из 14 полносвязных слоев и не имеет сверточных слоев. На вход сети подается массив из интенсивностей каждого пикселя. На выходе сети находятся 12 нейронов для классификации изображения, соответствующие категориям, на которых производилось обучение сети. Результатом анализа мультиспектрального изображения является изображение, каждый пиксель которого имеет цвет соответствующий определенному типу материала. В качестве категорий были выделены такие материалы как: асфальт, листва дерева, кора дерева, пластик, различные строительные материалы и т.д. Для получения обучающих данных с помощью мультиспектральной камеры (МСК) были получены мультиспектральные изображения на следующих длинах волн: 532, 612, 780, 850, 940 нм [3]. Нейронная сеть обучалась на небольшом количестве тренировочных данных, в качестве которых были использованы усредненные значения области, соответствующей одному типу материала.

На рис. 1 представлено изображение, полученное на длине волны 850 нм, результат анализа мультиспектрального изображения представлен на рис. 2. Точность анализа представленной нейронной сети сопоставима с точностью сверточной сети, которая была предложена в работе [4]. В отличие от сверточной сети данная сеть не учитывает влияние соседних пикселей, однако превосходит в несколько раз по скорости анализа мультиспектральных изображений.



Рисунок 1 – Результаты съемки МСК на длине волны 850 нм



Рисунок 2 – Результаты анализа мультиспектрального изображения с помощью нейронной сети

Основными недостатками представленной сети являются ошибки в классификации изображений связанные с освещенностью объектов, зеркальной поверхностью объекта, а также с объектами, частично пропускающими излучение на длинах волн, на которых производилась съемка. Даже если нейронная сеть неверно определяет тип материала, она достаточно хорошо разделяет различные типы материалов. На полученном в результате анализа изображении можно выделить области, которые соответствуют одному типу материала. Далее такое изображение можно анализировать с помощью традиционных нейронных сетей по классификации изображений.

Работа выполнена в рамках темы НИР Удм-ФИЦ УрО РАН «Искусственный интеллект в разработке, обучении и сопровождении экспертных систем представления и использования знаний в естественно-научных, технических и социогуманитарных направлениях» АААА-А19-119092690104-4.

Литература

1. Deep feature extraction and classification of hyperspectral images based on convolutional neural networks / Y. Chen [et al.] // IEEE Trans. Geosci. Remote Sens. – 2016. – Vol. 54, № 10. – P. 6232–6251.
2. Melgani, F. Classification of hyperspectral remote sensing images with support vector machines / F. Melgani L. Bruzzone // IEEE Trans. Geosci. Remote Sens. – 2004. – Vol. 42., № 8. – P. 1778–1790.
3. Ефимова, У. А. Макет мультиспектральной системы видения для мобильных систем / У. А. Ефимова, Г. М. Шаранова, А. И. Калугин, Е. А. Антонов, М. Р. Зарипов // Приборостроение–2020 : материалы 13 международной науч.-техн. конф., 18–20 ноября 2020 г., Минск, Белорус. нац. техн. ун-т / редкол. : О.К. Гусев [и др.]. – Минск : БНТУ, 2020. – С. 367–369.
4. Применение искусственных нейронных сетей для анализа мультиспектральных изображений / М.Ю. Альес [и др.] // Оптический журнал. – 2021. – Т. 88., № 8. – С. 48–53.

УДК 620.1.052

ОСОБЕННОСТИ НАНОСКРЕТЧ-ТЕСТА ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ АЛМАЗОПОДОБНЫХ ПОКРЫТИЙ

Трухан Р.Э.¹, Хабарова А.В.¹, Кузнецова Т.А.^{1,2}, Лапицкая В.А.^{1,2}, Чижик С.А.^{1,2}, Торская Е.В.³, Муравьёва Т.И.³, Мерзин А.М.³, Самардак В.Ю.⁴

¹ГНУ «Институт тепло- и массообмена имени А.В. Лыкова НАН Беларуси»

²Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь

³Институт проблем механики имени А.Ю. Ишлинского РАН
Москва, Российская Федерация

⁴Школа естественных наук, Дальневосточный федеральный университет
Владивосток, Российская Федерация

Аннотация. В работе описан метод наноскретч-теста, реализованный на наноинденторе Hysitron 750 Ubi. Приведены параметры эксперимента и испытуемого материала и их влияние на результаты, полученные при царапании алмазоподобных покрытий. Наибольшее влияние на стабильность результатов измерений оказывают длина царапины и шероховатость поверхности.

Ключевые слова: наноскретч-тест, алмазоподобные покрытия, наноиндентор.