

DOI: 10.37791/2687-0649-2025-20-5-85-99

Детектирование изменений в мультиспектральных изображениях на основе применения нейроморфных микробиологических ячеек

Ю. Н. Лавренков^{1*}¹Калужский филиал Московского государственного технического университета

им. Н. Э. Баумана, Калуга, Россия

*georglawr@yandex.ru

Аннотация. Оценивается эффективность применения модифицированной нейронной сети U-Net при поиске отличий на изображениях, сформированных в разных спектральных областях: видимой и радиочастотной. В нейронной сети выполнены модификации сверточных слоев путем замены блоков свертки на нейроморфные микробиологические ячейки, которые посредством управляемого процесса биокоррозии частично разрушают ячеистую скелетную структуру и изменяют свою проводимость. Разработана процедура обучения модифицированной нейронной сети, основанная на стимуляции бактериального слоя, для коррозионного разрушения проводящих компонентов. Анализ функционирования показал высокую эффективность конфигурирования нейросетевых элементов и их способность образовывать связанные активные структуры. Выявленная особенность нейросетевой ячейки приводит к возникновению автогенерации сигналов нейронными единицами, что делает возможным обработку проходящей через сеть информации не только в пассивном режиме, но и путем взаимодействия с локальной электрической активностью. Исследование генерируемых активностей выявило интегральный эффект сложения сигналов нейроморфных ячеек с образованием результирующего отклика сложной формы, включающего в себя спектральные составляющие всех ячеек-соседей. Преимущество перед аналогичными нейросетевыми структурами заключается в контроле правильности обучения не путем оценки реакции сети на тестовые данные, а по изменению суммарной активности нейронов. В обученной и сформированной нейронной сети, в которой сконфигурированы проводящие структуры, возникновение спонтанной активности происходит значительно реже, чем в первоначальной исходной конфигурации, в которой ячейки не подверглись биокоррозии и обладали максимальной проводимостью. Проведенные эксперименты показали эффективность применения модифицированной сети U-Net для выявления отличий на изображениях, представляющих объекты съемки в разных спектральных составляющих. Комплексный подход сравнения изображений, использующий видимый и радиоспектр, позволил выявить отличия, скрытые геометрическими особенностями местности. Практическая новизна выполненного исследования заключается в разработанной модификации нейроморфных ячеек, в которых достигается высокое быстродействие решаемой задачи за счет массивно-параллельной организации детектирования изменений на изображениях. Возможность построения комплексных нейроморфных вычислительных структур и увеличение их быстродействия стало возможным благодаря самостоятельной генерации активности микробиологическими ячейками.

Ключевые слова: микробиологическая нейроморфная ячейка, биокоррозия, спонтанная нейронная активность, мультиспектральные изображения, детектирование изменений

Для цитирования: Лавренков Ю. Н. Детектирование изменений в мультиспектральных изображениях на основе применения нейроморфных микробиологических ячеек // Прикладная информатика. 2025. Т. 20. № 5. С. 85–99. DOI: 10.37791/2687-0649-2025-20-5-85-99

© Лавренков Ю. Н., 2025.

Change detection in multispectral images based on neuromorphic microbiological cells

Yu. Lavrenkov^{1*}

¹The Kaluga Branch of the Bauman Moscow State Technical University, Kaluga, Russia
georglawr@yandex.ru

Abstract. This article shows how the modified U-Net, a neural network, can be used to find differences in visible and radio frequency spectrum images. The neural network was modified, with its convolutional layers replaced by the convolution blocks with neuromorphic microbiological cells, which partially destroy the cellular skeletal structure and change their conductivity through controlled biocorrosion. The author developed a method of training a modified neural network based on stimulation of the bacterial layer for the corrosion of conductive components. Functional analysis demonstrated the high efficiency of neural network element configuration and showed that the elements can form interconnected active structures. The author found out that, thanks to the neural network cell's feature, neutral units can autogenerate signals. This is how information passing through the network can be processed both in passive mode and through interaction with local electrical activity. The author also researched generated activities, which revealed the integral effect of adding signals from neuromorphic cells, resulting in a complex response that includes the spectral components of all neighbouring cells. The modified network has an advantage over similar neural network structures: training can be managed by changing the total activity of neurons, rather than by evaluating the network's response to test data. When it comes to a trained and formed neural network in which conductive structures are configured, spontaneous activity occurs much less frequently than in the initial configuration where the cells were not subjected to biocorrosion and therefore had maximum conductivity. The experiments demonstrated that the modified U-Net can be used to find differences in visible and radio frequency spectrum images. To successfully find differences hidden by the geometric features of the terrain, the author used a comprehensive strategy for image comparison using visible and radio spectra. The practical research is novel in that it offers a newly developed modification of neuromorphic cells. They achieve high speed of task solution due to the massively parallel organisation of detecting changes in images.

Keywords: microbial neuromorphic cell, biocorrosion, spontaneous neural activity, multispectral images, change detection

For citation: Lavrenkov Yu. Change detection in multispectral images based on neuromorphic microbiological cells. *Prikladnaya informatika*=Journal of Applied Informatics, 2025, vol.20, no.5, pp.85-99 (in Russian). DOI: 10.37791/2687-0649-2025-20-5-85-99

© Lavrenkov Yu., 2025.

Введение

Анализ изображений, полученных посредством спутниковых систем и аэрофотосъемки, усложняется наличием большого количества жилых, промышленных и технологических объектов, сложной сетью наземных коммуникаций, трубопроводов и деревьев. Распознавание

объектов на изображениях осуществляется множеством различных методов: нейросетевых, методов кластерного анализа, с применением роевых и градиентных алгоритмов [7]. Каждый из способов классификации объектов основан на различных математических принципах и требует выполнения большого количества спе-