

СОЗДАНИЕ И РАЗВИТИЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ТЕМАТИЧЕСКОЙ ИНТЕРПРЕТАЦИИ ДАННЫХ РАДИОЛОКАЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ АЛГОРИТМОВ ТЕКСТУРНОЙ КЛАССИФИКАЦИИ И НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

А. Ф. Мухамедгалиев, М. Г. Разакова, В. В. Смирнов

Институт космических исследований им. У. М. Султангазина
050010, Алма-Ата, Казахстан

УДК 550.388.2

Рассматриваются вопросы автоматизации процесса распознавания нефтяных разливов в акватории и береговой зоне Северо-Восточного Каспия с использованием моделей обучения нейронных сетей.

Ключевые слова: нефтяные разливы, нейронные сети, распознавание.

The problem of automatic oil spills recognition in basin and coastal zone of the North-east Caspian Sea using the neural network technology model are considered.

Key words: oil spill, neural network, recognition.

Космические системы, основанные на использовании технологий РСА (радиолокатор с синтезированной апертурой), продемонстрировали возможность надежного получения радиолокационных изображений поверхности Земли круглосуточно и в любых погодных условиях. При этом радиолокационными космическими системами последнего поколения (Terra SAR X, Cosmo Sky Med) достигнуто пространственное разрешение (1 м), значительно превышающее разрешение оптических сканеров широко используемых космических систем Landsat, IRS и Spot, что определило их высокую востребованность в системах оперативного всепогодного мониторинга состояния природных и техногенных комплексов. Появление систем РСА высокого разрешения (до 1 м) обусловило активное развитие технологии радиолокационной интерферометрии, позволяющей с высокой точностью отслеживать смещения земной поверхности. Системы космической радиолокации используются также в сфере прикладных информационных технологий дистанционного зондирования Земли и таких областях деятельности, как морская добыча полезных ископаемых, судоходство, мониторинг ледовой обстановки, обнаружение нефтяного загрязнения водной поверхности. Следует отметить, что первые космические РСА — системы ERS, Radarsat 1 — создавались для мониторинга нефтяных разливов и ледовой ситуации в Северном море. В последнее время указанные космические системы активно используются для мониторинга нефтяных разливов в акватории и береговой зоне Северного Каспия. В казахстанском секторе шельфовой зоны Северо-Восточного Каспия ведется разработка крупнейшего Кашаганского месторождения, предполагающая бурение 240 глубоких скважин и прокладку более 1000 км

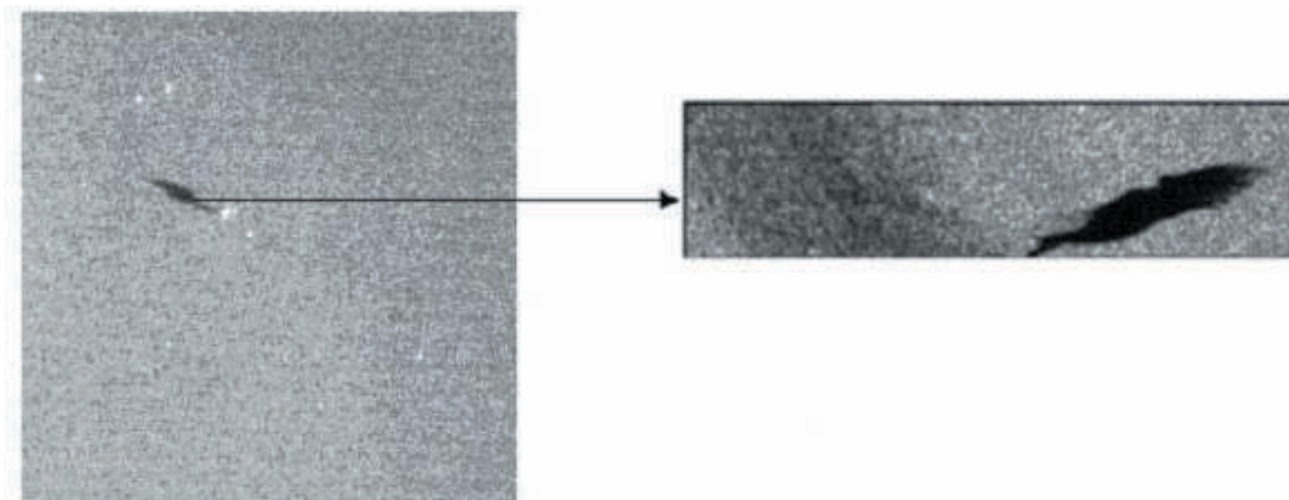


Рис. 1. Нефтяной разлив в акватории

внутрипромысловых трубопроводов по дну мелководного казахстанского шельфа. На стадии разведки и разработки находится и ряд других месторождений. Добыча нефти на шельфе Северного Каспия сопряжена с риском возникновения аварийных ситуаций на объектах нефтедобывающей инфраструктуры, сопровождаемых нефтяным загрязнением значительной части шельфовой зоны и как следствие гибелью морской флоры и фауны. Примером катастрофического нефтяного разлива могут служить события 2006–2007 гг., связанные с аварийной ситуацией на нефтяной платформе *Deerwater Horizon* в Мексиканском заливе. Для предупреждения и ликвидации последствий возможных катастрофических нефтяных разливов необходимо создание постоянно действующей системы космического мониторинга акватории и береговой зоны Северо-Восточного Каспия. При этом определяющим фактором должна являться оперативность и точность распознавания нефтяного разлива. Указанные параметры космического мониторинга могут быть достигнуты при использовании наукоемких автоматизированных методов и технологий обнаружения и распознавания нефтяного разлива. Настоящая работа посвящена исследованию проблемы применения геоинформационных технологий тематической интерпретации данных радиолокационного зондирования с помощью математических методов и вычислительных алгоритмов текстурной классификации, а также нейронных сетей к системам оперативного мониторинга нефтяных разливов в акватории и береговой зоне Северо-Восточного Каспия.

Радарная съемка активно и весьма эффективно используется для распознавания нефтяных разливов на воде, так как радиосигнал распространяется при любых погодных условиях, в том числе в условиях облачности. Эффект подавления нефтяной пленкой на воде мелких волн — так называемое сглаживание поверхности — приводит к практически полному отражению возвращаемого радарного сигнала и в результате к появлению темных пятен на радарном изображении. На снимке, полученном с космического радиолокационного аппарата “*Radarsat 1*” (рис. 1), представлена неровная морская поверхность, что является достаточным условием для выделения разности контрастов в случае наличия нефтяных пятен на поверхности моря.

Однако темные пятна на космическом снимке могут быть следствием других феноменов: локального низкого ветра, морских течений, скопления морских водорослей и др. (рис. 2).

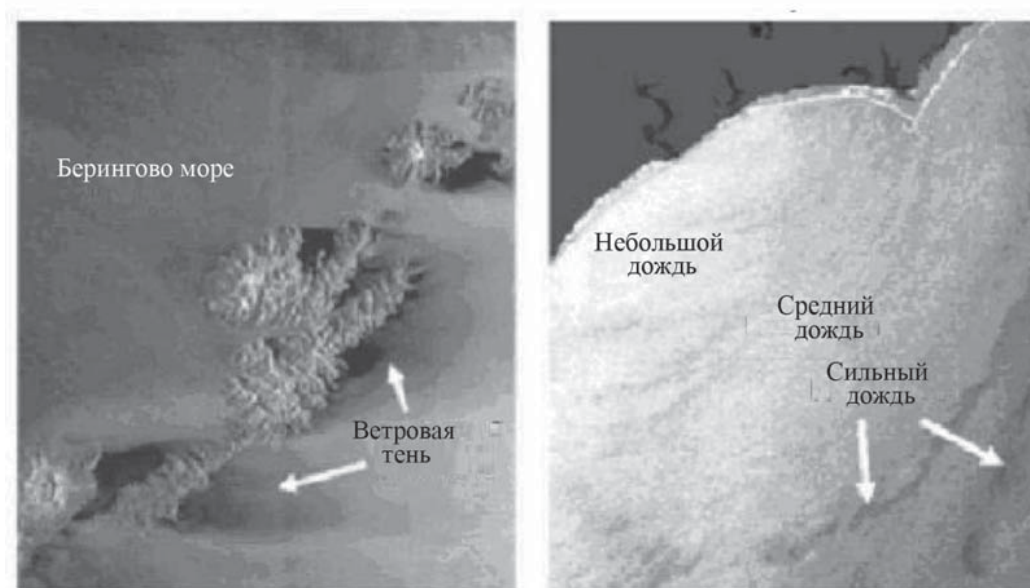


Рис. 2. “Ветровые тени” — зоны локального штиля (экранирование островами).
Ливни на море. Космический аппарат ERS

В настоящее время активно разрабатываются методы автоматического и полуавтоматического определения нефтяных разливов. На космических РСА-изображениях определяются темные пятна, которые могли бы быть нефтяным разливом. Дешифрирование таких РСА-изображений осуществляется визуально с помощью пороговых фильтров, как правило, использующих методы статистической классификации Байеса, основанные на попиксельной обработке [1]. Метод нейронных сетей, применяемый в процессе обработки данных дистанционного зондирования, является более точным по сравнению с традиционными статистическими методами. Способности нейронной сети к обучению на “эталонах” (примерах установленных нефтяных разливов) позволяют с высокой точностью распознавать нефтяное происхождение обнаруженной водной аномалии [1, 2]. На рис. 3 приведена схема генерации нейронной сети для решения задачи распознавания нефтяного пятна с использованием наиболее известного класса многоуровневых сетей прямой связи MLP (multilayer perceptron) [2].

Выявление пятен и предварительная обработка РСА-изображений заключаются в построении маски водной поверхности, дешифрировании темных пятен, сравнении с другими РСА-изображениями. При этом в случае наличия пятна на двух разновременных снимках данная аномалия не учитывается, рассматриваются только подвижные объекты. Инициализация топологии и весов нейронной сети предполагает выбор конфигурации сети и алгоритма формирования весов сети. Обучение сети осуществляется по различным фрагментам эталонного эпизода нефтяного разлива. Точность оценивается по результатам сравнительного анализа исходного и отклассифицированного изображений. Особое место в общей методологии генерации нейронной сети занимает этап предварительной обработки исходных данных, включающий выделение признаков и нормализацию данных в интервале согласно минимальным и максимальным значениям характеристик. Целью выделения признаков является отображение на радиолокационном космическом изображении различных пространственных характеристик, которые могут послужить основой для обучения нейронной сети и дальнейшей классификации типа космического изображения. В качестве основной пространственной характеристики используется текстура исходного радиолокационного изобра-

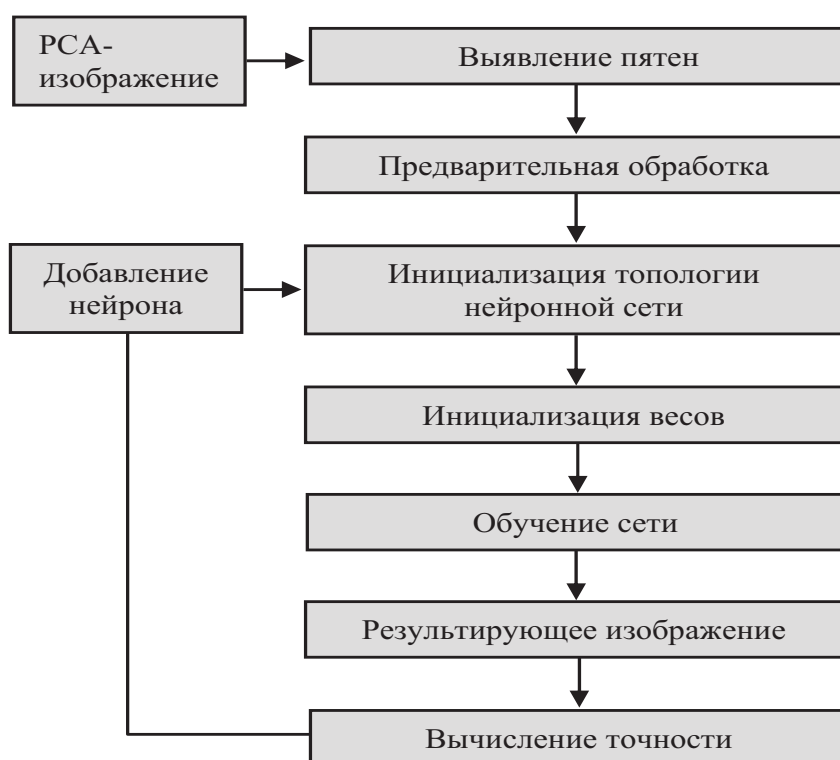


Рис. 3. Схема генерации нейронной сети

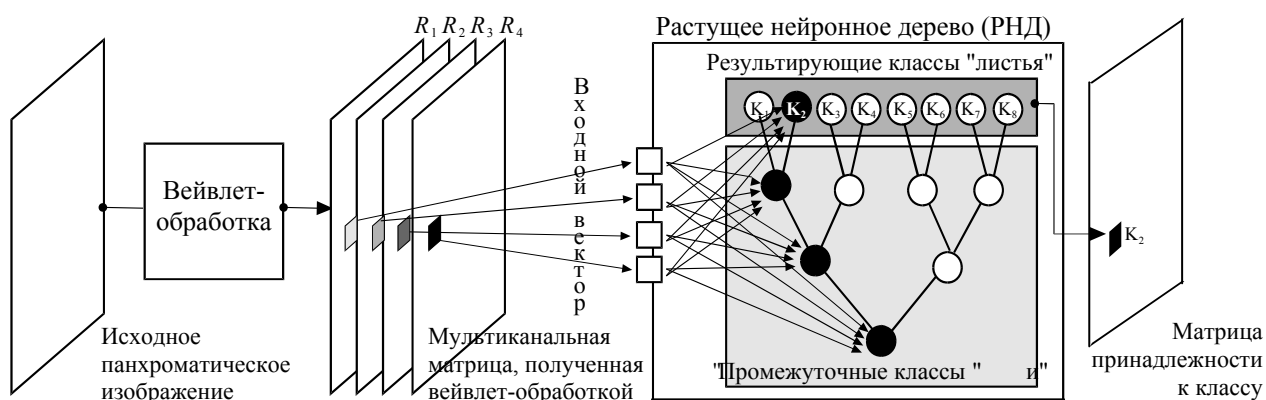


Рис. 4. Пример нейросетевого алгоритма сети

жения. Для анализа текстурных характеристик исследуемого радиолокационного изображения в проекте используется математический метод вейвлет-преобразования [3]. Результатом применения вейвлет-преобразования при анализе данных радиолокационного зондирования является мультиканальная матрица, размер которой в пикселях должен соответствовать размеру исходного изображения. На рис. 4 приведен пример модифицированного нейросетевого алгоритма самоорганизующихся карт Кохонена [4], адаптированного к решению задачи распознавания нефтяного пятна на радиолокационном космическом изображении.

На рис. 5 представлена схема системы автоматизированного дешифрирования данных радиолокационного зондирования с использованием математических методов и вычислительных алгоритмов текстурной классификации и нейросетевых технологий для оперативного мониторинга нефтяных разливов в акватории и береговой зоне Северо-Восточного Каспия.

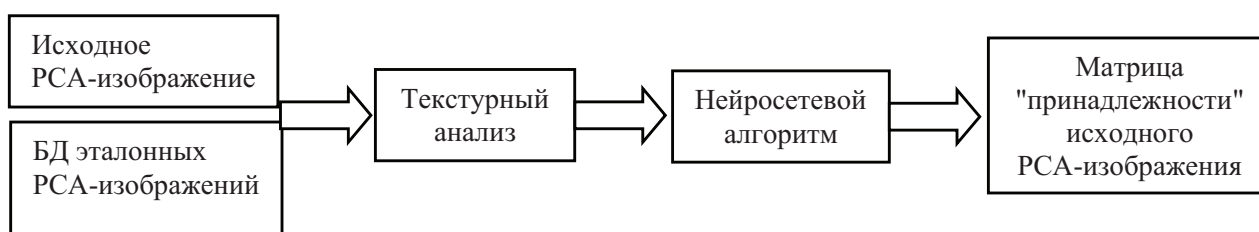


Рис. 5. Геоинформационная система оперативного мониторинга нефтяных разливов сети

Входной информацией для работы нейросетевого алгоритма являются нормализованные (прошедшие процесс текстурного анализа) исходное и эталонные РСА-изображения. Результатом работы нейросетевого алгоритма является матрица “принадлежности”, определяющая принадлежность выделенной на исходном космическом РСА-изображении водной аномалии одному из следующих классов: нефтяной разлив, метеорологическое явление, водная растительность и т. д.

В заключение отметим, что в отличие от существующих визуальных и статистических методов дешифрирования космических РСА-изображений нейронные сети достигают более высокой точности за счет их способности к обучению на (эталонных) примерах нефтяных разливов, что позволяет с высокой точностью распознавать нефтяное происхождение обнаруженной водной аномалии.

Список литературы

1. КРОНБЕРГ П. Дистанционное изучение Земли: Основы и методы дистанционных исследований в геологии: Пер. с нем. М.: Мир, 1988.
2. МИНСКИЙ М. Л. Перцептроны / М. Л. Минский, С. Пейперт. М.: Мир, 1971.
3. ДОБЕШИ И. Десять лекций по вейвлетам. М.; Ижевск: НИЦ “Регулярная и хаотическая динамика”, 2001.
4. КОНОНЕН Т. Self-organization and associative memory. Berlin: Springer Verlag, 1984. (Ser. Inform. Sci.; V. 8).

Мухамедгалиев Арстан Фазулович — д-р техн. наук, проф., нач. отдела Института космических исследований им. У. М. Султангазина; e-mail: arstanspaceres.kz
Разакова Майра Габбасовна — зав. лабораторией Института космических исследований им. У. М. Султангазина; e-mail: maira_gmail.ru;
Смирнов Владимир Викторович — канд. физ.-мат. наук, вед. науч. сотр. Института космических исследований им. У. М. Султангазина; e-mail: vsmirnov@mail.ru

Дата поступления — 31.05.12