

# НАУКИ О ЗЕМЛЕ

УДК 528.7:502.55

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ДЕШИФРИРОВАНИЯ КОСМИЧЕСКИХ СНИМКОВ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ ЗОН НЕФТЕРАЗЛИВОВ

*Аловсат Шура-оглы Гулиев*

*Государственная нефтяная компания Азербайджанской Республики (SOCAR), AZ1000, Азербайджан, г. Баку, пр. Гейдара Алиева 121, старший геодезист,*

*тел. (99450)492-93-18*

DOI: [10.31618/nas.2413-5291.2020.3.55.221](https://doi.org/10.31618/nas.2413-5291.2020.3.55.221)

### Аннотация

В данной статье обоснована актуальность исследования, выявлены области применения дешифрирования космических снимков, изучены основные теоретические аспекты, приведена математическая модель обработки изображения акватории водной поверхности.

**Ключевые слова:** водная поверхность, нефтеразливы, дешифрирование данных дистанционного зондирования, космические снимки, обработка изображений, экологический мониторинг.

### Введение

Повышение количества и масштабов техногенных катастроф, активная разработка месторождений, добыча углеводородов, их переработка, транспортировка, как самой нефти, так и получаемых с помощью неё нефтепродуктов приводят к интенсивному загрязнению окружающего мира.

Установлено, что в настоящее время около двадцати процентов поверхности акватории Мирового океана покрыто нефтяной плёнкой в связи с произошедшими нефтеразливами. По различным оценкам это даёт более 5 миллионов тонн потерянной нефти в год. В [1] показана взаимосвязь результатов Мексиканского нефтеразлива и появление климатических аномалий в условиях Атлантического океана и Русской равнины.

Главной особенностью антропогенных объектов, которые отображаются на снимках, представляется читаемость контуров и форма таких объектов. При выявлении их по яркостным признакам появляется сложность в разделении классов объектов, обусловленная близкими значениями величин яркости объектов с аналогичными спектральными признаками. Примером таких являются крыши домов, автостоянки, дороги и т.д.

Исследования, приведенные в [2] показывают, что на практике представляется невозможным отделить изображения городских сооружений от автодорог или даже открытого грунта. В условиях морской поверхности также существует проблема отделения нефтяных пятен от иных изображений, вызванные различными процессами, которые имеют место не только на поверхности акватории, но и на глубине. Например, актуальной проблемой уверенного дешифрирования изображений космических снимков является механизм точного разделения изображений нефтяных плёнок от следов течений, рельефов дна, океанических вихрей, гидрологического фронта и т.п.

Данные дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) в решении поставленной задачи становятся главным источником [3]. В настоящее время дешифрирование космических снимков востребовано в различных отраслях антропогенной деятельности:

– при проведении геоэкологического анализа степных ландшафтов [4];

– при мониторинге за незаконной вырубкой леса [5], состоянием лесного хозяйства страны [6, 7, 8], для выделения границ леса [9, 10];

– для своевременного устранения повреждённых пожаром участков растительности [11];

– при мониторинге объектов антропогенной деятельности (горнодобывающие предприятия, объекты гидрографии, сельскохозяйственные объекты и населённые пункты [12], а также свалок [13];

– в целях наиболее достоверного отражения информации в картографии [14];

– при мониторинге зон селей [15], затопления [16] и нефтезагрязнённых территорий [17, 18].

### **Цель исследования, постановка задачи**

Цель исследования – определение возможности реализации методов дешифрирования космических снимков с целью обнаружения нефтеразливов. Были поставлены следующие задачи:

– исследовать основные теоретические аспекты, связанные с дешифрированием космических снимков;

– разработка математической модели для реализации методов дешифрирования космических снимков с целью обнаружения нефтеразливов.

### **Методы и материалы**

1) Методы и материалы исследования – сбор и анализ существующих теоретических сведений по проблеме, анализ собранных материалов и интерпретация.

### **Обсуждение**

Под процессом дешифрирования подразумевают теорию и методы получения

сведений о наружных и внутренних характеристиках объектов территории по её изображению [19].

Автоматизированное дешифрирование – это одна из стадий компьютерной обработки ДЗЗ, представленных в форме цифровых изображений, которая включает ввод изображений (космоснимков) в компьютер, экспертную оценку данных по определенной тематике дешифрирования.

В базу автоматизированного дешифрирования интегрируются способы классификации, которые были основаны на теории распознавания того или иного образа, и методы его расслоения.

Цель автоматической классификации – отыскание функции, которая отображает все признаки и особенности распознаваемых объектов, элементами которого выступают классы образов.

Как и для других машинных методов дешифрирования, этому свойственна необходимость задания четких требований для осуществления отбора признаков. Выбор подходящего набора признаков, то есть создание эталона – это первостепенная проблема, сопряжённая с распознаванием образов.

Установлено, что внедрение эталонов признаков на базе нормированных величин яркости даёт возможность повышения надежности результатов обработки космоснимков [19].

Для выбора эталонов и формирования обучающих выборок применяются различные методы [8]:

- использование векторной карты (или слоя), который бы был наложен на изображение;
- использование класса из направленного на определенную тематику растрового слоя в систему ГИС, который соответствует области изображения либо, к примеру, приобретенного благодаря неконтролируемой классификации;
- выявление области снимка, то есть идентификация пикселей в границах заданной области;
- идентификация набора смежных пикселей, имеющих близкие спектральные характеристики.

Ниже приведён алгоритм обработки изображений, составленный для распознавания зон нефтяных плёнок в условиях морской акватории.

В качестве теоретической базы для анализа изображений использовались некоторые методы теории информации. Согласно [20] данные методы показывают эффективность распознавания объектов на снимках даже при наличии шумов.

С точки зрения теории информации следует исходить из того, что вероятность появления разных классов в общем числе  $N$  элементов конкретного изображения (обычно  $\sim 10^6$  для каждого спектрального канала) не одинакова. Поэтому, вводя стандартные уровни квантования для изображений, кратные двумя в какой-то степени (обычно степень 8), можно внести частоты появления каждой из  $I = 256$  градаций. При этом относительные частоты, аналогичные оценкам вероятностей по выборочным данным, равны:

$$P_i = \frac{N_i}{N}, I = 0, \dots, 255,$$

причем,

$$\sum_{i=0}^I P_i = 1.$$

Общее число различных последовательностей из  $N$  элементов  $I =$  градационного представления, то есть число возможных различных сообщений длиной в  $N$  элементов, равно:

$$W = \frac{N!}{N_1! N_2! \dots N_1!}$$

т.е. объем данных в одном сообщении равен:

$$H_i = \text{Log}_2 W = \frac{\ln W}{\ln 2}$$

Воспользовавшись известной формулой Стрилинга для больших значений  $N$  и  $N_i$  получим:

$$H_i \approx \frac{1}{\ln 2} (N \ln N - \sum_{i=0}^I N_i \ln N_i) = -N \sum_{i=0}^I P_i \log_2 P_i,$$

или в расчете на элемент разрешения выбранного изображения:

$$\bar{H}_i = -N \sum_{i=0}^I P_i \log_2 P_i$$

Значения интенсивности первичных цветов изменяются в диапазоне одного байта, т.е. от 0 до 255, и поэтому, имея число, характеризующее данный пиксель, мы можем посредством арифметических операций получить значения первичных цветов. В качестве исходных данных для описываемых далее алгоритмов и операторов мы будем рассматривать матрицу, элементы которой не превосходят значение 255 и представляют интенсивность определенного цвета.

Такую матрицу можно рассматривать как некоторое числовое поле на квадрате из натуральных чисел, для которой выполняется условие:  $U_x^e \subseteq M$  такое, что модули разности аргументов элементов и аргумента  $x$  не превосходят  $e$ :

$$\forall z \in U_x^e (|i(x) - i(z)| < e), \text{ где } i(x) - \text{ аргумент } x, \text{ т. е. } x = Mi(x).$$

Здесь под аргументом подразумевается пара натуральных чисел, которые являются соответственно номерами строки и столбца в матрице, где находится  $x$ . Под  $x$ , в данном контексте, понимается не собственно значение этого  $x$ , но конкретный элемент заданного числового поля, поэтому функция  $i$  однозначно определена, а если совсем точно, то это просто свойство  $x$ . Под модулем упорядоченной пары

понимается максимум модулей компонента этой пары.

На полях такого типа определяются операторы мониторинга, результатом которых будет являться поля такого же типа и размера  $T: M \mapsto T(M)$

Логично предположить, что суперпозиции операторов мониторинга будет в том числе и оператором мониторинга. Возможно два подхода к построению таких операторов – непрерывный и дискретный. При непрерывном подходе интерполируется наше дискретное поле на все вещественные значения в прямоугольнике размером, соответствующем размеру исходного дискретного поля. Таким образом, мы получаем непрерывную функцию двух вещественных аргументов.

В условиях поставленной задачи в большой степени наиболее перспективным представляется дискретный подход и, соответственно, дискретные операторы  $T$ . Оператор мониторинга  $T$  назовем  $e$ -локальным, если  $\exists e > 0, e \in \mathbb{N} \forall u \in T(A), \exists x \in A$ . (значение  $T(A)_i(x)$  зависят только от значений из  $U_x^e$ ).

### Вывод

Для ликвидации тяжелых экологических и экономических последствий нефтеразливов предложен метод мониторинга морской акватории на предмет наличия нефтяных плёнок. Реализация идеи предполагается за счет средств дешифрирования и распознавания объектов на космических снимках.

В статье представлен алгоритм, построенный на основе методов теории информации и формул Стирлинга. Данные методы характерны тем, что они эффективно решают задачи проверки статистических гипотез и исследования влияния заданных факторов на поведение объектов измерения, что находит практическое применение в мониторинге.

Таким образом, за счёт построенной математической модели возможно обработать множество идентифицируемых объектов водной поверхности и распознать зоны нефтеразливов на ранних стадиях, что позволит своевременно ликвидировать экологические и экономические последствия.

Планируется выполнить экспериментальные работы по проверке предложенной математической модели.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Моделирование техногенных причин короткопериодных аномалий климата / М. С. Красс, В. Г. Мерзликин, О. В. Сидоров // Вестн. Том. гос. ун-та. - 2011. – Вып. 349. – С. 2 - 3.
2. Арбузов С. А. Использование градиентных фильтров для автоматизированного дешифрирования антропогенных объектов // Вестник СГУГиТ (Сибирского государственного университета геосистем и технологий). - 2011. – Вып. 2 (15). – С. 2 - 4.

3. Варфоломеев А. Ф., Кислякова Н. А. Особенности дешифрирования пространственных объектов по космическим снимкам в программе ErdasImagine 8. 3 // Огарёв-Online. - 2015. – Вып. 4 (45). – С. 4-6.

4. Мячина К. В., Токарева О. С. Геоэкологический анализ степных ландшафтов в районах нефтегазодобычи (на примере Оренбургской области) // Известия ТПУ. - 2014. – Вып. 1. – С. 4 - 6.

5. Никитина Ю. В., Никитин В. Н. Разработка методики автоматизированного дешифрирования незаконных рубок леса по разновременным космическим снимкам // Интерэкспо Гео-Сибирь. - 2010. – Вып. 2. – С. 1 - 2.

6. Иванов Н. Г., Аржанкина А. В. Сопоставительный анализ лесотаксационной информации ДЗЗ и наземной таксации в щелковском учебно-опытном лесхозе // Academy. - 2017. – Вып. 2 (17). – С. 3 - 4.

7. Оценка лесистости агроландшафтов юга Приволжской возвышенности по данным NDVI / А.С. Рулев, О.Ю. Кошелева, С.С. Шинкаренко // Известия НВ АУК. - 2016. – Вып. 4 (44). – С. 8.

8. ёХлебникова Е. П., Симонов Д. П. Использование методов статистического анализа при дешифрировании многозональных космических снимков // Интерэкспо Гео-Сибирь. - 2014. – Вып. 1. – С. 19 -23.

9. Тематическое дешифрирование поврежденных лесных насаждений по данным дистанционного зондирования с использованием ГИС-технологий / Н.Я. Сидельник, А.А. Пушкин, С.В. Ковалевский // Актуальные проблемы лесного комплекса. - 2017. – Вып. 49. – С. 2 - 3.

10. Толкач И. В., Бахур О. С. Контурное дешифрирование границ выделов с использованием цифровых космических снимков высокого разрешения и ГИС технологий // Труды БГТУ. Серия 1: Лесное хозяйство, природопользование и переработка возобновляемых ресурсов. - 2011. – Вып. 1. – С. 2 - 4.

11. Исследование возможностей применения данных Spot-4 для дешифрирования изображений поврежденных пожарами участков растительности / Е. А. Юрикова, А. А. Кокутенко, А. И. Сухинин // Сибирский журнал науки и технологий. - 2008. – Вып. 4 (21). – С. 6 – 8.

12. Мониторинг нарушений природной среды техногенными процессами при дешифрировании космоснимков / А. А. Калиева, А. Т. Байшуаков, А. В. Ермиенко // Интерэкспо Гео-Сибирь. - 2019. – Вып. 2. – С. 5 - 6.

13. Мониторинг свалок твердых бытовых и промышленных отходов в Иркутском районе по данным космических снимков / С. С. Тимофеева, Л. В. Шешукова, А. Л. Охотин // Вестник ИрГТУ. - 2012. – Вып. 9 (68). – С. 3- 4.

14. Количественный подход при картографировании лесов на основе данных зондирования земли / В. Н. Жердев, Д. А.

Баранович, А. Ю. Черемисинов // Научный журнал РосНИИПМ. - 2014. – Вып. 3 (15). – С. 6 - 8.

15. Набиев Г. Л. О., Тарихазер С. А. Г. Условия формирования селей и их влияние на экогеоморфологическую ситуацию горных регионов Азербайджана (на примере Нахчыванской АР) // Известия ТулГУ. Науки о Земле. - 2018. – Вып. 2. – С. 2 - 8.

16. Амирова А. Р. Оценка точности построения по топографическим картам границ зон затопления (на примере Р. Вятки в черте г. Кирова) // Экологический сборник 7: Труды молодых ученых. материалы Международной науч. конференции: – Киров, - 2019. - №1. - С. 3 - 4.

17. Борисов Д.В. Дешифрирование нефтезагрязнённых территорий при помощи

данных дистанционного зондирования // Решетневские чтения. - 2014. – Вып. 18. – С. 1- 2.

18. Кусков А. П. Применение данных дистанционного зондирования земли при инвентаризации нефтезагрязненных земель // Наука, техника и образование. - 2017. – Вып. 7 (37). – С. 2 - 3.

19. Симонова Г. В., Хлебникова Е. П. Сравнительный анализ методик формирования эталонов при обработке цифровых изображений // Интерэкспо Гео-Сибирь. - 2007. – Вып. 2. – С. 2-3.

20. Луценко Е. В. Решение задач статистики методами теории информации // Научный журнал КубГАУ - ScientificJournalofKubSAU. - 2015. – Вып. 106. – С. 12 - 16.

© Alovsat Shura-ogly Guliev,2019