

## ИНФОРМАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ РАСПОЗНАВАНИЯ ЗДАНИЙ НА СПУТНИКОВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЯХ С ПОМОЩЬЮ НЕЧЕТКИХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

Светлана Надеран

**Аннотация:** в статье рассматривается разработанная информационная технология распознавания зданий на спутниковых изображениях, в основе которой лежит объектно-ориентированный подход к анализу спутниковых изображений и технологии мягких вычислений.

**Ключевые слова:** распознавание зданий на спутниковых изображениях, сегментация изображений, нечеткий классификатор NEFLCLASS, генетические алгоритмы.

**ACM Classification Keywords:** 1.4.7 Computing Methodologies - Image Processing and Computer Vision – Feature Measurement - Size and shape. G.1.6 Mathematics of Computing – Numerical Analysis – Optimization-Gradient methods. I.4.8 Computing Methodologies - Image Processing and Computer Vision – Scene Analysis - Object recognition. I.5.1 Computing Methodologies - Pattern Recognition - Models - Neural nets.

---

### Вступление

В связи с возрастающими возможностями получения спутниковых данных сверхвысокого разрешения усиливается необходимость в разработке методов их автоматического анализа. Рассмотрим некоторые актуальные на сегодняшний день задачи, для которых информационная технология распознавания зданий на спутниковых изображениях является эффективным решением:

Для сбора, хранения, анализа и графической визуализации пространственной информации используется ГИС. Ручная оцифровка и ввод пространственных данных в базу данных ГИС имеет недостатки в виде больших временных и материальных затрат, а также в виде высокого риска допущения ошибок, по причине человеческого фактора. Информационная технология распознавания зданий на спутниковых изображениях позволит сократить временные и материальные затраты на обновление базы данных ГИС, и повысить точность вводимых данных.

Выявление объектов самовольного строительства является актуальной задачей для городских администраций, не имеющей оптимального решения и приводящей к серьезным социально-экономическим проблемам. Автоматизированная система распознавания объектов незаконного строительства позволит оперативно выявить и устранить нарушения в вопросах землепользования.

В чрезвычайных ситуациях из-за невозможности доступа непосредственно к пострадавшей зоне наиболее эффективным методом для маркировки зданий, понесших ущерб и оперативного принятия решений для проведения спасательных операций является анализ разрушений, на основе данных предварительного дистанционного зондирования и данных ДЗЗ после стихийного бедствия. Предлагаемая информационная технология позволит оценить нанесенный ущерб в результате стихийных бедствий, сократив при этом временные затраты необходимые для визуального анализа.

Целью данной статьи является рассмотрение разработанной информационной технологии распознавания зданий на спутниковых изображениях, в которой для сегментации используется комбинация метода роста

регионов и нечеткой кластеризации С-средних, а в качестве основы для метода распознавания применяется ННС NEFCLASS.

### Описание информационной технологии

В основе информационной технологии распознавания зданий на спутниковых изображениях лежит объектно-ориентированный подход в котором анализ и классификация изображений выполняется на уровне объектов. В качестве признаков для классификации используются статистические, текстурные и геометрические характеристики объектов. Объектно-ориентированный подход включает в себя три этапа:

Сегментация изображений.

Формирование пространства информативных признаков.

Распознавание объектов.

Сегментация является ключевым этапом обработки данных и влияет на эффективность всех дальнейших шагов анализа спутниковых изображений по причине зависимости качества получаемого в результате работы системы распознавания решения от правильно выделенных объектов. В работе [Дьяконова С.В., Зайченко Ю.П., 2012] проведен сравнительный анализ различных методов сегментации для поиска наилучшего метода применительно к задаче распознавания зданий на спутниковых изображениях. Наилучший результат сегментации был получен с помощью комбинированного метода, заключающегося в последовательном применении метода роста регионов и нечеткой кластеризации С-средних. Для повышения качества сегментации спутниковых изображений проводится морфологическая обработка, состоящая из последовательного применения двух морфологических операций: размыкание и наращивание. Морфологическая обработка обеспечивает уменьшение количества анализируемых областей за счет слияния сегментов и удаления несущественных фрагментов с точки зрения рассматриваемой задачи.

В качестве основы для метода распознавания зданий был выбран нечеткий классификатор NEFCLASS. Для формирования базы знаний ННС NEFCLASS используется предложенный в [Дьяконова С.В., Зайченко Ю.П., 2013] набор информативных признаков, характеризующих свойства верхней конструкции зданий.

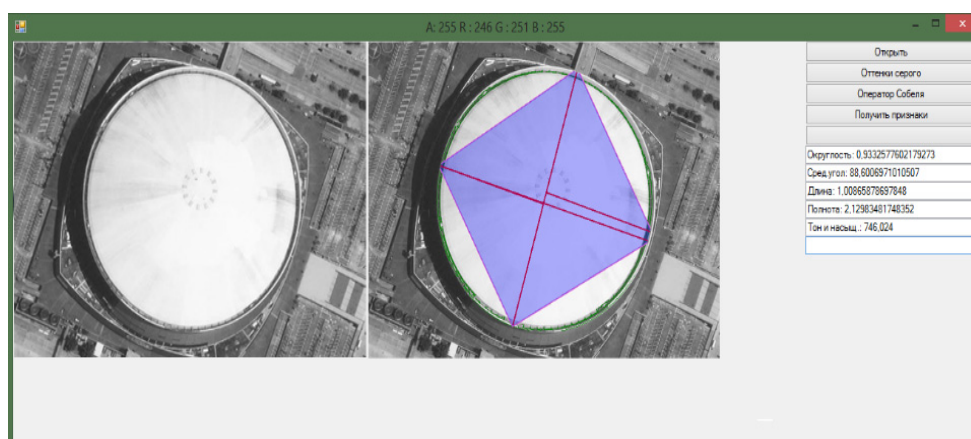


Рис.1 Пример нахождения значений информативных признаков

Для распознавания используется модификация структуры нечеткого классификатора NEFCLASS (Рис.2), позволяющая определять степень соответствия входного образца каждому из выходных классов и в

случае, если отклонение между значениями меньше  $\varepsilon$ , то ранжировать возможные решения по предпочтительности.

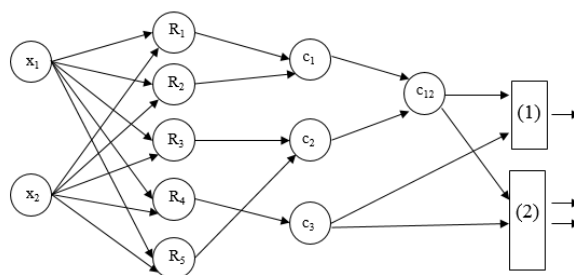


Рис.2 Архитектура модифицированной ННС NEFCLASS

Обучение ННС NEFCLASS проводится с помощью генетический алгоритм обучения, подробно рассмотренного в [Зайченко Ю.П., 2008].

Рассмотрим основные составные части информационной технологии (Рис.3). Подсистема „Интерфейс коммуникации” отвечает за прием и обработку входного пакета данных, что в свою очередь включает проверку цельности и корректности пакета. Подсистема выполняет функции по записи и выдаче геоданных, а также отвечает за приобретение электронных карт у провайдеров геоданных. Модуль „Обработчик событий” обеспечивает как синхронность, так и асинхронность выполнения событий, а также взаимодействие основных подсистем друг с другом. Подсистема „Распознавание” включает в себя модуль „ННС NEFCLASS”, который реализует модифицированный нечеткий классификатор NEFCLASS, и модуль „Обработка информативных признаков”, который вычисляет значения информативных признаков. Подсистема „Обучение” реализует генетический алгоритм обучения ННС NEFCLASS с помощью соответствующего модуля. Подсистема „Обработка изображений” включает в себя модуль „Grayscale”, отвечающий за преобразование растровых данных из цветовой модели RGB к оттенкам серого, модуль „HSV”, обеспечивающий преобразование из цветовой модели RGB в HSV, и модуль „Морфологическая обработка”, реализующий морфологические операции размывание и наращивание. Подсистема „Сегментация” реализует метод роста регионов и метод нечеткой кластеризации С-средних для сегментации растровых изображений.

ГИС БД отвечает за хранение электронных карт в виде растровых изображений и векторных данных, и за хранение информация о пространственно-распределенных объектах, которая содержится в БД в виде электронных таблиц. Пространственные данные делятся на четыре основных типа пространственных объектов: точка, линия, полигон и поверхность, все эти объекты характеризуется местоположением в пространстве и набором атрибутивных данных. Таким образом, пространственные данные позволяют описать местоположение пространственных объектов, их топологические свойства и содержательные характеристики. Хранящиеся атрибутивные данные дополняют пространственные данные с необходимой степенью детализации.

БД Конфигурации отвечает за хранение настроек параметров конфигурации подсистемы сегментации, хранение настроек ННС NEFCLASS, таких как параметры функции принадлежности, нейроны входного и выходного слоя, и база нечетких правил. В БД Конфигурации сохраняются индивидуальные настройки пользователей, в том числе персональные данные пользователей системы.

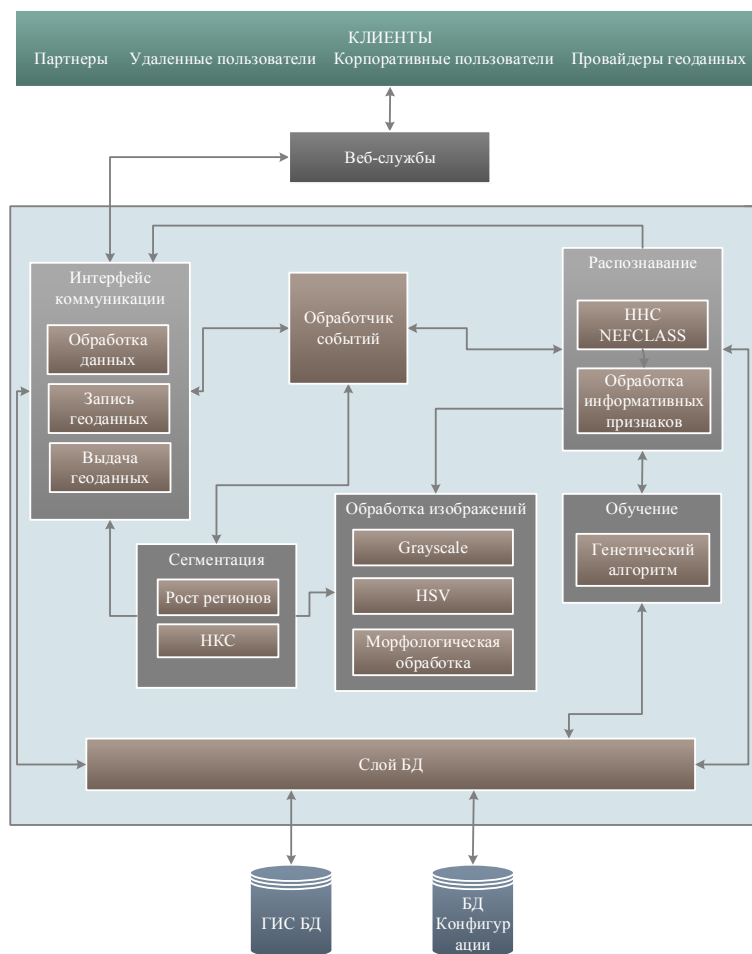


Рис.3 Структурная схема

### Экспериментальные исследования

В работе использовались спутниковые изображения IKONOS и GeoEye-1. Пространственное разрешение спутниковых данных составляет 0.8 м и 0.5 м соответственно. Входное изображение представляет собой растровые данные в цветовой модели RGB, которые преобразуются в оттенки серого с последующей сегментацией с помощью комбинированного метода.

Выходам нейронной сети NEFCLASS соответствуют четыре класса  $\{c_1, c_2, c_3, c_4\}$ , входам – пять информативных признаками  $\{x_1, x_2, x_3, x_4, x_5\}$

- $c_1$  - здание с треугольной крышей;
- $c_2$  - здание с круглой крышей;
- $c_3$  - здание с плоской крышей;
- $c_4$  - не здание;
- $x_1$  – округлость крыши;
- $x_2$  - среднее значение углов;
- $x_3$  - длина крыши;
- $x_4$  - полнота;
- $x_5$  - среднее значение интенсивности оттенка крыши.

Рассмотрим способ формирования базы правил. Каждое правило имеет следующий вид:

ЕСЛИ  $x_1$  является  $\mu_1$ , ...,  $x_n$  является  $\mu_n$ ;

ТО образец  $(x_1, \dots, x_n)$  принадлежит классу  $i$ ;

где  $i$  название класса образа,

$n$  количество информативных признаков.

Для обучения параметров функций принадлежности выбран генетический алгоритм обучения.

Обучающая выборка состояла из 700 образцов, выборка для тестирования включала 400 образцов. Эксперимент был поставлен следующим образом. Каждое изображение обрабатывается и сегментируется. Для генерации базы правил каждому сегменту на изображении ставится в соответствие один из заданных классов. Таким образом, создается база правил. Проводится обучение нейронной сети выбранным методом. Тестирование обученной ННС проводится с помощью выборки для тестирования. На Рис.4 представлен графический интерфейс информационной технологии.

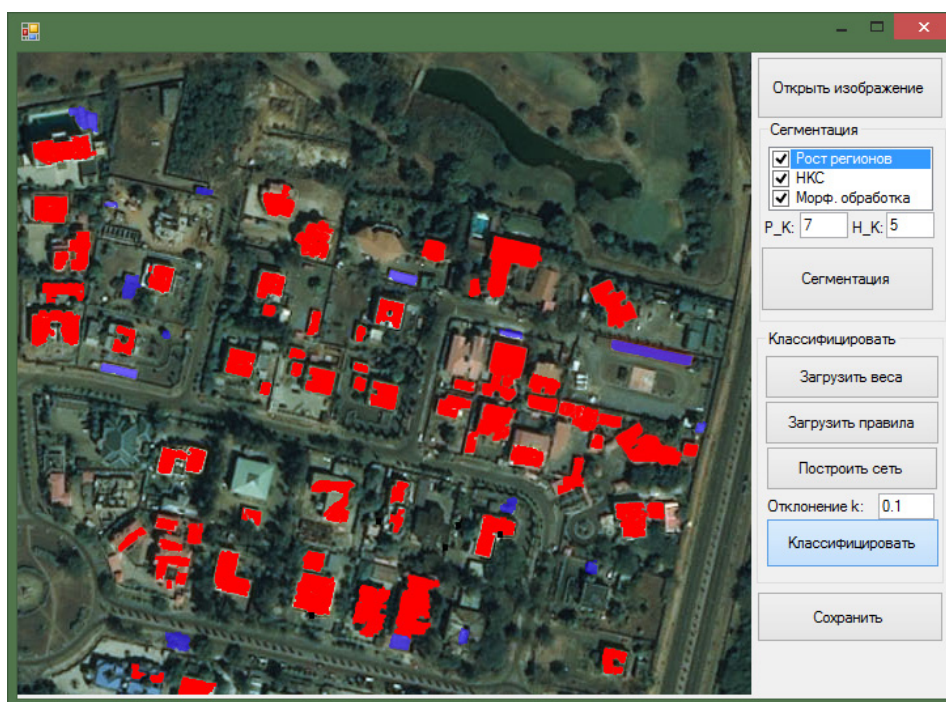


Рис.4 Графический интерфейс информационной технологии

По результатам экспериментальных исследований было получено 12,50% ошибочно классифицированных образцов.

## Заключение

В статье рассмотрена разработанная информационная технология распознавания зданий на спутниковых изображениях. Описаны основные принципы объектно-ориентированного подхода к анализу спутниковых изображений. Рассмотрены подходы к сегментации и распознаванию, которые легли в основу информационной технологии, а также основные компоненты из которых она состоит. Описаны проведенные экспериментальные исследования по результатам которых точность распознавания составила 87,50%.

---

## Благодарности

---

Статья частично финансирована из проекта ITHEA XXI Института Информационных теорий и Приложений FOI ITHEA и консорциума FOI Bulgaria ([www.ithea.org](http://www.ithea.org), [www.foibg.com](http://www.foibg.com))

---

## Литература

---

[Дьяконова С. В., Зайченко Ю.П., 2012] Дьяконова С. В., Зайченко Ю.П. Анализ методов сегментации спутниковых изображений. - Вісник НТУУ „КПІ” Інформатика, управління та обчислювальна техніка, №57, 2012. – с. 118-123.

[Дьяконова С. В., Зайченко Ю.П., 2013] Дьяконова С. В., Зайченко Ю.П. Подход к решению задачи автоматизированного обнаружения зданий на спутниковых изображениях. - Вісник НТУУ „КПІ” Інформатика, управління та обчислювальна техніка, №58, 2013. – с.51-55.

[Зайченко Ю.П., 2008] Зайченко Ю.П. Нечёткие модели и методы в интеллектуальных системах. Учебное пособие для студентов высших учебных заведений. – К.: „Издательский Дом „Слово””, 2008. – С. 344.

---

## Информация про автора

---



**Светлана Владимировна Надеран** – аспирантка Национального технического университета Украины „КПИ”, адрес электронной почты: [sv.naderan@gmail.com](mailto:sv.naderan@gmail.com)

**Основные сферы научных исследований автора:** применение нечеткого классификатора *NefClass* к задаче распознавания зданий на спутниковых изображениях

## Automated Building Extraction System Applied On High Resolution Satellite Imagery Using Fuzzy Neural Network

Svetlana Naderan

**Abstract:** The article is devoted to the development of the new Automated Building Extraction system applied on High Resolution Satellite Imagery, which is based on an object-oriented approach and soft computing.

**Keywords:** building recognition, satellite imagery, neuro-fuzzy classifier NEFCLASS, genetic algorithm.