

ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОДЕЗИЯ И ГОРОДСКОЙ КАДАСТР

ENGINEERING GEODESY AND URBAN CADASTRE

УДК 528.854.2

А.А.БОГОЛЮБОВА, ассистент, *bonya.234@mail.ru*
Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», Санкт-Петербург

A.A.BOGOLYUBOVA, assistant lecturer, *bonya.234@mail.ru*,
National Mineral Resources University (Mining University), Saint Petersburg

ТЕХНОЛОГИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ДЕШИФРИРОВАНИЯ РАЗЛИЧНЫМИ МЕТОДАМИ АЭРОФОТО- И КОСМИЧЕСКИХ СНИМКОВ ЗЕМНОГО ПОКРОВА ОСОБО ОХРАНЯЕМЫХ ПРИРОДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

Представлена технология автоматизированного дешифрирования аэрофото- и космических снимков почвенно-растительного покрова Юнтоловского заказника различными методами. Автоматическая классификация проведена по разработанной номенклатуре земного покрова особо охраняемых природных территорий Санкт-Петербурга. Проведен сравнительный анализ технологии автоматизированного дешифрирования космических снимков методом максимального правдоподобия и методом нейросетей.

Ключевые слова: классификация земного покрова, особо охраняемые природные территории, мультиспектральные изображения, метод максимального правдоподобия, метод нейронных сетевых структур.

AUTOMATIC INTERPRETATION TECHNOLOGY OF AERIAL AND SATELLITE IMAGES ACCORDING TO DIFFERENT METHODS OF LAND COVER FOR PROTECTED AREAS

This paper focused on remote sensing, digital acquisition and digital processing methods for the purpose of land cover automatic classification of Yuntolovsky reserve. It presents the technique of automatic identification of land cover according to different methods. Comparisons the results of maximum likelihood method and neural networks approach are presented in the paper.

Key words: land cover classification, natural protected area, multisensor imagery, maximum likelihood, neural networks method.

Изменение земного растительного покрова – один из наиболее важных индикаторов в установлении и понимании взаимосвязей между человеческой деятельностью и окружающей нас природной средой. Несмотря на то, что воздействие природных и антропогенных факторов на изменение зем-

ного растительного покрова равновероятно, в последние десятилетия изменения в структуре земного покрова по всему миру были вызваны в большей степени человеческим фактором. Эти модификации сами по себе являются беспрецедентными и глубоко затрагивающими экосистемы Земли. Чтобы

Классификационная схема земного покрова Юнтоловского заказника

Номер класса	Тип земного покрова	Краткое описание
1	Лесные насаждения и растительность	Хвойные, лиственные, смешанные леса; кустарниковые заросли
2	Водные объекты	Реки, озера, пруды, каналы, ирригационные и дренажные каналы
3	Водно-болотные угодья	Заболоченные местности, низинные, верховые и переходные болота
4	Искусственная поверхность	Здания, строения, гражданские и промышленные объекты, транспортная сеть, урбанизированные территории
5	Бывшие сельскохозяйственные угодья	Сельскохозяйственные площади, пашни, огороды, залежи, сенокосные луга

этого не происходило, должны осуществляться меры по сохранению биоразнообразия за счет улучшения системы контроля и управления территориями.

Данное явление особенно распространено в развивающихся и развитых странах, таких, как Россия, где изменение земного покрова обусловлено результатами процессов социально-экономического развития, деградации окружающей природной среды, фрагментации ландшафтов.

Получение информации о классах земного покрова по материалам аэрофото- и космических съемок при создании и обновлении тематических цифровых карт выполняется на этапе дешифрирования снимков. Временные затраты на дешифрирование по традиционной технологии создания и обновления карт составляют от 20 до 40 % общих затрат [5]. Это вызвано тем, что наиболее сложные и трудоемкие этапы дешифрирования выполняются визуальным или визуально-машинным способами.

Одной из перспективных возможностей изменения ситуации в области автоматизированного дешифрирования является разработка и внедрение технических и программно-технологических средств, основанных на использовании нейросетевых методов.

Объектом наших исследований является государственный региональный комплексный природный заказник «Юнтоловский», который был организован в 1990 г. [4]. Заказник является одной из десяти особо охраняемых природных территорий (ООПТ) Санкт-Петербурга. Расположен на территории Лахтинской низменности, на северном

побережье Невской губы Финского залива, в Приморском районе Санкт-Петербурга. Сегодня в заказник входят озеро Лахтинский разлив и обширный массив Юнтоловской лесной дачи. На всей территории Юнтоловского заказника охраняются не отдельные виды растительного и животного мира, а вся экосистема в целом. На территории заказника произрастает 337 видов сосудистых растений и 69 видов мхов [2].

Совокупность предлагаемых методов и способов, применяемых в технологии автоматизированного дешифрирования снимков с целью создания тематических цифровых карт земного покрова ООПТ Санкт-Петербурга, позволит существенно повысить эффективность дешифрирования и, следовательно, ускорит процесс создания тематических и цифровых карт в области охраны природы.

Следующим шагом исследований была разработка номенклатуры земного (почвенно-растительного) покрова. Этот этап подробно описан в статье [1]. Отметим, что классификация земного покрова для ООПТ Санкт-Петербурга была разработана на основе анализа аэрофотоснимков, полевых наблюдений и обзора литературы. Для классификации земного покрова Юнтоловского заказника мы установили следующие классы почвенно-растительного покрова (табл.1).

Классификационная схема земного покрова устанавливает основные категории земельных угодий. Для целей выявления динамики земного покрова и ее анализа мы возьмем только первый уровень классификации, который характерен для всех ООПТ Санкт-Петербурга [1].

Существует множество различных методов, на основе которых можно провести автоматическую классификацию растительного покрова: метод максимального правдоподобия, метод ближайшего соседа, метод нейросетей и др. Данная работа посвящена сравнению результатов автоматической классификации растительного покрова методом максимального правдоподобия и методом, основанным на нейросетевых моделях.

Статистический метод максимального правдоподобия (параметрический алгоритм Байеса) позволил создать классификатор, который необходим для определения типа распределения и оценки параметров этого распределения на основе «тренировочных участков» и априорного значения вероятности классов земного покрова. В тестах используется модель многомерного нормального распределения. Анализ визуальной гистограммы (одномерная) «тренировочных участков» проводится перед принятием решения о распределении классов земного покрова по всему изображению, а также о возможности применения данного метода к имеющимся у нас исходным данным.

Пробная оценка данных результатов нормального распределения дает нам специфическую ковариационную матрицу и позволяет устранить возможные ошибки, которые могут появиться при классификации всего изображения, что экономит достаточное количество рабочего времени [6].

Метод нейронных сетей уже получил применение в картографии и геоинформационных системах (ГИС), включая: тематические (семантические) классификации атрибутов объектов, классификации пространственных объектов, агрегацию и генерализацию объектов и др.

Метод нейросетевых структур дает возможность эффективно решать ряд актуальных задач тематической интерпретации данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ). Одна из областей применения нейронных сетей – это распознавание изображений по эталону и классификация земного покрова в растровом изображении, особенно по космоснимкам.

В методе используется обратная связь искусственных нейронных сетей. Они разрабатываются и апробируются как классификаторы одиночного класса. Здесь количество частей в сетях исходного слоя различно и соответствует применяемому методу (размер маски и количество необходимых признаков). Все введенные величины нормализуются в пределах от 0,0 до 1,0 [3, 6].

«Тренировочная модель» включает в себя набор предусмотренных входных и ожидаемых выходных величин. Эта модель создается следующим образом:

1. Исходные тренировочные изображения классифицируются и принимаются за основу (эксперт, дешифратор).

2. Результирующее изображение содержит маркированные регионы с «ярлыком», относящимся к определенному классу.

3. Затем набор исходных бинарных изображений создается путем деления на регионы с похожим разделением «ярлыков».

4. Количество изображений должно быть равно числу распознанных классов.

5. Затем набор входных величин подсчитывается для каждой определенной позиции (для каждого пикселя) в исходном изображении в соответствии с выбранным методом классификации.

6. Набор выходных значений содержит простую бинарную величину, показывающую, достаточна ли значимость пикселя, чтобы определить его в класс, или нет. Эта информация берется с соответствующего исходного изображения [5].

После «тренировочной фазы» искусственная нейронная модель работает как классификатор. Используемые тестовые образцы подготавливаются по такой же схеме, что и тренировочные образцы. Результаты классификации тестовых образцов (не используемых в тренировочном процессе) и тренировочные образцы хранятся в результирующем изображении. Результирующие изображения и сопроводительные исходные изображения применяют в последующем для подсчета результатов классификации: площадей контуров земельных угодий.

Определение типов растительного покрова на основе спектральных характери-

стик спутниковых данных является одной из фундаментальных задач ДЗЗ.

Пространственные данные, полученные методами ДЗЗ, содержат сведения о типах земного (почвенно-растительного) покрова. Такие данные позволяют создавать тематические карты и базы данных, которые могут быть применены для оптимального управления территориями, организации охраны природной окружающей среды и почвенно-растительного покрова. Дистанционное зондирование является экономически эффективным, а его данные, в свою очередь, получают все более широкое применение в области классификации земного покрова.

Для наших исследований в качестве исходной информации выступали аэрофото-







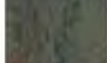



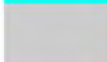
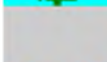













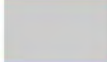




снимки Юнтоловского заказника (масштаб 1:10000), полученные в 2009 г.:

Количество спектров цвета.....	3 (RGB)
Размер ячейки (X, Y), м.....	0,6 × 0,6
Глубина цвета, бит.....	8
Разрешение, м/пиксель.....	0,6
Размер проекта, пиксель.....	10711 × 11220

В качестве вспомогательного исходного материала мы использовали топографические планы 2002 г. в масштабе 1:2000. Следует отметить, что для наших исследований эффективнее работать с космоснимками, но, к сожалению, на свободных серверах в Интернете не нашлось снимков интересующей нас территории с необходимым разрешением (не более 30 м). Космоснимки, выложен-

Таблица 2

Результаты классификации «тренировочных участков»

Класс земного покрова	Свойства векторов	Ожидаемый результат	Полученный результат
Метод максимального правдоподобия			
1. Лесные насаждения и растительность			
2. Водные объекты			
3. Водно-болотные угодья			
4. Искусственная поверхность			
5. Бывшие сельскохозяйственные угодья			
Метод нейронных структур			
1. Лесные насаждения и растительность			
2. Водные объекты			
3. Водно-болотные угодья			
4. Искусственная поверхность			
5. Бывшие сельскохозяйственные угодья			

ные в сеть Интернет в свободном доступе, были неудовлетворительного качества для решения поставленных перед нами задач (космоснимки были сделаны в основном в условиях облачности 25-35 % и выше).

Перед тем, как приступить к работе с безразмерным аэрофотоснимком, мы провели его географическую привязку. Для геометрической коррекции изображения аэрофотоснимок регистрировали в местной прямоугольной системе координат МСК-64 посредством трансформации проекции, используя метод билинейной интерполяции в ГИС «ArcGIS 10.0». Передискретизация проходила следующим образом: изображение корректировалось посредством соотношения с топографическим планом 2002 г. с использованием координат углов прямоугольной сетки координат. В нашем случае мы использовали 14 связующих точек. Точность привязки составила приблизительно 0,3-1,0 м и принята удовлетворительной.

Нами была проведена предварительная обработка аэрофотоснимков. В соответствии с методом максимального правдоподобия и методом нейросетевых структур были созданы «тренировочные участки» для того, чтобы определить, какой из методов даст результаты, отражающие наиболее актуальную и реальную ситуацию распределения типов земного покрова в Юнтоловском заказнике (табл.2).

Проанализировав полученные результаты автоматической классификации земного покрова (см. рисунок), можно сделать вывод о том, что наиболее удовлетворительные результаты получились в классификации по методу нейронных сетевых структур. Здесь очень четкая классификация водных объектов, искусственной поверхности и болот. Однако классы «лесные насаждения и растительность» и «водные объекты» перемешались друг с другом. Это связано с тем, что на исходных снимках есть тень от облака, которая распространяется по всей территории леса и падает на водную поверхность. Тень дает такой эффект, что пиксельное число в тестовых участках класса «лесные насаждения и растительность» и «водные объекты» имеет практически одинаковое значение.

При классификации земного покрова методом максимального правдоподобия получены следующие результаты: здесь представлены все выделенные нами классы по номенклатуре земного покрова. Тем не менее, результирующее изображение очень фрагментировано и даже на 50 % не отражает реальной ситуации распределения земельных угодий, которая сложилась к 2009 г. в заказнике.

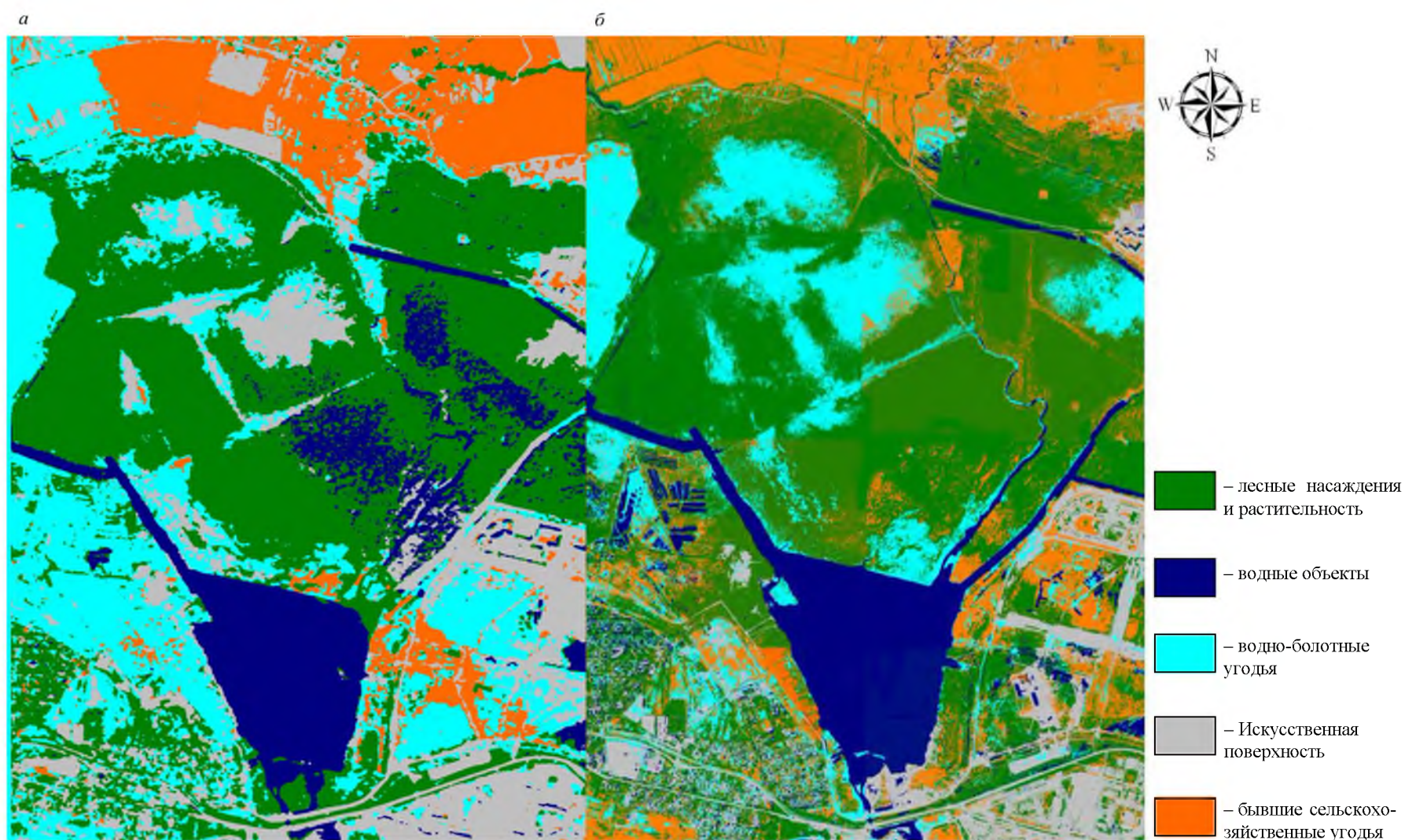
Для получения результатов, которые наиболее полно отражали бы реальную ситуацию, необходимо провести повторную классификацию методом нейронных сетевых структур, но с добавлением в модель такой градации, как «по текстуре». Это можно сделать по основным механизмам рассеяния через элементы ковариационной матрицы (контраст, энтропия и обратный момент), но только в качестве исходных данных нужно иметь мультиспектральные космоснимки или снимки в ближнем инфракрасном свете. Как ранее нами уже было отмечено, получить такие снимки на нужную территорию с разрешением до 1 м очень сложно. Эта проблема будет решаться нами на последующих этапах работы.

Выводы

1. В ходе апробации метода автоматизированной классификации изображений земного покрова с использованием методов нейросети и максимального правдоподобия оценивалась полнота классификации земного покрова ООПТ.

2. Сравнительный анализ методов автоматического дешифрирования космоснимков показал, что при классификации типов земного покрова ООПТ лучше применять метод нейронных сетевых структур. Так, по сравнению с методом максимального правдоподобия, он позволяет увеличить среднюю вероятность распознавания участков отдельных видов угодий.

3. Внедрение методики автоматизированного дешифрирования изображений земного покрова с использованием нейросетевых методов позволит максимально повы-



1:25000

Результаты автоматизированного дешифрирования методом: *a* – максимального правдоподобия; *б* – нейронных сетевых структур

сить полноту содержания тематических карт в аналоговой и цифровой формах представления; увеличить среднюю вероятность распознавания участков отдельных видов угодий; максимально учесть особенности технологии выполнения работ; увеличить производительность труда и улучшить условия выполнения работ по сравнению с традиционными неавтоматизированными методиками.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Боголюбова А.А.* Классификация почвенно-растительного покрова особо охраняемых природных территорий Санкт-Петербурга // Актуальные проблемы лесного комплекса: Сб. научн. трудов по итогам международной научно-технической конференции. Брянск, 2011. Вып.26. С.168-172.
2. *Волкова Е.А.* Юнтоловский региональный комплексный заказник / Е.А.Волкова, Г.А.Исаченко, В.Н.Храмов. СПб, 2005. 202 с.
3. *Назаров Л.Е.* Нейросетевые алгоритмы совместной обработки совокупности разнородных космических изображений Земли / Л.Е.Назаров, А.А.Чухланцев, А.М.Шутко // Цифровая обработка данных и ее применение: Сб. докл. по итогам 6-й международной конференции DSPA-2004. СПб, 2004. Т.1. С.195.
4. О государственном природном комплексном заказнике регионального значения «Юнтоловский»: Распоряжение губернатора Санкт-Петербурга от 30.11.99 г. № 1275-р // Вестник администрации Санкт-Петербурга № 12. 1999. 27 декабря.

5. *Iwaniak A.* Feature extraction in high-resolution raster images using neural networks / A.Iwaniak, T.Kubik, P.Tymków // Reports on Geodesy. Warszawa, Poland. 2006. Vol.2. N 77. P.263-271.

6. *Tymków Przemysław.* Application of photogrammetric and remote sensing methods for identification of resistance coefficients of high water flow in river valleys. Wrocław, 2009. 101 p.

REFERENCES

1. *Bogolyubova A.A.* The land cover classification of Saint Petersburg natural protected area // Actual problems of Forestry: Collection of scientific papers on the basis of an international scientific conference. Bryansk, 2011. Vol.26. P.168-172.

2. *Volkova E.A., Isachenko G.A., Hramov V.N.* Regional complex natural state reserve «Yuntolovsky». Saint Petersburg, 2005. 202 p.

3. *Nazarov L.E., Chuhlantsev A.A., Shutko A.M.* Neural network algorithms for the joint processing of total heterogeneous of satellite imagery of the Earth // Digital Processing and its Applications: Collection of abstracts on the results of the 6-th international conference DSPA-2004. Saint Petersburg, 2004. Vol.1. P.195.

4. About regional complex natural state reserve «Yuntolovsky»: Order of the Governor of Saint Petersburg on 30.11.99, № 1275-p // Herald of the Saint Petersburg № 12. 1999. 27 December.

5. *Iwaniak A., Kubik T., Tymków P.* Feature extraction in high-resolution raster images using neural networks // Reports on Geodesy. Warszawa, Poland. 2006. Vol.2. N 77. P.263-271.

6. *Tymków Przemysław.* Application of photogrammetric and remote sensing methods for identification of resistance coefficients of high water flow in river valleys. Wrocław, 2009. 101 p.