

Разработка интеллектуальной геоинформационной системы для отрасли лесного хозяйства

© 2021 г. — М.Р. Вагизов¹, Е.П. Истомин², Н.В. Яготинцева², О.Н. Колбина², А.Е. Морщикина¹, К.В. Конжголадзе¹

¹Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова, Санкт-Петербург, Россия; bars-tatarin@yandex.ru, ane4cka89@gmail.com, karamnova.moris@mail.ru

²Российский государственный гидрометеорологический университет, Санкт-Петербург, Россия; biom@bk.ru, solnishko234@yandex.ru, olya_kolbina@mail.ru

Поступила 31.05.2021

Принята к печати 08.09.2021 г.

Ключевые слова: геоинформационные системы, лесное хозяйство, разработка ГИС

Аннотация: Авторами статьи предлагается специализированная геоинформационная система для применения в лесном хозяйстве. Её отличительной особенностью является использование модуля обработки данных, включённого в состав ГИС. Лесное хозяйство требует повышения качества управления и мониторинга лесных ресурсов, улучшения восприятия геоинформации в доступном для пользователя виде. Одной из перспективных технологий представления геопро пространственной информации являются инфограммы, отображающие оценку анализируемой территории. Для такого способа отображения требуется специализированный интерфейс, технологии обработки, интерпретации данных, включенные в состав программы, и специфические характеристики системы, предлагаемые авторами данной работы.

Для цитирования: Вагизов М.Р., Истомин Е.П., Яготинцева Н.В., Колбина О.Н., Морщикина А.Е., Конжголадзе К.В. Разработка интеллектуальной геоинформационной системы для отрасли лесного хозяйства // Геоинформатика. – 2021. – № 3 – С. 4–13. DOI: 10.47148/1609-364X-2021-3-4-13.

Development of a smart geoinformation system module for forest taxing data processing

© 2021 — M.R. Vagizov, E.P. Istomin, N.V. Yagotintseva, O.N. Kolbina, A.E. Morshihina, K.V. Konzhgoladze

¹St. Petersburg State Forestry University named after S.M. Kirov, St. Petersburg, Russia; bars-tatarin@yandex.ru, ane4cka89@gmail.com, karamnova.moris@mail.ru

²Russian State Hydrometeorological University, St. Petersburg, Russia; biom@bk.ru, solnishko234@yandex.ru, olya_kolbina@mail.ru

Received 31.05.2021

Accepted for publication 08.09.2021

Key words: geographic information systems, forestry, GIS development

Abstract: The authors of the article offer a specialized geoinformation system for use in forestry. A distinctive feature of the proposed system is the use of data processing module included in the GIS. Forestry requires to improve the quality of management and monitoring of forest resources, to enhance the perception of geoinformation in a user friendly form. One of the perspective technologies of geospatial information display is infograms displaying the evaluation of the territory under analysis. Such way of display requires a specialized interface, technologies of processing and data interpretation included in structure of the program, and specific characteristics of the system offered by the authors of this work.

For citation: Vagizov M.R., Istomin E.P., Yagotintseva N.V., Kolbina O.N., Morshihina A.E., Konzhgoladze K.V. Development of a smart geoinformation system module for forest taxing data processing. *Geoinformatika*. 2021;(3):4–13. DOI: 10.47148/1609-364X-2021-3-4-13. In Russ.

Развитие современных информационных технологий позволяет постоянно апробировать, внедрять и совершенствовать геоинформационные системы для исследования земной поверхности, предназначенные для лиц, принимающих решения. Среди технологий обработки информации средствами ГИС перспективными становятся технологии интеллектуального анализа данных, интегрированные в их функциональную среду. Основные компоненты реализованы на базе отдельных программно-алгоритмических решений, не требующих непосредственного участия лица, принимающего решения, ни в процессе анализа, ни в получении

итогового результата. Применять данные методы можно при обработке сверхбольших объёмов информации: как правило, это базы данных графической информации (спутниковые снимки) и данные полевых измерений (числовые характеристики), полученные в ходе натурной таксации лесов.

Интерпретация, обработка и анализ геопро пространственной информации о состоянии лесных массивов позволяет осуществлять рациональное планирование и ведение лесного хозяйства. Концептуально новым подходом в сфере лесного хозяйства и сбора лесотаксационной информации является,

подход, основанный на применении совокупности информационных технологий, в том числе технологий на базе интеллектуального анализа данных [9]. Вторым фактором, способствующим развитию методов обработки и хранения информации, выступает ускорение процессов обработки информации за счёт использования новейших аппаратных средств, твёрдотельных накопителей информации, высокоскоростной процессорной техники, а также распределенного хранения информации на основе облачных хранилищ. Данные факторы технологического развития позволяют абстрагироваться от привычных, стандартных подходов к сбору лесотаксационной информации. Рассматривая лес как информационный атрибут, следует учесть факторы биологического и географического распределения древесных пород.

Технологии интеллектуального анализа данных (data mining) сегодня получили широкое распространение и неуклонно развиваются. Их отличают гибкость и применимость в различных сферах человеческой деятельности; не стало исключением и лесное хозяйство и лесопользование. Однако нельзя говорить лишь о базах данных и содержащейся в них информации: в задачи лесного хозяйства входят также составление карт и работа с ними, что невозможно без использования данных дистанционного зондирования Земли. Совокупный анализ баз данных с привязкой к картам и одновременным выводом результата в воспринимаемой человеком форме на сегодняшний день реализуем при помощи геоинформационных систем и интеллектуального анализа данных. Основной задачей в данном контексте, помимо технической реализации, является качественное улучшение работы с информацией о лесах.

Для решения проблемы эффективной оценки лесов необходимо обеспечить информацию и контроль в сфере планирования и проектирования лесохозяйственных мероприятий с применением методов геоинформатики и внедрением передовых исследований в науках о Земле. К проблемам отрасли лесного хозяйства можно отнести постоянное динамическое изменение информации о лесе, обра-

ботка которой является инструментом для принятий решений. Существует четыре основных цикла циркуляции информации о лесе, представленных на рис. 1.

Источниками сбора, передачи, обработки и интерпретации информации на каждом из представленных выше этапов могут выступать как лица, принимающие решения (ЛПР), так и устройства. Один из важнейших аспектов в процессе сбора информации — это момент обработки поступающей информации. Геоинформационные системы, использовавшиеся в системе лесного хозяйства, являлись удобным инструментом визуализации и обработки данных. На сегодняшний день следующий этап в развитии методов обработки динамически меняющейся информации — это интеллектуальный анализ данных. Он подразумевает не только процесс обработки информации, но и построение сложных процедурных моделей. На основе проведённой обработки данных к ним относятся логистические и эвристические методы рассуждения, заложенные в концепцию работы интеллектуальной геоинформационной системы (ИГИС) (рис. 2).

На рис. 2 представлены основные компоненты интеллектуальной геоинформационной системы:

1. Распределенный банк данных.
2. Устройство управления.
3. Логико-математический аппарат.
4. Решатель.
5. Сеть.

Реализация такой комплексной ИГИС позволит также решить задачу прогнозных расчётов на базе обрабатываемой информации. Устаревание информации в лесном хозяйстве сказывается на качестве управления лесными ресурсами при назначении хозяйственных мероприятий и контроле управления. Процедурная форма представления знаний в ИГИС на базе организации машинного обучения и биологической структуры леса позволит делать точные прогнозы процессов роста, развития и количественной оценки лесов.

Решение основных задач, стоящих перед лесной отраслью, базируется, на основополагающих

Рис. 1. Цикл информации от момента сбора до момента интерпретации

Fig. 1. The cycle of information from the moment of collection to the moment of interpretation

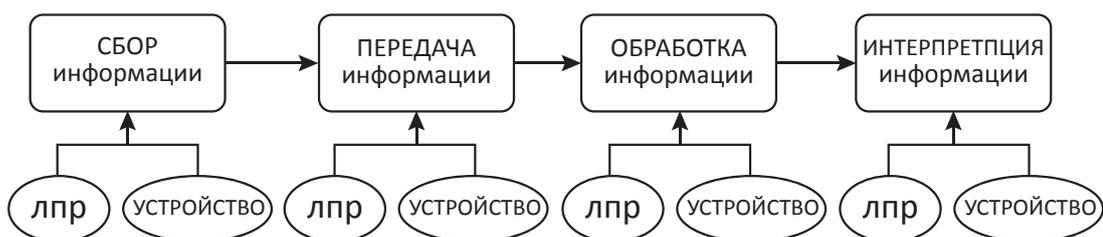
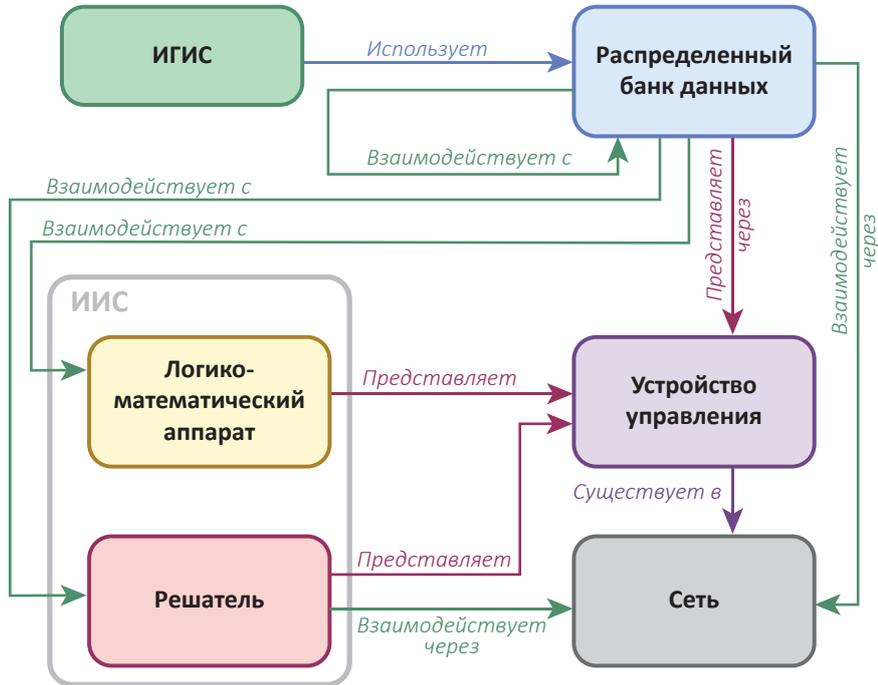


Рис. 2. Функциональные составляющие ИГИС
 Fig. 2. Functional components of IGIS



принципах качественного и количественного учета леса. На начальном этапе требуется простейшая устойчивая классификация древостоя с применением нескольких интеллектуальных методов, а также классического (ручного) метода дешифрирования насаждений. Затем выбранный метод классификации должен быть распространён на другие задачи. В перспективе должна производиться полная классификация заданного участка интеллектуальным методом (определение вида древостоя, возраста, преобладающей породы, качества, недревесных ресурсов леса, распознавание очагов пожаров). Учёными [1, 4, 7] предлагались различные решения для построения и проектирования интеллектуальных геоинформационных систем для различных отраслей и моделей для обработки пространственно-распределённой информации.

Первоочередной этап, требующий улучшения с технологической точки зрения, состоит в самом процессе сбора информации о лесе, так как важную роль издаёт качество мероприятий, проведенных в процессе таксации леса. При оценке леса полевыми способами все данные фиксируются в рабочей документации, включающей так называемую карточка таксации, которая представлена в двух вариантах: бумажный носитель и электронный вариант.

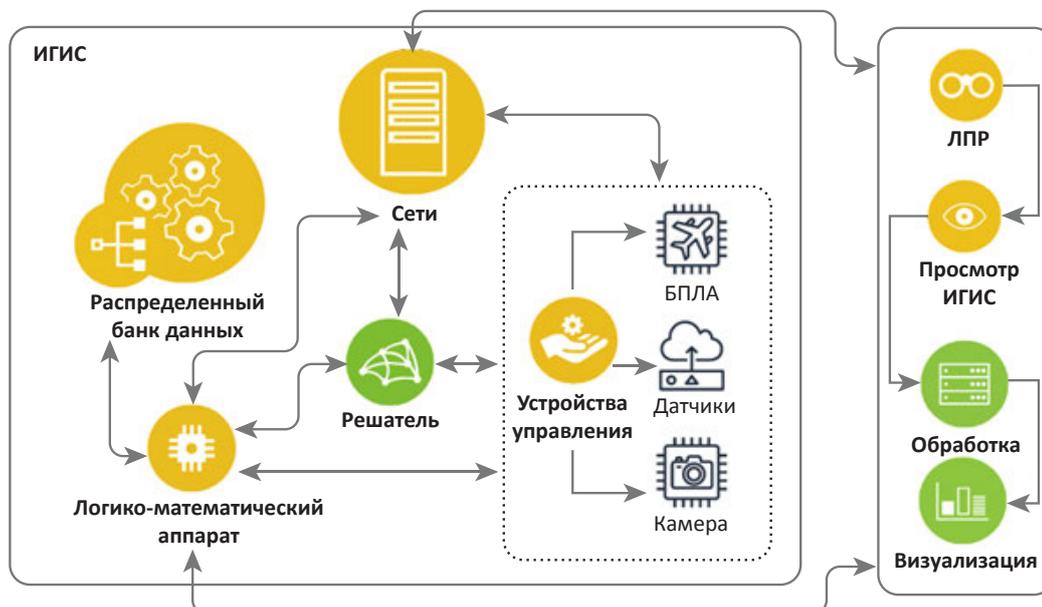
Главный момент, от которого зависит точность переноса информации из реальной системы в электронную, — это этап фиксации информации таксатором. Если при сборе информации используется глазомерная таксация, то она всегда сопряжена с ошибками. Результат таксации зависит от

качества подготовки самого таксатора, его навыков. Электронные таксационные приборы, к примеру, электронные и лазерные мерные вилки, могут служить наиболее точными инструментами фиксации информации о лесе. Однако количество замеров, проведенных таксаторами вручную, зачастую несопоставимо с той площадью лесной территории, которую требуется обследовать. Более того, работа в лесу сопряжена с большими человеческими рисками. Следовательно, желательно, чтобы как обработка, так и фиксация информации производилась с помощью автономных технических устройств (компонента коммуникации); в данном случае таксатор выступает в роли лица, принимающего решения, контролирующего работу устройства. В качестве такого устройства может выступать беспилотный летательный аппарат (БПЛА), собирающий и передающий информацию в ИГИС. Интеллектуальная геоинформационная система на первоначальном этапе является источником хранения и сбора информации, а затем — элементом обработки. Примечательно, что в лесоустройстве, как правило, используются две системы: сперва система обработки лесоустроительной информации, затем геоинформационные системы, куда из неё экспортируются данные. Данный подход не совсем удобен с практической точки зрения, так как требует навыков работы сразу в двух системах [5].

В процессе исследования необходимо спроектировать как структуру будущей платформы интеллектуальной геоинформационной системы, обеспечивающей комплексный анализ системати-

Рис. 3. Структурный уровень представления системы

Fig. 3. Structural level of system presentation



зированной информации о лесе, так и методический подход к анализу и обработке информации. Представим структурный уровень реализации системы (рис. 3).

На структурном уровне раскрывается связь между устройствами управления и функциональными компонентами ИГИС, представленными ранее. В качестве основных технических средств сбора информации представлены:

1. БПЛА — беспилотные летательные аппараты (Геоскан 101, 201, Альбатрос М5).

2. Датчики — специальные устройства обработки внешней информации, фиксирующие заданные параметры (температуру, ход роста, влажность).

3. Автономная GSM камера — фиксированная камера, способная определять диаметр стволов и передавать информацию о наличии или отсутствии, к примеру, особо охраняемых видов животных. Задача лица, принимающего решения, состоит в том, чтобы осуществлять оценку и интерпретацию сведений, поступающих в ИГИС.

Перед авторами стояла задача разработки модели интеллектуальной геоинформационной системы, ориентированной на принятие решений, которая бы имела прикладное применение и могла бы использоваться на практике, а также могла бы анализировать, систематизировать, накапливать полученные знания и предоставлять общий доступ к данным в соответствии с разграничением уровней доступа.

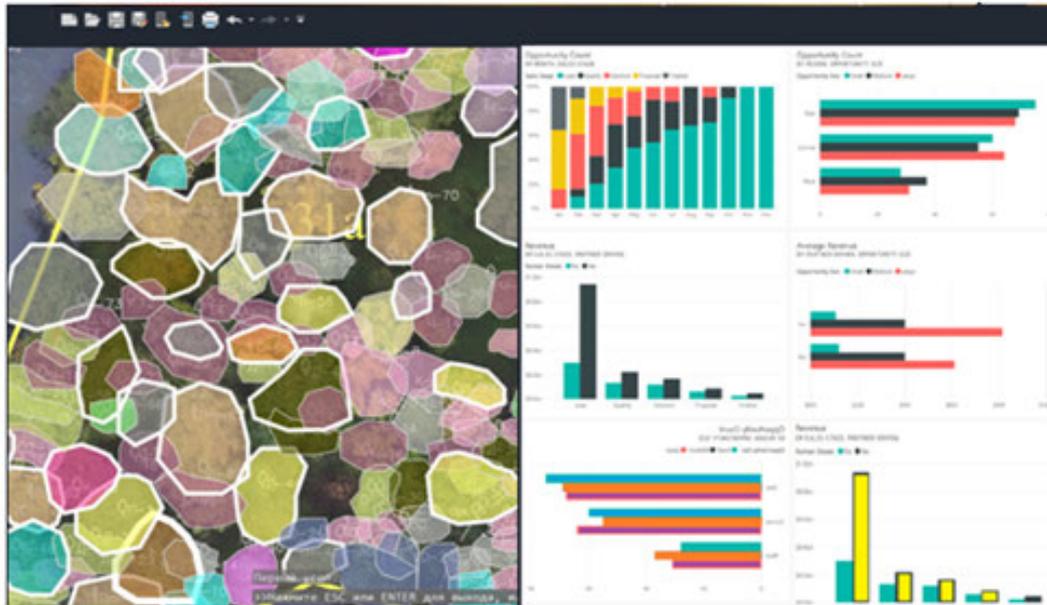
Современные геоинформационные системы в большинстве случаев ориентированы на визуализацию и наглядное представление данных, что может

быть удачно применено в лесной отрасли. В задачи современных ГИС должно входить представление лицу, принимающему решения, не только геоданных и возможных операций с данными в ручном режиме, но и уже проанализированных совокупностей и зависимостей данных в виде графиков, таблиц и тематических карт. Данные способы представления информации хорошо зарекомендовали себя в бизнес-аналитике, где динамическая интерпретация данных в реальном времени позволяет оценивать движение экономических показателей, улучшение или ухудшение текущей ситуации экономических рынков и, соответственно, строить более точные оценки и прогнозы. В концепции методики, предлагаемой авторами, заложен схожий принцип представления данных пользователю. Общий алгоритм анализа информации и принятия решений выглядит следующим образом (см. рис. 4).

При обработке данных пользователь может видеть как геопространственную информацию, так и расчёты, выполненные на базе обработки данных при помощи алгоритмов искусственного интеллекта. Дизайн интерфейса создан на основе InVision Studio при помощи элементов UX/UI дизайна. Каким образом происходит интерпретация данных в режиме реального времени? За данный процесс отвечает модуль обработки данных, тесно связанный с базой данных и механизмами предпроцессорной обработки данных, которые описаны авторами в ранее опубликованной статье [10].

Раскрывая принципы построения разрабатываемой ИГИС, следует указать на уровни представления данных в системе. Система состоит из четырёх уровней представления информации:

Рис. 4. Представление данных в ИГИС с одновременной визуализацией данных
 Fig. 4. Data presentation in IGIS with simultaneous data visualization



1. Логический уровень — содержит логику процесса анализа данных и связь с другими функциональными уровнями, представленными в системе. На логическом уровне обработки информации основными элементами являются базы знаний, которые содержат в себе формализованные признаки, присущие, к примеру, насаждениям, ассоциативные понятия ключевых обрабатываемых значений (порода, выдел, границы, сухостой).

2. Математический уровень — состоит из описания и формулирования алгоритмов анализа при помощи формул. К данному уровню можно отнести графики расчёта возраста спелости древостоя на базе определения средних параметров возраста и определения породного состава. Фактически на данном уровне может быть рассчитан запас насаждений, исходя из обрабатываемой информации.

3. Программный уровень — позволяет при помощи языков программирования перевести разрабатываемый функционал на программно-технический уровень представления системы. На программном уровне реализуется концепция всех уровней системы, исходя из определения наиболее подходящего способа программирования для каждой задачи. К примеру, процессы визуализации данных требуют реализации при помощи процедурных языков программирования, а логическая интерпретация данных является результатом обработки логического аппарата, реализуемого при помощи логического языка программирования. В совокупности среда разработки позволяет связать различные компоненты модулей программ через интерфейс разрабатываемой системы.

4. Структурный уровень — схемотехнический уровень, требующий постоянного сопровождения происходящих процессов в системе для представления архитектуры, всех компонентов, раскрытия принципа работы алгоритмов. При разработке комплексной геоинформационной системы данный уровень представления информации на сегодняшний день должен находиться в состоянии постоянного изменения, и возможность его дополнения должна всегда оставаться открытой.

Таким образом, подход каскадной модели проектирования информационной системы недостаточен для реализации интеллектуальной ГИС. Подходящей моделью проектирования будет являться гибридная модель на базе итерационной и спиральной модели проектирования информационной системы.

Решение задач с применением алгоритмов интеллектуальной обработки данных должно включать в себя следующие этапы:

- понимание задачи и требований к системе;
- классификация данных;
- предварительная обработка данных и выбор признаков;
- построение модели.

В качестве данных, с которыми будет работать интеллектуальная геоинформационная система, используются пространственные данные, снимки и метаданные. От формата данных зависит способ обработки геопространственной информации. Символьные данные, содержащиеся в базах данных, обрабатываются при помощи заложенных правил и запросов к этим данным; обработка графической

информации с изображений происходит сложнее, что обусловлено самой структурой данных. Изображения покрытых лесом земель с процедурной точки зрения необходимо сначала декодировать в приемлемые для обработки совокупности численных данных. Для этого изображение разбивается на составляющие элементы [2]. При этом обычная классификация методами системного анализа не всегда даёт приемлемый для восприятия результат. Фактически, графические данные в виде пикселей являются двумерным массивом данных, однако представлен он изначально в виде одного набора данных в цветовой модели RGB.

Для построения адекватного алгоритма обработки информации необходимо наполнить систему метаданными. В данном случае ИГИС для лесного хозяйства должна содержать формализуемые признаки объектов леса. Формализация признаков — важная составляющая процесса обучения системы, от которой зависят все последующие процедуры и точность обработки данных. В предыдущей работе авторов [3] отнесение породы к определенному классу производилось лицом, принимающим решения, но только на определённом этапе, а последующая обработка происходила за счёт наполнения системы правилами работы с обрабатываемой информацией. В научных работах [6, 8] подтверждена возможность обучения системы при помощи обработки так называемых больших данных (Big Data). Примечательно, что таксационные данные после их импорта в геоинформационную систему представляют собой хороший набор больших данных для их обработки и поиска зависимостей между ними. В качестве примера результата породной классификации методом дешифрирования на основе данных дистанционного зондирования Земли можно пред-

ставить выделенные объекты в интерфейсе проектируемой системы (рис. 5).

При проектировании ИГИС необходимо включить в неё и пространственные данные (геоданные (координаты и атрибуты)): именно они и являются основой базы геоинформационной системы. Единицы пространственных данных таковы: точка, отрезок, полигон, данные, полученные при последней таксации (состав, преобладающая порода, возраст, класс бонитета, полнота, запас, тип леса, площадь выдела). Под данными, полученными со снимков, имеются в виду графические данные (разномасштабные снимки и фрагменты, экспортированные изображения покрытых лесов земель в web-картографических сервисах). Они могут быть представлены в растровом и векторном формате и определяются такими характеристиками, как дата и время съёмки, место съёмки, использованная камера, высота полета, направление съёмки, масштаб и т.д. Эти характеристики помогают привязать полученный снимок к существующей карте, а также отслеживать динамику изменений при сравнении двух дистанционных материалов, снятых в разное время на одной местности. Разрабатываемая геоинформационная система будет включать в себя такие возможности как:

- работа через мобильные устройства;
- он-лайн обновление данных;
- добавление и редактирование данных;
- интеллектуальный анализ данных.

Элемент связности в интеллектуальной геоинформационной системе достигается за счёт процесса настройки разных ключей (объекта к объекту) и присвоения связей в системе управления базами данных до момента начала обработки информации.

Рис. 5. Вариант отображения анализа обработки данных

Fig. 5. Display option for data processing analysis

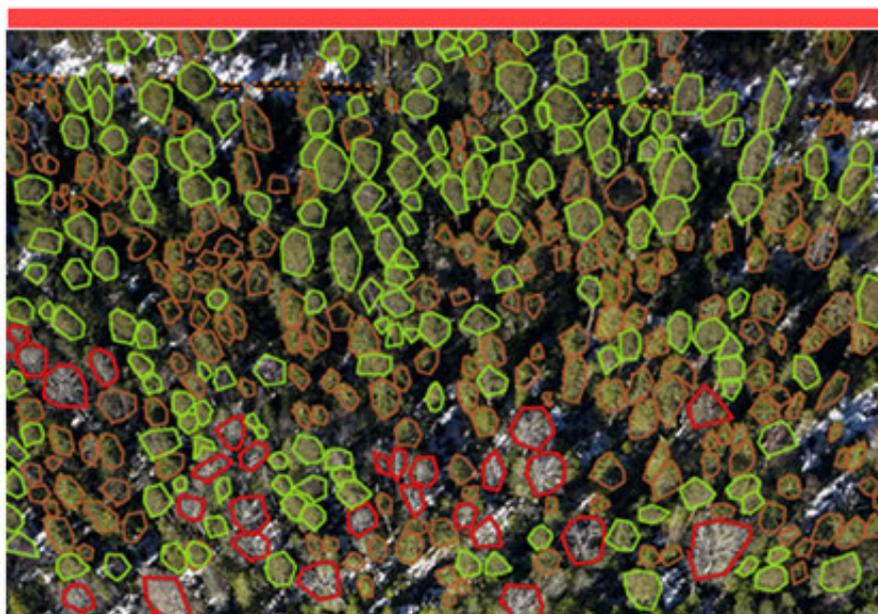
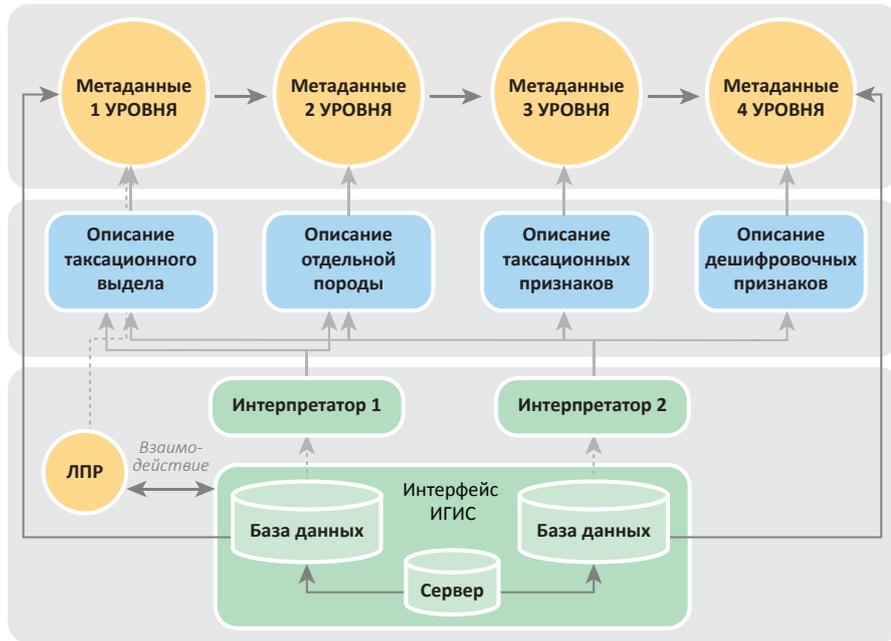


Рис. 6. Модель связей между метаданными и составляющими ИГИС
 Fig. 6. Model of links between metadata and IGIS components



Большое количество используемых данных (графические, текстовые форматы, пространственные данные) приводит к трудностям в выборе подхода к обработке данных. Различные типы данных требуют и различной ее обработки. Таким образом, интеллектуальная геоинформационная система должна включать технологию обработки гетерогенных данных, и в данном контексте наиболее удобным способом хранения разных типов данных может выступать реляционная серверная СУБД. Подход к обработке таких разнотипных наборов данных будет определён в рамках концепции баз данных, на основе её структуры и классификации (рис. 6).

К шумам и выбросам могут быть отнесены одиночно стоящие деревья, сухостои, безлесные пространства, недостатки при съёмке (туча или тень) и т.д. Нетипичные объекты, т.е. объекты, не классифицированные в результате обработки снимков, также являются элементами лесной экосистемы. Такие объекты в перспективе тоже могут быть формализованы, описаны и выделены в качестве отдельных элементов, после чего данные элементы будут являться не выбросами, а классифицированной в результате обработки ИГИС составной частью лесотаксационного выдела.

Определение нетипичных объектов (шумов и выбросов) на снимке зависит от времени обработки снимка:

$$G = \{t_1 + t_2 + t_n, \dots\},$$

где G — числовое значение показателя (номер объекта классификации);

t_1, t_2, t_3 — единицы измерения времени обработки за один выброс.

Для определения количества не определённых деревьев используется следующая формула:

$$K = K(G) = \{x_1, x_2, \dots, x_n\},$$

где K — количество исследуемых выбросов (не определённых деревьев);

x — количества исследуемых объектов.

Следовательно, определение количества выбросов зависит от времени обработки и общего количества исследуемых объектов.

$$G(K) = \sum_{i=1}^n x_i(t)$$

$G(K)$ — функция зависимости определения количества деревьев на снимке от длительности их обработки.

В качестве основного элемента ИГИС, как и любой ГИС, выступают слои данных. Однако в ИГИС слои могут быть результатами запроса к базам данных и результатами прогнозирования и моделирования. Такие слои, отражающие текущую ситуацию и наглядно демонстрирующие изменения, могут называться динамическими слоями карты. Такие слои могут быть реализованы за счёт использования инструмента прикладного программирования — API-карт. В качестве примера изменения текущих данных в ИГИС на карте могут быть продемонстрированы изменения возрастной характеристики древостоев в связи с естественным отвалом старовозрастных пород (ели, сосны, лиственницы и др.) 7–8 класса возраста.

Табл. 1. Основные задачи, решаемые при помощи ИГИС

Tab. 1. Main tasks solved with the help of IGIS

	Стандартные функции	Функции интеллектуальной обработки данных	Тип файлов	Источник данных
1	Загрузка лесных карт	Выделение эталонных объектов на карте	Слои	Карты лесничеств, планы лесонасаждений
2	Обработка карты	Создание динамических слоёв	Слои	Данные дистанционного зондирования Земли
3	Отслеживание незаконных рубок	Прогнозирование уязвимых мест возможной незаконной деятельности	Динамические слои	Данные дистанционного зондирования Земли, карты лесничеств
4	Добавление и редактирование данных	Обработка данных, их анализ и вывод на экран пользователя	Графики	Базы данных

Кроссплатформенность в ГИС способствует росту количества оперируемых данных за счёт увеличения числа способов аппаратного взаимодействия пользователя с системой. Специфика разрабатываемой ИГИС состоит в решении задач обработки больших объёмов информации. К основным задачам относятся количественный и качественный учет леса. Для решения поставленных задач в геоинформационной системе необходимо использовать следующие функции (см. табл. 1).

В результате исследования сформированы основные требования к реализуемой ИГИС и основные задачи, решаемые ИГИС в сфере лесного хозяйства, создана базовая концепция системы, выбран подход к проектированию системы. Сделаны следующие выводы:

1. Интеллектуальная геоинформационная система должна обладать полным и лёгким доступом к геопространственной информации.

2. Система должна обладать возможностью модификации.

3. Система должна обладать возможностью работы с гетерогенными данными

4. Система должна обладать интерактивным интерфейсом учитывающим специфику работы в полевых условиях.

5. Система должна обладать функцией интеграции дополнительных модулей.

6. В системе должна присутствовать функция логического вывода и интерпретации сценариев.

7. В системе должна существовать онтология связей и формализация основных метаданных.

8. Система должна включать в себя процедурную модель знаний.

Литература

1. Вагизов М.Р. Разработка интерактивных геоинформационных систем: принципы построения и конструирования системы // Информационные системы и технологии: теория и практика / Отв. ред. А.М. Заяц. – Вып. 9. – СПб. : СПбГЛТУ им. С.М. Кирова, 2017. – С. 21–27.
2. Вагизов М.Р. Применение интерактивного картографического сервиса для расчёта количества деревьев программно-техническим методом // Успехи современного естествознания. – 2016. – № 3. – С. 50–58.
3. Жернова А.П., Вагизов М.Р. Разработка методики автоматизированного дешифрирования Ели европейской (*Picea abies*) с использованием геоинформационных технологий и машинного обучения // Информационные системы и технологии: теория и практика / Отв. ред. А.М. Заяц. – Вып. 12. – СПб. : СПбГЛТУ им. С.М. Кирова, 2020. – С. 52–56.
4. Истомин Е.П., Степанов С.Ю., Петров Я.А., Сидоренко А.Ю. Концептуальная модель обработки данных дистанционного зондирования Земли в интересах управления территориями // Информационные технологии и системы: управление, экономика, транспорт, право. – 2020. – № 1 (37). – С. 195–205.
5. Колбина О.Н., Яготинцева Н.В. Инфокоммуникационные технологии в управлении городскими лесами Санкт-Петербурга // Цифровые технологии в лесном секторе. Материалы Всероссийской научно-технической конференции (Санкт-Петербург, 26–27 марта 2020 г.) / Отв. ред. В.М. Гедью, А.С. Алексеев, А.Н. Чубинский и др. – СПб. : Политех-Пресс, 2020. – С. 73–76.
6. Кравченкова И.С., Хабаров С.П., Кривицкий С.В. Разработка экспертной системы определителя древесных и кустарниковых пород по листьям // Цифровые технологии в лесном секторе. Материалы Всероссийской научно-технической конференции (Санкт-Петербург, 26–27 марта 2020 г.) / Отв. ред. В.М. Гедью, А.С. Алексеев, А.Н. Чубинский и др. – СПб. : Политех-Пресс, 2020. – С. 83–86.
7. Плутикова А.Н., Абрамова Л.В. Принципы разработки ГИС-системы для лесозаготовительных предприятий // Виртуальное моделирование, прототипирование и промышленный дизайн. Материалы VI Международной научно-практической конференции (Тамбов, 16–18 октября 2019 г.) / Под общ. ред. М.Н. Краснянского. – Вып. 6. – Т. 1. – Тамбов: Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2020. – С. 281–285.
8. Порошин И.Е. Большие данные (big data) и наука о данных (data science): прогрессивные тренды современности // Молодой ученый. – 2020. – № 27 (317). – С. 59–61.
9. Vagizov M.R., Dobrovolskiy A.A., Istomin E.P., Yagotintseva N.V., Zhernova A.P. Technological aspects of the development of the automated method of air-photo interpretation of forest stands // IOP conference series: Earth and environmental science. – 2020. – Vol. 574. V Pan-Russian Scientific Technical Conference – Webinar “Forests of Russia: Policy, Industry, Science and Education” (Saint Petersburg, 16–18 June 2020). – 574 012023. DOI:10.1088/1755-1315/574/1/012023
10. Колбина О.Н., Истомин Е.П., Яготинцева Н.В., Вагизов М.Р. Применение механизма предпроцессорной обработки разнородных данных в геоинформационных системах поддержки принятия решения // Вестник СГУГиТ (Сибирского государственного университета геосистем и технологий). – 2021. – Т. 26. – № 1. – С. 98–109. – DOI 10.33764/2411-1759-2021-26-1-98-109.

References:

1. Vagizov M.R. Razrabotka interaktivnykh geoinformatsionnykh sistem: printsipy postroeniya i konstruirovaniya sistemy [Development of interactive geoinformation systems: principles of system architecture and design]. In: Zayats A.M. (ed.) Informatsionnye sistemy i tekhnologii: teoriya i praktika. Iss. 9. Saint Petersburg: SPBGLTU im. S.M. Kirova; 2017. pp. 21–27.
2. Vagizov M.R. Use the interactive map service to calculate the number of trees program and technical method. *Advances in current natural sciences*. 2016;3:21–27.
3. Zhernova A.P., Vagizov M.R. Razrabotka metodiki avtomatizirovannogo deshifirovaniya Eli evropeiskoi (*Picea abies*) s ispol'zovaniem geoinformatsionnykh tekhnologii i mashinnogo obucheniya [Development of a methodology for automated identification of European spruce (*Picea abies*) using geoinformation technologies and machine learning]. In: Zayats A.M. (ed.) Informatsionnye sistemy i tekhnologii: teoriya i praktika. Iss. 12. Saint Petersburg: SPBGLTU im. S.M. Kirova; 2020. pp. 52–56.
4. Istomin E.P., Stepanov S.Y., Petrov Y.A., Sidorenko A.Y. The conceptual model for processing Earth remote sensing data in the interests of territorial management. *Informatsionnye tekhnologii i sistemy: upravlenie, ehkonomika, transport, pravo*. 2020;1(37):195–205.
5. Kolbina O.N., Yagotintseva N.V. Infokommunikatsionnye tekhnologii v upravlenii gorodskimi lesami Sankt-Peterburga [Information and communication technologies for city forests management]. In: Ged'yu V.M., Alekseev A.S., Chubinskii A.N. et al. (eds.) Tsifrovye tekhnologii v lesnom sektore. Materialy Vserossiiskoi nauchno-tekhnicheskoi konferentsii (Saint Petersburg, 26–27 March 2020) Saint Petersburg: Politekh-Press; 2020. pp. 73–76.
6. Kravchenkova I.S., Khabarov S.P., Krivitskii S.V. Razrabotka ehkspertnoi sistemy opredelatelya drevesnykh i kustarnikovyykh porod po list'yam [Development of an expert system for wood and shrub species identification by foliage]. In: Ged'yu V.M., Alekseev A.S., Chubinskii A.N. et al. (eds.) Tsifrovye tekhnologii v lesnom sektore. Materialy Vserossiiskoi nauchno-tekhnicheskoi konferentsii (Saint Petersburg, 26–27 March 2020) Saint Petersburg: Politekh-Press; 2020. pp. 83–86.
7. Plutikova A.N., Abramova L.V. Principles of GIS system development for logging enterprises. In: Krasnyanskii M.N. (ed.) Virtual simulation, prototyping and industrial design. Iss. 6. Vol. 1. Tambov: FGBOU VO "TG TU"; 2020. pp. 281–285.
8. Poroshin I.E. Bol'shie dannye (big data) i nauka o dannykh (data science): progressivnye trendy sovremennosti [Big data and data science: modern progressive trends]. *Young Scientist*. 2020;27(317):59–61.
9. Vagizov M.R., Dobrovolskiy A.A., Istomin E.P., Yagotintseva N.V., Zhernova A.P. Technological aspects of the development of the automated method of air-photo interpretation of forest stands. *IOP conference series: Earth and environmental science*. 2020;574:012023. DOI:10.1088/1755-1315/574/1/012023
10. Kolbina O.N., Istomin E.P., Yagotintseva N.V., Vagizov M.R. Application of the mechanism of preprocessing processing of heterogeneous data in geoinformation decision support systems. *Bulletin of SSUGiT (Siberian State University of Geosystems and Technologies)*. 2021;26(1):98–109. DOI 10.33764 / 2411-1759-2021-26-1-98-109.

Информация об авторах**Вагизов Марсель Равильевич**

Кандидат технических наук, доцент,
и.о. заведующего кафедры информационных систем
и технологий Института леса и природопользования
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный
лесотехнический университет имени С.М. Кирова»
194021 Санкт-Петербург, Институтский переулок, д. 5
E-mail: bars-tatarin@yandex.ru

Истомин Евгений Петрович

Доктор технических наук, профессор,
заведующий кафедрой прикладной информатики
ФГБОУ ВО «Российский государственный
гидрометеорологический университет»
192007 Санкт-Петербург, Воронежская улица, д. 79
E-mail: biom@bk.ru

Колбина Ольга Николаевна

Кандидат технических наук,
доцент кафедры прикладной информатики
Института информационных систем и геотехнологий
ФГБОУ ВО «Российский государственный
гидрометеорологический университет»
192007 Санкт-Петербург, Воронежская ул., д. 79
E-mail: olya_kolbina@mail.ru

Яготинцева Наталья Владимировна

Кандидат технических наук,
доцент кафедры прикладной информатики
Института информационных систем и геотехнологий
ФГБОУ ВО «Российский государственный
гидрометеорологический университет»
192007 Санкт-Петербург, Воронежская ул., д. 79
E-mail: solnishko234@yandex.ru

Морщикина Анна Евгеньевна

Инженер-специалист Института леса и природопользования
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный
лесотехнический университет имени С.М. Кирова»
194021 Санкт-Петербург, Институтский переулок, д. 5
E-mail: ane4cka89@gmail.com

Конжголадзе Карина Вячеславовна

Студент магистратуры кафедры информационных систем
и технологий Института леса и природопользования
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный
лесотехнический университет имени С.М. Кирова»
194021 Санкт-Петербург, Институтский переулок, д. 5
E-mail: karamnova.moris@mail.ru

Information about authors**Marsel R. Vagizov**

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,
Acting Head of Information Systems
and Technologies Department of Forestry and Nature Manage-
ment Institute of St. Petersburg State Forestry University named
after S.M. Kirov
5, Institutsky lane, St. Petersburg, 194021, Russia
E-mail: bars-tatarin@yandex.ru

Evgeny P. Istomin

Doctor of Technical Sciences, Professor,
Head of Applied Informatics Department of the Russian State
Hydrometeorological University
79, Voronezhskaya str., St. Petersburg, 192007, Russia
E-mail: biom@bk.ru

Olga N. Kolbina

Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor of Applied Informatics Department of Informa-
tion Systems and Geotechnology Institute of
Russian State Hydrometeorological University
79, Voronezhskaya str., St. Petersburg, 192007, Russia
E-mail: olya_kolbina@mail.ru

Natalya V. Yagotinceva

Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor of Applied Informatics Department of Informa-
tion Systems and Geotechnology Institute of
Russian State Hydrometeorological University
79, Voronezhskaya str., St. Petersburg, 192007, Russia
E-mail: solnishko234@yandex.ru

Anna E. Morshchihina

Specialist Engineer of Forestry and Nature Management Institute
of St. Petersburg State Forestry University named after S.M. Kirov
5, Institutsky lane, St. Petersburg, 194021, Russia
E-mail: ane4cka89@gmail.com

Karina V. Konzhgoladze

Master's Student of Information Systems
and Technologies Department of Forestry and Nature Manage-
ment Institute of St. Petersburg State Forestry University named
after S.M. Kirov
5, Institutsky lane, St. Petersburg, 194021, Russia
E-mail: karamnova.moris@mail.ru