

**Н.В. Барановский, М.В. Жарикова**

## **ОЦЕНКА ПОЖАРООПАСНОСТИ В ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ ЗАЩИТЫ ЛЕСА ОТ ПОЖАРОВ**

Описывается функциональная структура геоинформационной системы защиты леса от пожаров, направленной на решение трех основных задач: предупреждение лесных пожаров, предотвращение лесных пожаров и ликвидация их последствий. Приведен обзор мировых, российских и украинских аналогов системы. Отображена функциональная структура системы, важной особенностью которой является расчет лесной пожарной опасности. Рассмотрена детерминированно-вероятностная методика оценки лесной пожарной опасности, представлена архитектура системы, а также функциональная структура программного продукта.

**Ключевые слова:** геоинформационная система, лесной пожар, лесная пожарная опасность, детерминированно-вероятностная методика.

**Введение.** Сохранение и рациональное использование леса как стабилизатора крупномасштабных биосферных процессов и источника множества сырьевых ресурсов – необходимое условие обеспечения экологической безопасности и устойчивого социально-экономического развития всего мирового сообщества. Среди множества природных и антропогенных факторов, определяющих состояние и динамику лесного фонда, доминирующую роль играют лесные пожары. Они оказывают разрушающее воздействие на флору и фауну, вызывают повреждение органического слоя почвы и ее эрозию, нарушение гидрологического режима территорий и загрязнение атмосферы продуктами горения.

Важная роль в решении проблемы сохранения и рационального использования лесов отводится охране лесов от пожаров, оказывающих разрушительное воздействие на лесные ресурсы, вызывающих повреждение органического слоя почвы, ее эрозию и загрязняющих атмосферу продуктами горения. Недостаточное внимание к охране лесов от пожаров может привести к гибели лесных насаждений, уменьшению биологической продуктивности лесов, усилению вспышек массового размножения насекомых – вредителей леса, возникновению негативных экологических последствий.

В настоящее время в лесных хозяйствах России и Украины накоплены большие объемы атрибутивной и картографической информации о лесных ресурсах. Однако использование ее потенциальными потребителями сдерживается по ряду причин. Основная причина – отсутствие соответствующих программных средств. До настоящего времени работники лесных хозяйств России и Украины пользовались бумажными картами лесничеств, к которым прилагается бумажный вариант таксационного описания, представляющего собой толстую книгу с таблицами, содержащими

характеристики всех выделов лесного фонда данного предприятия. Естественно, работать с такой книгой крайне неудобно.

Современные тенденции развития информационных технологий охватывают различные области деятельности человека. Не осталось в стороне и лесное хозяйство. Проведение мероприятий по охране леса от пожаров невозможно без соответствующего информационного и программного обеспечения. Для решения задач, связанных с охраной леса от пожаров, необходимо быстрое развитие вычислительной техники и информационных систем, появление геоинформационных систем (ГИС), обеспечивающих использование пространственно-распределенной разновременной информации. Компьютерные технологии, основанные на применении ГИС, обеспечивая сбор, хранение, моделирование, анализ и представление разнообразной информации о лесах и протекающих в них природных явлениях и процессах, все более широко применяются практически во всех странах мира в системах сбора информации о лесах и в процессах принятия управленческих решений по охране и борьбе с лесными пожарами.

В настоящее время лесное хозяйство России и Украины интенсивно оснащается средствами вычислительной техники и передачи данных. В условиях формирования новых требований к качеству информации о состоянии лесных ресурсов возникает необходимость создания информационной системы защиты леса от пожаров, интегрирующей информационные потоки в лесоустройстве и лесохозяйственной деятельности и позволяющей принимать оптимальные управленческие решения. Таким образом, обычный планово-картографический материал отстает на второй план перед познавательной и конструктивно-аналитической деятельностью компьютерной системы, в которой пространственная визуализация данных (тем или иным способом

отобранных из базы данных (БД) в результате запросов) служит посредником в диалоге между пользователем и компьютером и является весьма динамичной.

ГИС защиты леса от пожаров предназначена для решения широкого спектра задач, связанных с предупреждением, предотвращением и ликвидацией последствий лесных пожаров. Одно из основных условий решения задачи предупреждения лесных пожаров – оценка пожароопасности леса. В данной статье предлагается методика расчета лесной пожароопасности, разработанная в Национальном исследовательском Томском политехническом университете.

Очень важной особенностью ГИС, разрабатываемой авторами данной статьи, является ее реализация в Интернет. Такая система позволит обеспечить постоянный оперативный доступ к необходимой информации, представленной в наглядной форме. Этот доступ возможен из любой точки земного шара, где есть подключение к сети Интернет как со стационарных компьютеров, так и, в перспективе, с помощью переносных терминалов (ноутбуков, мобильных телефонов и др.). Подобная система позволяет повысить эффективность управления лесным фондом при своевременном и объективном наблюдении за структурой лесного фонда и принятии управленческих решений

**Предпроектное исследование.** В мире существует множество программных продуктов, направленных на поддержку управленческих решений по защите леса от пожаров.

**Мировые аналоги.** Министерство природных ресурсов Канады в настоящее время оперирует двумя национальными информационными системами для управления лесными пожарами: канадской информационной системой по лесным пожарам (Canadian Wildland Fire Information System – CWFIS) и системой моделирования, мониторинга и картирования пожаров (Fire M3). Обе системы в качестве составной части включают в себя классификацию лесных участков для упрощения работы работников лесничеств. Эти системы основаны на компонентах канадской системы оценки лесной пожароопасности (Canadian Forest Fire Danger Rating System – CFFDRS) [7] и используют движок системы пространственного управления пожарами (Spatial Fire Management System – sFMS) для получения, управления, моделирования, анализа и презентации данных. Метеорологические параметры точечных источников измерений (сеть Канады и северной части США насчитывает около 900 метеорологических станций) интерполируются для получения пространственной детализации ячеек в 1 км.

Канадская методика используется в различном объеме в США, Новой Зеландии, Фиджи, Аргентине, Мексике, Индонезии, Малайзии [11].

Система была успешно использована в Финляндии и Швеции [11]. Канадская методика прогнозирования лесной пожароопасности построена с учетом анализа большого количества статистических данных и достаточно точно предсказывает пожарную опасность [10–12].

В США в 1972 г. была создана система National Fire Danger Rating System (NFDRS) [7]. Структура американской системы представляет собой абстрактную модель влияния различных факторов и условий на процесс возникновения и распространения пожаров.

**Российские аналоги.** В России создаются программные продукты для автоматизации отдельных направлений деятельности, связанной с лесами. С 1990-х годов разрабатываются системы с использованием ГИС-технологий. Это в первую очередь следующие системы [5]:

- ГИС “Лесфонд” (НВФ “Лабмастер”, Екатеринбург);
- ЛесГис (ФГУП “ЗапСибЛесПроект”);
- ЛесИС (ООО “ЛесИС”, Москва);
- ЛугИС (“Севзаплеспроект”, Санкт-Петербург).

Они облегчают работу лесоустроителям и работникам лесхозов в типичных ситуациях: лесоустройство, отводы, материально-денежная оценка лесосек и многое другое. Приведем краткий сравнительный анализ этих систем по следующим параметрам [5]:

- 1) пользовательский интерфейс системы, построение диалога с пользователем;
- 2) функциональные возможности программного комплекса;
- 3) генерируемая выходная документация;
- 4) решение стандартных задач лесоустройства и лесного хозяйства.

*ГИС “Лесфонд”* обладает следующими характеристиками: 1) простота работы, интуитивно понятный интерфейс; 2) отсутствует возможность актуализации лесных ресурсов; 3) генерируемая выходная документация; 4) нет поддержки GPS-систем, связи с централизованной БД, сложность с обновлением картографической информации.

Данный программный комплекс выполняет большинство задач по автоматизации рабочего места пользователя, снижает документооборот на бумажных носителях, т. е. сокращает время обработки данных. Однако за новыми картами лесничеств необходимо обращаться к производителю.

*ЛесГИС* обладает следующими характеристиками [5]: 1) нагромождение диалогов пользователь–система; 2) возможность актуализации БД; 3) составление выходной документации в полном объеме; 4) широкая функциональность системы (поддержка GPS, связь с централизованной БД, изменение картографической информации).

Это достаточно мощный программный комплекс, но ввиду использования в его основе про-

граммного продукта MapInfo появляется множество дополнительных пунктов меню. Дополнительные карты выделов необходимо также заказывать у производителя системы.

*ЛесИС* обладает следующими характеристиками [5]: 1) избыточная сложность для конечного пользователя; 2) достаточно большая функциональность по сравнению с другими системами; 3) составление выходной документации в полном объеме; 4) поддержка GPS, изменение картографической информации, легко изменяемая конфигурация системы.

Это добротный программный комплекс, в нем хорошо продумана логика работы, удобный интерфейс для диалога пользователь—ЭВМ, однако в некоторых моментах чрезмерно усложнен.

По результатам сравнительного анализа российских специализированных ГИС для лесного хозяйства можно сделать следующие выводы.

Все программные комплексы поддерживают работу с документацией, выделами, материально-денежной оценкой лесосек и др. В некоторых системах частично реализована синхронизация с централизованной БД, но на примитивном уровне.

Рассмотренные системы в принципе позволяют работникам лесхоза вносить изменения в БД, но имеют ограниченные возможности по синхронизации БД. Современные лесные ГИС ориентированы на работу с персональными копиями БД предприятий лесного хозяйства и лесопользования. Имеющиеся разработки по обновлению информации методически и организационно не поддерживаются [5]. Российские ГИС не включают функции анализа картографических данных.

**Украинские аналоги.** В Украине внедрением ГИС-технологий в лесную отрасль занимаются производственное объединение (ПО) “Укрлеспроект” и УкрНИИЛХА.

Характерными чертами созданных ПО “Укрлеспроект” ГИС-технологий являются совмещение баз данных, использование единой нормативно-справочной информации, возможность применения разработок как на повыведельном уровне, так и интегрировано в зависимости от иерархии (т. е. лесничество, лесхоз, объединение, комитет), возможность получения информации на определенную дату в связи с решением вопроса ежегодного обновления баз данных при непрерывном лесоустройстве и актуализации характеристик лесного фонда.

Автоматизированная картографическая система “АИКС-лесхоз”, разработанная ПО “Укрлеспроект” специально для лесохозяйственного профиля, имеет определенные отличия от типичных инструментальных лицензионных программных комплексов или пакетов. Система “АИКС-метод” технологически отработана, проста в использовании или эксплуатации, снимает про-

блему режима секретности в связи с тем, что создана в условной системе координат, и относительно дешевая. Ее недостаток — разработана в операционной системе DOS (а типичные пакеты функционируют в системе Windows). Данная система топологически не завершена (под топологичностью подразумеваются пространственная привязка и контурная завершенность полигонов), поскольку уже несколько лет вследствие слабого финансирования прекратились работы по ее завершению и сопровождению; требуется модификация программы изготовления карт-схем лесхозов для использования на высоком уровне и обеспечения совмещения земель лесного фонда с землями других ведомств, необходима конвертация картографической базы в международную географическую систему координат.

На июнь 2002 г. ПО “Укрлеспроект” создало и эксплуатирует атрибутивную, или так называемую тематическую, повыведельную таксационную БД, которая действует по всей территории лесного фонда Госкомлесхоза, а также частично лесного фонда аграрно-промышленного комплекса АПК и других ведомств общей площадью 7,4 млн га с количеством таксационных выделов 2,3 млн ед.

Кроме охарактеризованного пакета ГИС-технологий, который использует ПО “Укрлеспроект”, в течение последних шести лет УкрНИИЛХА вместе с Харьковской лесоустроительной экспедицией осваивают программный продукт ГИС-технологий SmallWorld. Атрибутивное содержание то же, что и в ПО “Укрлеспроект”. Картографическим комплексом служит импортный типичный индустриальный лицензионный программно-аппаратный пакет, который, в общем, лишен недостатков ГИС “АИКС-лесхоз”, но в связи с высокой стоимостью используется для создания картографической базы данных только на двух предприятиях.

Применение не одной, а нескольких ГИС-технологий в лесном хозяйстве Украины имеет как положительные, так и отрицательные стороны. Позитивы заключаются в том, что для хранения данных по стране не требуется конвертации продуктов, негативы — в том, что для централизованной разработки программного обеспечения в таком случае необходимы дополнительные расходы, поскольку каждая ГИС базируется на своем программном комплексе.

**Цель статьи** — описание архитектуры web-ориентированной ГИС защиты леса от пожаров, а также методики расчета пожароопасности, используемой в этой системе.

**Функциональная структура ГИС защиты леса от пожаров.** ГИС защиты леса от пожаров направлена на решение трех основных задач: предупреждение лесных пожаров, предотвращение

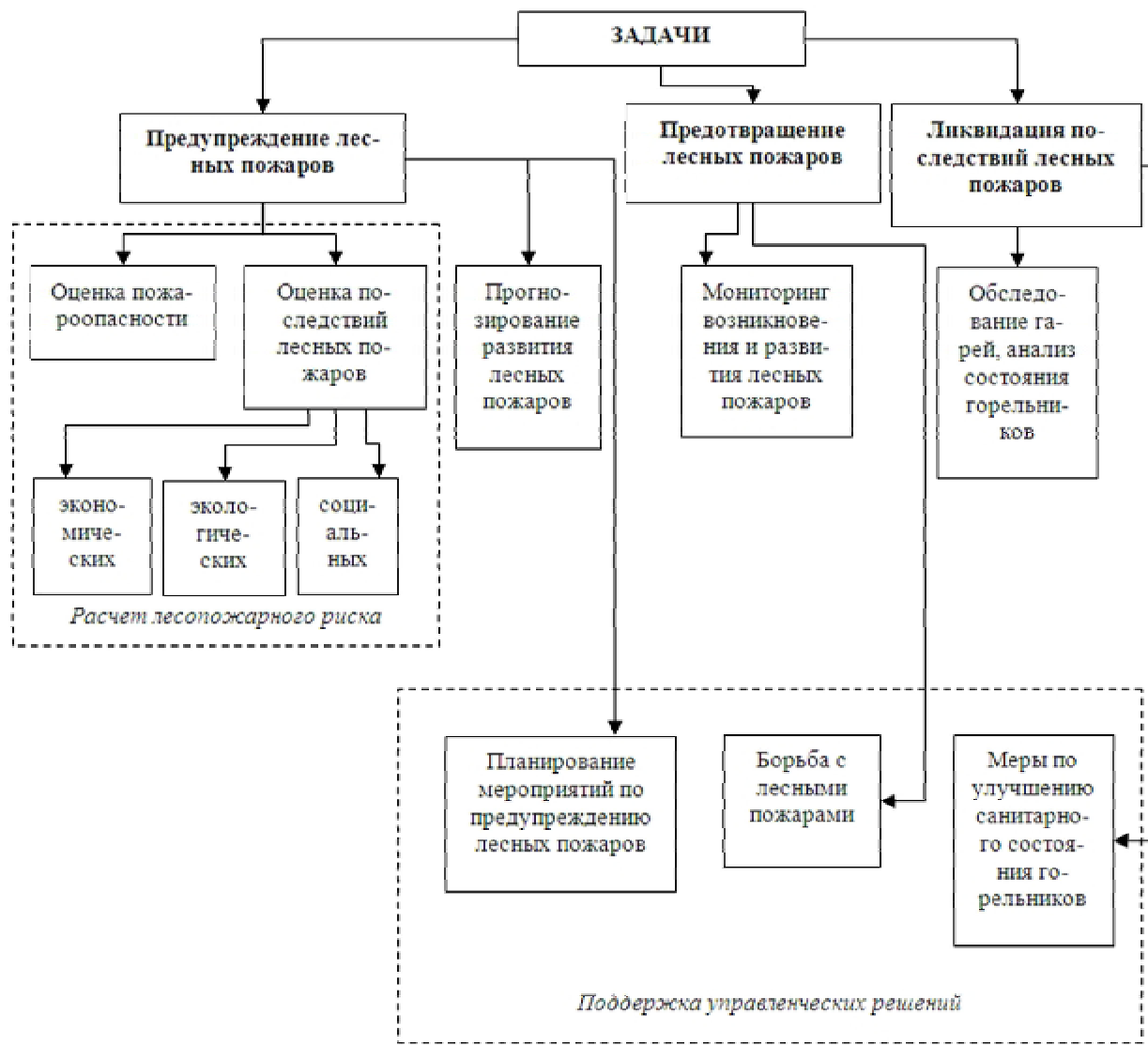


Рис. 1. Функциональная структура ГИС защиты леса от пожаров

лесных пожаров и ликвидация их последствий (рис.1).

Предупреждение лесных пожаров – это задача, которая включает в себя создание и практическую реализацию математических моделей оценки пожароопасности, оценки последствий лесных пожаров, прогнозирования распространения пожаров, а также поддержку управленческих решений по планированию мероприятий, связанных со снижением пожарной опасности и ограничением распространения лесных пожаров.

Мероприятия по снижению пожарной опасности состоят в регулировании состава древостоев, очистке мест рубок, ликвидации захламленности, проведении санитарной рубки. Предупреждение (ограничение) распространения огня предполагает создание противопожарных разрывов (барьеров), минерализованных полос, противопожарных опушек. Управленческие решения по предупреждению лесных пожаров должны быть построены с учетом оценки пожароопасности, оценки послед-

ствий пожаров, а также динамики лесных пожаров, полученных с помощью соответствующих моделей.

Предотвращение лесных пожаров предполагает мониторинг возникновения и развития лесных пожаров, а также поддержку управленческих решений по борьбе с лесными пожарами. Мониторинг возникновения пожара включает в себя математическую модель определения места возгорания исходя из информации, поступающей от противопожарных вышек. Борьба с лесными пожарами предполагает поддержку управленческих решений по подготовке к работам по тушению, таких как перераспределение и маневрирование силами и средствами, определение кратчайшего маршрута к месту пожара.

Ликвидация последствий лесных пожаров заключается в обследовании гарей, анализе состояния горельников, принятии мер по улучшению санитарного состояния горельников, подготовке территории к восстановлению леса.

**Детерминированно-вероятностная методика оценки лесной пожарной опасности.** Спектр событий возникновения лесных пожаров по различным причинам следующий:  $A_1$  – умышленный поджог;  $A_2$  – небрежное обращение с огнем;  $A_3$  – сельскохозяйственные палы;  $A_4$  – влияние железной дороги;  $A_5$  – влияние линий электропередач (ЛЭП);  $A_6$  – выжигания разлива нефти;  $A_7$  – влияние автомобильных трасс;  $A_8$  – падение ступени ракеты;  $A_9$  – аварии на технологических объектах, расположенных на лесопокрытых территориях;  $A_{10}$  – воспламенение от сфокусированного стеклянной бутылкой солнечного излучения;  $A_{11}$  – причина не установлена (так как возможны другие неустановленные причины);  $A_{12}$  – грозозавная активность.

Согласно теории вероятностей [4], итоговая вероятность возникновения лесного пожара по совокупности причин определяется по формуле [1]

$$P(\text{ЛП}) = 1 - \prod_{i=1}^{12} (1 - P(\text{ЛП}_i)),$$

где  $P(\text{ЛП}_i)$  – вероятность возникновения лесного пожара по конкретной причине.

Вероятность возникновения лесного пожара по антропогенной причине вычисляется по формуле [1]

$$P(\text{ЛП}_i) = P(A)P(A_{j,i}/A)P(\text{ЛП}/A, A_{j,i}).$$

Здесь  $P(A)$  – вероятность антропогенной нагрузки (посещения лесной территории);  $P(A_{j,i}/A)$  – вероятность  $i$ -го источника огня антропогенной причины при условии посещения лесной территории в  $j$ -й день недели;  $P(\text{ЛП}/A, A_{j,i})$  – вероятность лесного пожара в  $j$ -й день по  $i$ -й антропогенной причине, которая определяется по формуле

$$P(\text{ЛП}/A, A_{j,i}) = P(C)P(Z_i/C),$$

где  $P(C)$  – вероятность того, что лесной горючий материал (ЛГМ) достаточно сухой;  $P(Z_i/C)$  – вероятность загорания ЛГМ  $i$ -м источником антропогенной нагрузки при условии, что ЛГМ достаточно сухой.

Вероятность возникновения лесного пожара от грозозавной активности находится по формуле [1]

$$P(\text{ЛП}_{12}) = P(M)P(M_k/M)P(\text{ЛП}/M, M_k).$$

Здесь  $P(M)$  – вероятность сухих гроз;  $P(M_k/M)$  – вероятность наземного грозового разряда на  $k$ -й час суток при условии прохождения грозы;  $P(\text{ЛП}/M, M_k)$  – вероятность лесного пожара на  $k$ -й час суток при условии прохождения грозы, которая определяется по формуле

$$P(\text{ЛП}/M, M_k) = P(C)P(Z_M/C),$$

где  $P(C)$  – вероятность того, что ЛГМ достаточно сухой;  $P(Z_M/C)$  – вероятность загорания ЛГМ

наземным грозовым разрядом при условии, что ЛГМ достаточно сухой.

Вероятность возникновения лесного пожара от сфокусированного бутылкой солнечного излучения определяется по формуле [1]

$$P(\text{ЛП}_i) = P(A)P(A_{j,i}/A)P(\text{ЛП}/A, A_{j,i}),$$

где  $P(\text{ЛП}/A, A_{j,i}) = P(C)P(Z_{11}/C)$ ,  $P(Z_{11}/C)$  – вероятность воспламенения ЛГМ сфокусированным источником солнечного излучения (находится эмпирически или численно);  $P(C)$  определяется по детерминированной модели сушки слоя ЛГМ под воздействием внешних условий [2].

**Архитектура системы.** Архитектура ГИС лесничества основана на классическом шаблоне проектирования MVC (Model-View-Controller) и состоит из трех уровней [6]:

- модель (Model) – обеспечивает данные (обычно для представления), а также реагирует на запросы (обычно от контроллера), изменяя свое состояние;
- представление (View) – отвечает за отображение информации (пользовательский интерфейс);
- поведение (Controller) – интерпретирует данные, введенные пользователем, информирует модель и представление о необходимости соответствующей реакции (управляющая логика).

Важно отметить, что и представление, и поведение зависят от модели. Однако модель не связана ни с представлением, ни с поведением. Это одно из ключевых достоинств подобного разделения. Оно позволяет строить модель независимо от визуального представления, а также создавать несколько различных представлений для одной модели.

Логическая часть разрабатываемой ГИС (уровень поведения) состоит из пяти основных блоков, посвященных пожароопасности по различным причинам (рис. 2).

Уровень представления – электронная карта, предоставляемая пользователю. Карта имеет послойную структуру и состоит из статических и динамических слоев. Статические слои отображают таксационное описание лесничеств. К таким слоям относятся участки леса (которые, в свою очередь, могут подразделяться на слои лиственных пород, хвойных пород и др.), пески, водоисточники (которые могут подразделяться на озера, болота, реки и др.), дороги и т. д. Динамические слои отображают данные, которые проходят предварительную обработку на уровне поведения. На этих слоях отображается вероятность возникновения пожара по различным причинам. Они подразделяются на две группы: долгосрочный прогноз пожароопасности и краткосрочный прогноз пожароопасности.

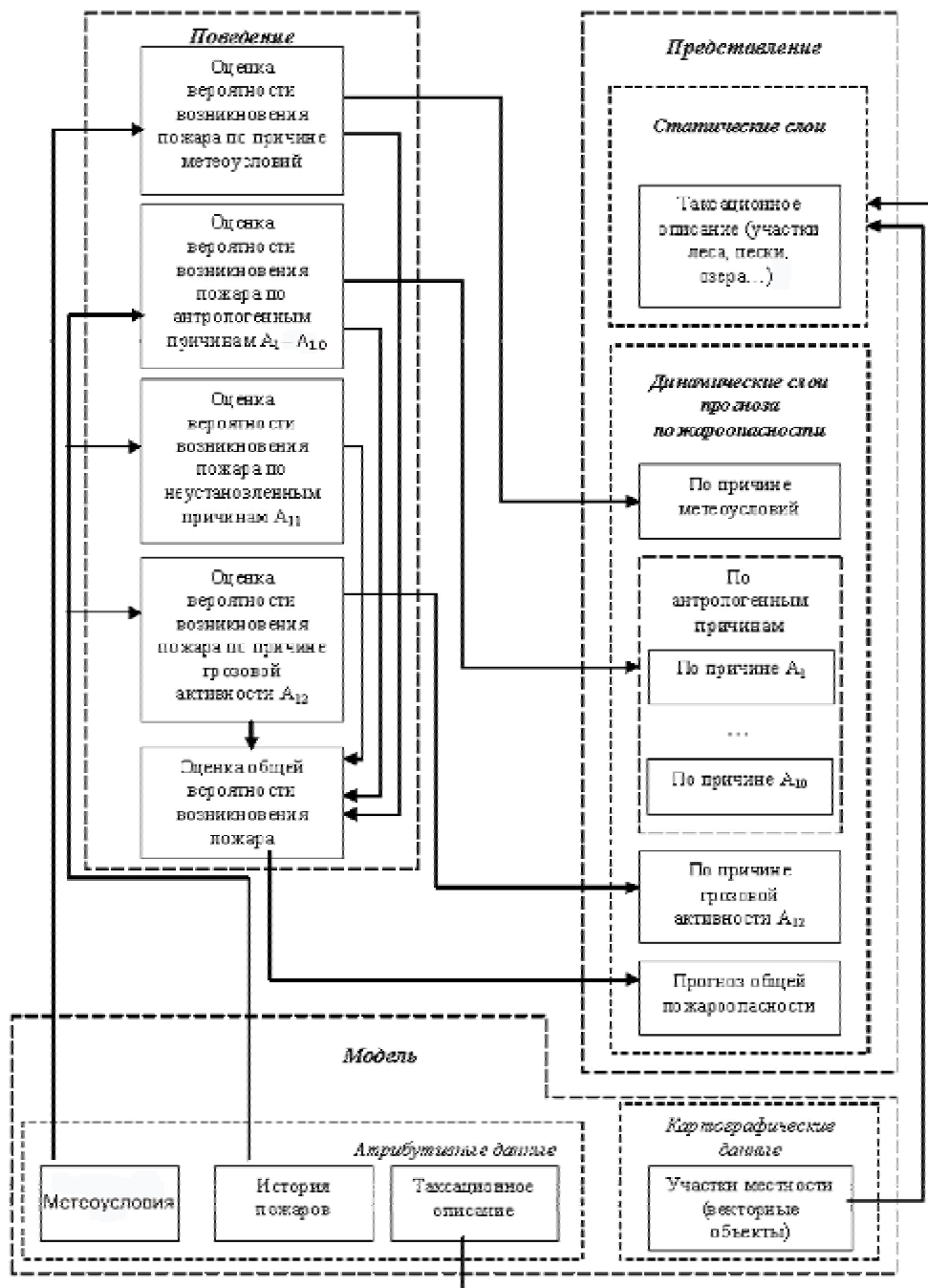


Рис. 2. Архитектура системы

Уровень данных (модель) описывает пространственные данные, которые состоят из двух взаимосвязанных частей: картографические и фактологические (атрибутивные). Картографические данные описывают позиционные характеристики участков местности (векторных объектов). Фактологическая (атрибутивная) составляющая данных ГИС включает таксационное описание лесничеств, данные о лесных пожарах, а также метеорологические данные.

**Описание функциональной структуры программного продукта.** Для программной реализации системы использовались свободно распространяемые компоненты, построенные в соответствии с принципами программного обеспечения с откры-

тым кодом (Open Source). Такое решение имеет существенные преимущества перед традиционно используемыми закрытыми коммерческими системами, поскольку снижает порог вхождения и стоимость владения, позволяет создать более защищенную и устойчивую к внешним воздействиям систему с высокой степенью отчуждаемости полученного решения.

В результате анализа существующих программных проектов были выбраны следующие программные продукты:

- 1) СУБД – PostGIS;
- 2) картографический сервер для сопряжения геоинформационных данных с общим информационным пространством портала через WEB-

интерфейс – MapServer со встроенным языком программирования MapScript;

- 3) библиотека OpenLayers;
- 4) Google Maps;
- 5) web-сервер Apache;
- 6) языки программирования PHP и JavaScript.

В системе используется несколько серверов. Главная задача основного сервера – Web-сервера (HTTP-сервера) Apache – поддерживать HTTP-запросы. Он отвечает на HTTP-запрос клиента. Ответ обычно представляет собой HTML-страницу. Ответ сервера может быть отправлен клиенту различными способами. Во-первых, он может быть отправлен клиенту непосредственно от сервера, получившего запрос. Во-вторых, запрос может быть перенаправлен, и ответ будет отправлен клиенту другим HTTP-сервером. В-третьих, HTTP-сервер может генерировать динамический ответ другим программам, таким как CGI (Common Gate Interface – общий интерфейс шлюзов), PHP-программам, или другим серверным технологиям. Последний метод осуществления запросов часто используется в настоящее время в Web-приложениях.

Кроме HTTP-сервера в системе используются Mapserver и Mysql-сервер.

Для создания определенной логической цепочки при обработке специфических типов данных

приложения необходимо построить сервер приложения. Он должен включать MapServer, который обеспечивает WMS (Web Mapping Service) для браузеров клиента. В состав сервера приложения входят и такие компоненты, как сервер базы данных (Mysql-сервер), Web-сервер Apache, скриптовый язык программирования PHP.

На стороне клиента используется язык JavaScript, который отвечает за взаимодействие между сервером и клиентом.

Программный продукт, расположенный на сервере, могут использовать многие лесничества (рис. 3).

**Выводы.** В настоящей статье рассматривается функциональная структура web-ориентированной ГИС лесного хозяйства, которая позволяет обеспечить постоянный и быстрый доступ к необходимой информации, представленной в наглядной форме. Одна из основных функций ГИС – прогноз пожароопасности. Такая система позволяет повысить эффективность управления лесным фондом при своевременном и объективном наблюдении за структурой лесного фонда и принятии управленческих решений.

Предупреждение лесных пожаров и постоянная готовность к борьбе с ними могут спасти жизни людей и предотвратить многомиллионный ущерб.

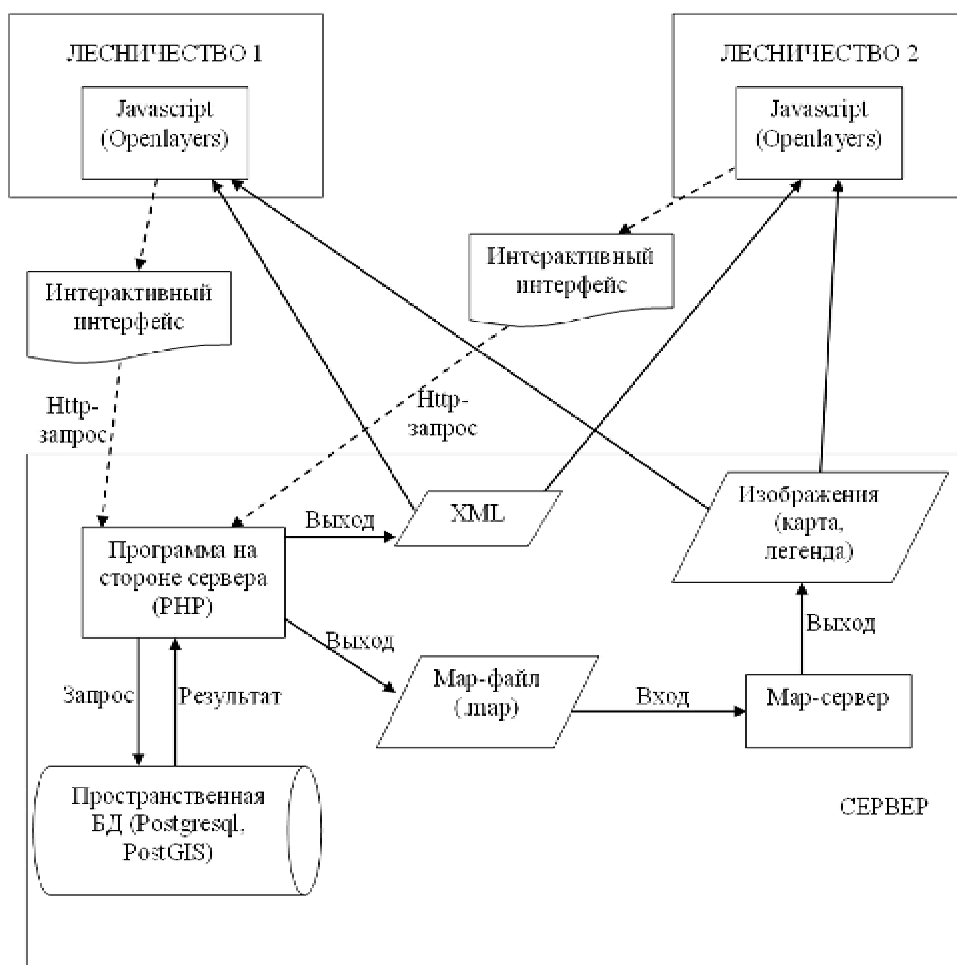


Рис. 3. Архитектура программного продукта

1. Барановский Н.В. Конкретизация неустановленных причин в детерминированно-вероятностной модели прогноза лесной пожарной опасности / Н.В. Барановский, Г.В. Кузнецов // Пожаровзрывобезопасность. – 2011. – Т. 20, № 6. – С. 24–27.
2. Гришин А.М. Сравнительный анализ простых моделей сушки слоя ЛГМ, включая данные экспериментов и натуральных наблюдений / А.М. Гришин, Н.В. Барановский // Инж.-физ. журн. – 2003. – Т. 76, № 5. – С. 166–169.
3. Коровин Г.Н. Структура и механизм функционирования системы охраны леса от пожаров: Дис. ... д-ра с.-х. наук. – М., 1998. – 200 с.
4. Назаров А.А. Теория вероятностей и случайных процессов: Учеб. пособие / А.А. Назаров, А.Ф. Терпугов. – Томск: Изд-во НТЛ, 2006. – 204 с.
5. Сухих В.И. Современное состояние и перспективы применения ГИС-технологий и аэрокосмических методов в лесном хозяйстве и садово-парковом строительстве // Особенности преподавания данных дисциплин в высших и средних учебных заведениях: Всерос. семинар. – Йошкар-Ола, 2008. – С. 141.
6. Ходаков В.Е. Архитектура информационной технологии поддержки принятия решений для предупреждения и ликвидации лесных пожаров / В.Е. Ходаков, М.В. Жарикова // Проблемы информ. технологий. – 2009. – № 02(006). – С. 116 – 122.
7. Stocks B.J., Alexander M.E., McAlpine R.S. et al. Canadian Forest Fire Danger Rating System // Canadian Forestry service. – Quebec, 1987. – P. 395–411.
8. Deeming J.E. The national fire danger rating system / J.E. Deeming, K.E. Burgan, J.D. Cohen // USDA Forest Service, General Technical report. INT-39. – Ogden, Utah: 1978. – 66 p.
9. Lee B.S., Alexander M.E., Hawkes B.C. et al. Information systems in support of wildland fire management decision making in Canada // Computers and Electronics in Agriculture. – 2002. – Vol. 37, N 1–2. – P. 185–198.
10. Martell D.L. A Markov Chain Model of Day to Day Changes in the Canadian Forest Fire Weather Index // Int. J. Wildland Fire. – 1999. – Vol. 9, № 4. – P. 265–273.
11. Taylor S.W. Science, technology and human factors in fire danger rating: the Canadian experience / S.W. Taylor, M.E. Alexander // Ibid. – 2006. – Vol. 15, N 1. – P. 121–135.
12. Van Wagner C.E. Development and structure of the Canadian Forest Fire Weather Index System // Can. Forest Service. Techn. report 35. – Ontario: Petawawa, 1987. – 37 p.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Томск, Россия

Поступила в редакцию 11.12.2012 г.

Херсонский национальный технический университет,  
Херсон, Украина  
E-mail: marina.jarikova@gmail.com

М.В. Барановський, М.В. Жарікова

## ОЦІНКА ПОЖЕЖОНЕБЕЗПЕКИ В ГЕОІНФОРМАЦІЙНІЙ СИСТЕМІ ЗАХИСТУ ЛІСУ ВІД ПОЖЕЖ

У статті описано функціональну структуру геоінформаційної системи захисту лісу від пожеж, спрямованої на вирішення трьох основних завдань: запобігання лісовим пожежам, ліквідація лісових пожеж і ліквідація їх наслідків. Наведено огляд світових, російських та українських аналогів системи. Відображено функціональну структуру системи, важливою особливістю якої є розрахунок лісової пожежної небезпеки. Розглянуто детерміновано-ймовірнісну методіку оцінки лісової пожежної небезпеки, архітектуру системи, а також функціональну структуру програмного продукту.

**Ключові слова:** геоінформаційна система, лісова пожежа, лісова пожежна небезпека, детерміновано-ймовірнісна методика.

N.V. Baranovskiy, M.V. Zharikova

## FOREST FIRE DANGER ASSESSMENT IN THE GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM FOR FOREST FIRE PROTECTION

The functional structure of the geographic information system for the forest fires protection is described in the paper. The system is aimed at the three main issues such as forest fire prevention, forest fire fighting and elimination of its consequences. The review of foreign, Russian and Ukrainian counterparts of the system is made. Functional structure of the system is represented. An important feature of the system is the calculation of forest fire danger. The deterministic probabilistic method of forest fire danger assessment is described in the article. The architecture of the system and the functional structure of the program are given.

**Keywords:** GIS, forest fire, forest fire danger, deterministic probabilistic method.