

УДК 634.0.43+662.612/63

КОМПЬЮТЕРНЫЕ ОБУЧАЮЩИЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ ПО ОХРАНЕ ЛЕСА

Г.А. Доррер, Т.Н. Иванилова

ГОУ ВПО «Сибирский государственный технологический университет»
660049 Красноярск, пр. Мира, 82

Рассмотрены разработанные в СибГТУ компьютерные системы, которые могут быть использованы для обучения работников лесного хозяйства и противопожарных служб основным понятиям, способам и тактике борьбы с лесными пожарами. Системы на основе математического моделирования позволяют создавать сценарии развития лесопожарной ситуации, оценивать принимаемые персоналом решения по выбору методов и средств борьбы с пожаром и отображать динамическую ситуацию с помощью ГИС-компонентов. В процессе обучения персонала могут использоваться современные интерактивные средства обучения. Предложена структура многофункционального учебного комплекса для подготовки специалистов по охране леса.

Ключевые слова: охрана леса, компьютерные обучающие системы, моделирование лесных пожаров, ГИС-ориентированные системы

The computer systems that had been worked out in Siberian Technological University are considered. These systems may be used for training the personnel of forestry and fire services of the main ideas, methods and tactics of forest fire struggle. Systems on basis of the mathematical modeling allow to create the sceneries of the forest fire situation development, to estimate the personnel solutions on methods and means of the forest fire struggle and displayed the dynamic situation with help of GIS components. In the personnel training process the modern interactive learning systems may be very useful. The structure of polyfunctional training complex for teaching the personnel of forest protection services is suggested.

Key words: forest protection, computer training system, forest fire simulation, GIS-oriented system

ВВЕДЕНИЕ

Среди факторов, оказывающих влияние на состояние лесных ресурсов, пожары занимают одно из ведущих мест. В системе биосфера-человек они наносят ущерб выполнению всех функций леса: экологической, социальной, хозяйственной, сырьевой. В неблагоприятные годы борьба с лесными пожарами для некоторых стран становится проблемой национального и даже международного масштаба. В то же время в ряде случаев пожары могут оказать положительное влияние на лесные биоценозы.

Борьба с лесными пожарами – тяжелая и опасная работа, которую должны выполнять хорошо подготовленные профессионалы. Поэтому проблема подготовки таких работников заслуживает самого серьезного внимания. Одним из эффективных направлений профессиональной подготовки и переподготовки в настоящее время является использование обучающих и тренажных систем, основанных на математическом моделировании процессов распространения и ликвидации лесных пожаров.

Работа по созданию таких систем проводится на кафедре системотехники СибГТУ в течение ряда лет. За это время было реализовано несколько проектов, которые могут быть использованы при создании учебно-тренажерных комплексов.

Немаловажную роль при создании обучающих систем играет использование современных образовательных технологий обучения и контроля. Наиболее перспективным направлением представляются интерактивные методы обучения, позволяющие осуществлять процесс обучения, в том числе ди-

станции. Использование этой возможности позволяет проводить обучение и повышение квалификации специалистов без выезда на место обучения, а дистанционно с помощью интерактивных обучающих программ. В работе кратко рассмотрен опыт и некоторые аспекты создания таких систем.

Новым стимулом к работе в данном направлении является проект создания на базе СибГТУ Центра по подготовке и переподготовке кадров для лесной отрасли Сибирского федерального округа, решение о создании которого принято в декабре 2007 года на заседании координационного совета по лесному хозяйству и лесопромышленному комплексу Межрегиональной ассоциации „Сибирское соглашение”.

На основе имеющегося в СибГТУ задела может быть создан достаточно мощный обучающий комплекс для работников лесной отрасли, занятых охраной лесов. В настоящей статье дан обзор разработок, выполненных под руководством авторов статьи, и приводится обоснование структуры обучающего комплекса.

1. Программа «Тайга»

Первая версия компьютерной учебно-игровой программы «Тайга» разработана на кафедре системотехники СибГТУ в 1993 году.

Ее основное назначение – приобретение игроками навыков управления локализацией лесных пожаров. Цель игры – провести имитацию локализации пожара, окружив его непроходимыми для огня полосами, добиваясь при этом минимума полного ущерба.

Ход игры отображается на экране монитора,

воспроизводящем карту лесной территории в масштабе около 1:10 000. Карты выбираются из имеющегося набора, этот набор отражает особенности лесов региона. На картах цветом выделены однородные участки леса, где скорость распространения пожара одинакова.

Динамика имитируемого пожара отображается в виде изолиний, обозначающих кромку пожара. Расчет контуров пожара осуществляется на основе метода подвижных сеток с учетом скоростей и индикатрис распространения огня (Доррер, 1979).

Задача игрока состоит в выборе средств доставки противопожарных сил к месту пожара и определении для них направления движения с целью локализации пожара. Эти действия могут корректироваться в процессе игры.

Игра завершается успешно, если игроку удастся произвести полную локализацию пожара, т.е. окружить его барьерами со всех сторон. При этом эффективность игрока оценивается по площади, на которой удалось остановить пожар, а также по количеству привлеченных ресурсов.

Описанная игра с успехом использовалась работниками авиационной лесной охраны в процессе профессиональной учебы, студентами лесных специальностей Сибирского государственного технологического и Красноярского аграрного университетов.

Кроме того, копия программы «Тайга» была передана в Лесную службу США.

Однако в настоящее время эта программа уже не удовлетворяет современным дидактическим и техническим требованиям, и поэтому разрабатывается более совершенная версия этой программы – «Тайга – 2», о которой сказано ниже.

2. Компьютерная игра «Лесофизиологические учения»

Данная игра имитирует возникновение и распространение пожара по лесной территории, а также позволяет моделировать тушение пожара некоторыми из существующих способов. Игра разрабатывалась в СибГТУ А.В.Оводовой в рамках магистерской диссертации (Иванилова, Оводова, 2000).

В целом эта игра преследует те же цели, что и описанная выше программа «Тайга», однако она основана на другой математической модели распространения лесного пожара. Как известно, на распространение лесного пожара оказывает воздействие большое количество разнообразных факторов, учесть влияние каждого из которых не представляется возможным. Поэтому в работе используется модель, описывающая распространение пожара по лесной территории множественным случайным процессом (Иванилова, 1994)

Входными данными для моделирования являются: карта лесной территории, разбитая на участки с однородными правилами распространения горения; очаг пожара; вероятности распространения горения для всех однородных участков; время моделирования.

Распространение горения рассматривается по узлам дискретной решетки, накладываемой на карту лесной территории. В любой дискретный момент

времени состояние процесса случайного распространения (ПСР) задается случайным конечным множеством. Причем это множество включает в себя все участки лесной территории, горящие или сгоревшие к данному моменту. Его называют множественным или М-контуром пожара. Тогда, моделируя М-контур в последовательные дискретные моменты времени, можно получить реализацию распространения лесного пожара до рассматриваемого момента.

Распространение процесса определяют вероятности локального распространения, каждая из которых характеризует вероятность перехода горения из любого узла за один момент времени в пределах локальной окрестности.

Моделируя М-контур некоторое количество раз до заданного момента времени, можно затем считать его «среднее» состояние – среднеемерное множество, которое и будет представлять прогнозируемый контур распространения пожара в этот момент.

В разработанной игре имитируются способы тушения пожара водой или пеной, авиасредствами, локализацией минерализованными полосами.

В игре существует возможность работы с такими объектами, как пожарная база, самолет, грейдер, шланговый заряд, лесной пожарный. Из перечисленных объектов пожарная база и шланговый заряд являются статическими объектами, а самолет, пожарный и грейдер – динамическими. У каждого динамического объекта есть три действия: стоять на месте; идти по одному из восьми возможных направлений; тушить пожар доступными выбранному объекту средствами.

Данная система позволяет проводить увлекательные игры, однако содержит достаточно много условностей. Поэтому она лучше всего подходит для профориентационной работы среди молодежи.

3. Система планирования тушения лесных пожаров

Система планирования тушения лесных пожаров на территориях, обслуживаемых авиационной лесной охраной (СПЛАТ), была разработана А.В. Колядой в его кандидатской диссертации (Коляда, 2002). Система адаптирована, главным образом, для управления ликвидацией самых частых пожаров (низовых с различной интенсивностью горения), тушением которых занимаются оперативные отделения авиационной лесной охраны (ООАЛО). Кроме того, система может использоваться в качестве тренажера при обучении персонала.

Система выполняет следующие функции:

- имитационное моделирование динамики пожара на базе геометрической теории распространения и локализации лесных пожаров;
- выработку рекомендаций по управляющим решениям для руководства базы дислокации противопожарных сил;
- описание последовательности действий противопожарных подразделений при борьбе с пожаром.

Любое средство пожаротушения, подходящее

по классификации, предложенной автором, может быть внесено в базу данных по средствам пожаротушения, и программа будет включать это средство с его индивидуальными показателями при расчётах в выборе допустимого решения.

Результатом работы программы является временный план действий для каждой тактической единицы (персонала и техники), отобранной для тушения в результате сравнения допустимых вариантов и выбора наиболее эффективного из них, что обеспечивает в данном случае оптимальность стратегии.

Система использует базу данных, содержащую характеристики используемых в настоящее время технических средств. Они взяты из действующих нормативных документов Федеральной службы лесного хозяйства Российской Федерации. Таксационные стоимости леса взяты по действующим расценкам, предоставленным ВНИИПОМЛесхозом. В программе их можно изменять, сохранять и загружать.

Ниже перечислены информационные потоки и краткое описание последовательности и специфики главных функциональных блоков системы.

1. Ввод оперативных данных осуществляется на вкладке «Пожар»:

а) погода (скорость ветра, класс пожарной опасности);

б) пожар (дата и время обнаружения, вид пожара, интенсивность горения, скорость фронта, начальная площадь, расстояние от пожара до водоема, в котором возможен забор воды авиатанкерами, высота пламени);

в) определение отношения совокупной производительности сил к скорости нарастания периметра, чтобы примерно сориентировать на сроки ликвидации; ввод расстояния от базы до пожара;

г) ввод максимально допустимого времени ликвидации пожара.

2. Ввод данных о доступных ручных средствах и летательных аппаратах, назначение в программе патрульного летательного аппарата и состава патруля из сформированных команд отображается на вкладке «Ресурсы». Заполнение свойств горящего леса осуществляется на вкладке «Лес». Здесь вводится тип, захлавленность, полнота древостоя, средний диаметр, общий удельный запас, процентные соотношения пород и таксовые стоимости.

3. Формирование пожарных звеньев из имеющихся ручных средств выполняется на вкладке «Звенья». В системе реализована возможность формирования звеньев как вручную, так и автоматически с псевдоравномерным распределением ресурсов между звеньями.

4. Нахождение оптимальной стратегии по критерию минимума затрат:

б) имитационное моделирование доставки сил, тушения пожара и вывода сил для каждой комбинации, расчет суммы затрат на тушение и ущерба от пожара;

в) удаление комбинаций, которые справляются с пожаром за время, большее, чем определил руководитель;

г) сравнение полученных сумм совокупного ущерба, определение комбинации, обеспечивающей наименьший ущерб;

д) имитационное моделирование для лучшей комбинации с созданием патрульных и технических заданий для каждого используемого средства;

е) вывод плана тушения на экран или печатающее устройство.

В отчете по ликвидированному пожару содержится основная информация о пожаре, погоде, совокупном ущербе, времени ликвидации.

Для каждого пожарного средства во время моделирования создается программный объект, наделенный специфичными для данного класса свойствами. Все объекты действуют согласно индивидуальным логическим моделям поведения, разработанным и данной в работе.

Поскольку при выборе оптимального плана тушения критерием является минимизация совокупного ущерба, то СПЛАТ оставляет для формирования конечных отчетов только ту комбинацию, с использованием которой ликвидация ЛП оказалась самой дешевой. Это дает возможность лицу, принимающему решения, осуществлять тушение теми видами средств и таким их количеством, которое заранее будет выгодно с точки зрения выбранного критерия. В системе существует возможность изменять весовые коэффициенты статей расходов, составляющих совокупный ущерб, нанесенных лесным пожаром.

Система СПЛАТ прошла тестирование в Красноярской базе авиационной охраны лесов, принята к использованию во ВНИИПОМЛесхозе и на кафедре лесоводства СибГТУ.

4. Система оценки природной пожарной опасности лесов

Данная работа выполнена во Всероссийском НИИ пожарной охраны и механизации лесного хозяйства (ВНИИПОМЛесхозе) Л.П. Золотухиной, по ее результатам защищена кандидатская диссертация (Золотухина, 2007).

Целью работы явилось создание комплекса математических моделей, информационных и программных средств для оценки природной пожарной опасности лесов и разработка на этой основе системы мероприятий по ее снижению применительно к бореальным лесам Восточной Сибири.

При создании системы ставились следующие задачи:

- разработка методики создания лесопирологических описаний лесов на основе трансформации таксационных и картографических данных лесоустройства;
- построение моделей пирологических типов лесов, природной пожарной опасности и видов вероятных лесных пожаров;
- разработка технологии выбора и назначения мероприятий по снижению природной пожарной опасности участков лесного фонда;
- создание ГИС-ориентированного программного комплекса для реализации пере-

численных выше задач

В работе предложена оригинальная морфологическая карта базовых элементов (компонентов вектора состояния) системы на основе политомической классификации. Состояние участка леса предлагается определять вектором со следующими компонентами:

- категория земель;
- возраст насаждения;
- тип напочвенного покрова;
- экспозиция и уклон местности;
- преобладающая древесная порода;
- сопутствующая древесная порода;
- полнота насаждений;
- наличие пожароопасного подроста;
- наличие пожароопасного подлеска;
- наличие пожароопасного сухостоя;
- наличие захламленности.

На основе данной классификации разработана методика трансформации таксационных данных в лесопирологические, с детальностью описания до отдельного выдела.

В 11-мерном пространстве базовых элементов разработаны математические модели: пирологических типов леса; классов природной пожарной опасности; видов вероятных лесных пожаров во всем периоде пожароопасного сезона; правил управления природной пожарной опасностью.

Создана ГИС-ориентированная система для оценки вектора состояния и реализации моделей лесопирологической системы

Полученные модели учитывают особенности участков лесного фонда, их экологическую, хозяйственную ценность, они позволяют повысить эффективность профилактики лесных пожаров.

Данная разработка использована при выполнении плана НИР по 18 темам во ВНИИПОМлесхозе. Предложенный подход использован в 13 проектах противопожарного устройства лесов, прилегающих к поселкам и объектам экономики Красноярского края. Проекты переданы администрациям районов для практического внедрения. Кроме того, система может использоваться в качестве тренажера при обучении персонала.

5. Система оценки текущей пожарной опасности

Система разработана в кандидатской диссертации П.А. Егармина в 2005 году. Целью разработки явилось создание системы детальной (поквартирной) оценки пожарной опасности в лесу, учитывающей погодные условия, состояние лесной растительности и возможность появления источников огня на охраняемой территории.

Разработка методики детальной оценки пожарной опасности включала задачи:

1. Изучение зависимости между таксационными характеристиками насаждений и свойствами лесных горючих материалов (ЛГМ).
2. Обоснование применения интерполяционных методов при использовании данных метеостанций и спутниковой информации в задаче поквартирной оценки ПО в лесу по

условиям погоды.

3. Разработка численной методики расчета распределения источников огня на охраняемой территории по ретроспективным данным о лесных пожарах.

При реализации системы был создан ГИС-ориентированный программный комплекс для тематической обработки таксационной, метеорологической и статистической информации с целью определения текущей пожарной опасности.

Автором предложен комплексный подход к определению текущей пожарной опасности, основанный на детальной пирологической характеристике каждого квартала лесной территории. Подход предполагает использование экспертных оценок, интерполяционных методов, спутниковой информации. На основе изучения методов интерполяции данных показано, что пространственное распределение показателей погоды может быть представлено в виде аналитической функции комплексного аргумента.

Разработан программный комплекс, представляющий основу системы детальной оценки пожарной опасности. С положительными результатами комплекс прошел тестирование по данным пожароопасных сезонов 2002-2003 гг. территории Усольского лесхоза Красноярского края. Результаты работы комплекса могут использоваться также при оптимизации маршрутов воздушного и наземного патрулирования.

Созданный программный комплекс принят к использованию в Сибирском региональном центре по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий. Разработка также может использоваться в качестве подсистемы при создании обучающих систем и тренажеров.

6. Оценка пожарной опасности и параметров пожаров по космическим снимкам

В настоящее время информация, получаемая со спутников, широко используется для оценки пожарной опасности лесов, обнаружения лесных пожаров и оценки их параметров. На кафедре системотехники также велись работы в данном направлении. Кратко упомянем две из них.

С.П. Якимовым в 1996 году в рамках кандидатской диссертации разработан и защищен авторским свидетельством алгоритм определения текущей пожарной опасности леса, включающий прием и регистрацию радиотеплового излучения лесной территории, распознавание аномально влажных элементов лесного ландшафта, анализ полученных результатов измерений.

В этой же работе создан и защищен авторским свидетельством способ определения диагностических параметров лесных пожаров с летательных аппаратов. Предложена рекуррентная процедура нелинейной фильтрации сигнала СВЧ - радиометра, позволяющая надежно распознавать заведомо негорючие участки лесного массива, участки, соответствующие различным уровням пожарной зрелости, а также очаги пожара.

Получены необходимые условия выбора марш-

рутов движения летательного аппарата, оптимальных с точки зрения минимума затрат и максимальной точности восстановления параметров теплового поля лесного массива.

Разработан комплекс программ обработки радиометрической информации, предназначенный как для исследовательских целей, так и для использования на борту летательных аппаратов.

В 1999 году П.Е. Федоровым была выполнена кандидатская работа, посвященная обработке аэро- и космоснимков пожаров с целью определения их динамики и индикатрис распространения. Был использован метод эллиптических оценок Ф.Л. Черноусько, с помощью которого динамические процессы на поверхности Земли, в том числе контуры лесных пожаров аппроксимируются последовательностью эллипсов. Было показано, что этот метод может быть применен для оценки динамики процессов распространения в задачах экологического мониторинга, при этом он дает гарантированную оценку конфигурации процесса.

7. Компьютерная обучающая лесопирологическая система, функционирующая в среде LearningSpace

Система создана в среде LearningSpace v.2.5 на платформе Lotus Notes. Работа системы может осуществляться в демонстрационном и обучающем режиме, причем выбор режима проводит обучаемый. В структуру системы включен теоретический материал, содержащий теоретические сведения по разделам лесной пирологии и математического моделирования (Иванилова, Крайченкова, 2000).

Обучающая система лесопирологического тренажера состоит из двух разделов. Обучение может проводиться как последовательное выполнение заданий по первому и второму разделу, также может осуществляться независимая работа по выбранному разделу.

Первый раздел - это работа в пяти специализированных базах Lotus Notes, использующихся в обучающей оболочке LearningSpace.

База данных *Schedule* представляет собой центральный модуль системы, позволяющий участникам просматривать учебные материалы и упражнения, участвовать в тестах, решать задачи и проводить исследования. В представляемом лесопирологическом тренажере Schedule содержит задания и вопросы по темам: понятия лесной пирологии, типы лесных пожаров, математические модели лесных пожаров и т.п.

В базе данных *MediaCenter* хранятся статьи, новости, главы книг, рефераты и сводки. Через нее можно получить доступ к сервису сети Интернет - World Wide Web и другим внешним источникам информации.

В *MediaCenter* лесопирологического тренажера хранится теоретический материал по темам: понятия лесной пирологии, методы математического моделирования лесных пожаров, принципы вероятностно-множественного моделирования распространения лесного пожара.

База данных *CourseRoom* представляет собой интерактивную среду, в которой слушатели ведут

дискуссии между собой и с преподавателем, а также совместно решают задачи и выполняют различные задания. В базе данных *CourseRoom* преподаватель может контролировать успехи слушателей, отвечать на вопросы слушателей, участвовать в обсуждениях и выставлять оценки.

База данных *Profiles* содержит информацию о слушателях и преподавателях, в том числе данные для контактов (адрес, номер телефона и т.д.), фотографии и сведения о ходе обучения, полученном опыте и увлечениях.

База данных *Assessment Manager* является средством, с помощью которого преподаватели оценивают работу каждого слушателя и сообщают ему результаты.

Второй раздел лесопирологического тренажера - программные модули, реализованные на языке программирования Delphi и встроенные в оболочку LearningSpace, позволяющие обучать в двух режимах: демонстрационном и обучающем.

В демонстрационном режиме, который основан на использовании программы компьютерной игры «Лесопирологические учения» (п. 2 настоящей статьи), проводится численное вероятностно-множественное моделирование распространения множественного контура лесного пожара. Слушатель сам задает очаг пожара, вероятности распространения и воспламенения, карту лесопирологических однородностей. Другие параметры обучаемый также может выбрать сам.

К сожалению, система LearningSpace версии 2.5 к настоящему времени устарела, к тому же работа с платформой Lotus Notes неудобна из-за ее несовместимости с другими системами. Поэтому для создания обучающей системы для подготовки персонала требуется использование более современных средств.

8. Компьютерный тренажер «Тайга-2»

Разработка данной системы начата и продолжается А.Ю. Никоновым и Д.Н. Сучковым в рамках их магистерских, а затем кандидатских диссертаций (А.Ю. Никонов, Д.Н. Сучков, Г.А. Доррер, 2006). Кроме того, в состав данной системы могут войти в качестве подсистем описанные выше разработки.

Система «Тайга-2» предназначена для обучения основам тактики борьбы с лесными пожарами. Она имеет клиент-серверную архитектуру. В качестве централизованного хранилища данных используется СУБД – Microsoft SQL Server 2000. Среда разработки - Borland Delphi 6. В качестве встраиваемого ГИС-компонента выбрана программа Gkernel, разработанная в ИВМ СО РАН.

Система имеет модульную структуру, она содержит ряд модулей и баз данных. Кратко охарактеризуем основные компоненты системы.

Модуль «Техника»

Модуль предназначен для ведения информации о видах техники, используемой при борьбе с лесными пожарами.

Модуль «Сценарий»

Является одним из основных модулей системы. Он предназначен для создания сценариев, которые будут использоваться обучаемыми при создании се-

анса игры. Создание сценария подразумевает моделирование обстановки распространения пожара, включающей задание очага возгорания на выбранной карте местности, задание метеоусловий, выбор техники локализации и тушения, которые будут доступны обучаемым, задание временных событий, таких как изменения метеоусловий, пожара, появление новых очагов, выход из строя техники.

Модуль «Характеристики пожара»

Модуль обеспечивает ведение справочной информации о типах пожара, классах интенсивности пожара, моделях расчета.

Утилита «Менеджер карт»

Создание модели карты осуществляется в любой из ГИС-систем, которые могут сохранять или экспортировать данные в формат MapInfo.

Утилита «Менеджер карт» входит в состав системы «Тайга 2» в качестве отдельной программы и предназначена для импорта и просмотра моделей карт, на которых производится моделирование игровой ситуации.

Утилита «Администратор»

Основное назначение – разграничение прав доступа на использование компонент системы. Утилита выполняет следующие функции:

- создание ролей;
- назначение списка прав на использование компонент системы;
- добавление информации о пользователе;
- назначение роли пользователю.

Модуль «Результаты сеансов»

Модуль предназначен для просмотра заданий и результатов игры пользователей.

Представим *математические методы и модели*, используемые в системе. Наибольшее значение в лесной пирологии имеет прогноз поведения низовых пожаров, поскольку на их долю приходится около 80% всех пожаров растительности (практически все верховые пожары развиваются из низовых).

Для расчета скорости распространения кромки низового пожара были выбраны модели Р. Ротермела (Rothermel) и М. А. Софронова (Доррер, 1979). При расчетах контуров пожаров приходится дополнительно вводить специальную функцию - индикатрису распространения, учитывающую зависимость скорости от угла, образованного направлением распространения и ветром (Доррер, 1979)

Для расчета динамики кромки пожара был использован метод подвижных сеток. Основная идея описываемого метода состоит в том, что расчетная сеточная область не задается заранее, а определяется решением задачи, двигаясь и развиваясь вместе с ним.

Описание взаимодействия человека с лесным пожаром в значительной степени сводится к анализу взаимодействия двух динамических множеств, описывающих, соответственно, лесной пожар и область достижимости противопожарных сил. На основе этой концепции разработана математическая модель процесса локализации лесного пожара.

В настоящее время система «Тайга 2» проходит

доработку, тестирование и опытную эксплуатацию. В течение 2008 года после заполнения всех баз данных и накопления картографического материала система будет передана заинтересованным организациям.

9. О структуре обучающего комплекса для специалистов по охране и защите леса

Рассмотренные выше работы преследуют одну цель – помочь работникам лесного хозяйства и МЧС, а также учащимся всех уровней повысить их профессиональную подготовку в деле охраны лесов от пожаров. Однако к настоящему времени разработанные системы не вполне согласованы методически, по данным, по расчетным моделям, по программным средствам. Поэтому для создания единой многофункциональной системы требуется значительная работа, которая в настоящее время начата кафедрой системотехники совместно с Институтом повышения квалификации преподавательских кадров СибГТУ. Представляется, что новая система должна базироваться на принципах, положенных в основу системы «Тайга 2», как наиболее продвинутой к настоящему времени. Однако в этой системе должны появиться новые модули, позволяющие моделировать процессы, не отраженные в описанных разработках.

В целом укрупненная структура проектируемой системы представляется следующей.

- Характеристики леса:
 - карты лесонасаждений;
 - топографические карты;
 - таксационные описания леса;
 - типы лесных горючих материалов (ЛГМ);
 - карты типов ЛГМ;
- Пожарная опасность (ПО):
 - природная ПО;
 - текущая ПО;
 - ❖ метеопоказатели (температура воздуха, влажность, ветер);
 - ❖ влагосодержание ЛГМ;
 - ❖ комплексный показатель Нестерова;
 - ❖ источники огня на территории;
 - ❖ карты текущей пожарной опасности;
 - оценка ПО по данным метеостанций.
- Характеристики пожара:
 - тип пожара;
 - интенсивность процесса горения;
 - возможность перехода в верховой пожар;
 - скорость продвижения фронта;
 - индикатрису;
 - начальный очаг;
 - динамика контура;
 - дымовой шлейф и другие факторы вредного воздействия на человека.
- Оценка пожарной опасности и характеристик пожара по космическим снимкам.
- Техника для борьбы с пожаром (база данных по противопожарной технике).
- Тактика локализации и ликвидации пожара:
 - выбор средств пожаротушения;
 - выбор тактических приемов борьбы с по-

- жаром;
- моделирование процесса борьбы с пожаром;
- моделирование процесса уклонения от пожара.
- Оценка ущерба, нанесенного пожаром:
 - затраты на тушение;
 - влияние на здоровье людей;
 - ущерб, нанесенный инфраструктуре в районе пожара;
 - степень повреждения леса;
 - стоимость древесной и недревесной продукции.
- Поддержка процессов обучения и моделирования борьбы с пожаром:
 - создание обучающих систем по основам лесной пирологии;
 - создание сценариев развития пожарной ситуации;
 - управление игровой ситуацией и оценка принимаемых решений.

По мере создания и эксплуатации системы, несомненно, будут пополняться данные, и возникать новые задачи, которые будут встраиваться в систему, улучшая ее функциональные и дидактические возможности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Доррер, Г.А. Математические модели динамики лесных пожаров / Г.А. Доррер - М.: Лесная промышленность, 1979 – 160с.
- Доррер, Г.А. Методы оценки динамики процессов распространения на поверхности Земли / Г.А. Доррер, П.Е. Федоров // Сибирский экологический журнал -

2001. № 5. - С. 591-597.

- Доррер, Г.А. Определение пожарной опасности в лесу методами дистанционного зондирования / Г.А. Доррер, С.П. Якимов // Известия вузов. Лесной журнал – 2000. №3. - С. 67-70.
- Егармин, П.А. Система детальной оценки пожарной опасности лесной территории: автореф. дис. ... канд. тех. наук / П.А. Егармин. – Красноярск: СибГТУ, 2005. – 21 с.
- Золотухина, Л.П. Система оценки и снижения природной пожарной опасности южно-таежных лесов Восточной Сибири: автореф. дис. ... канд. тех. наук / Л.П. Золотухина. - Красноярск: СибГТУ, 2007. – 22с.
- Иванилова Т.Н. Комплекс программ для моделирования распространения лесного пожара вероятностно-множественными методами / Т.Н. Иванилова // Проблемы информатизации региона: материалы конференции. – Красноярск: КГТУ, - 1994. - С.149-151.
- Иванилова, Т.Н. Диалоговая система прогноза лесного пожара / Т.Н. Иванилова // Труды Европейского конгресса по моделированию. – Прага, 1987. – С.81-85.
- Иванилова, Т.Н. Компьютерная обучающая лесопирологическая система / Т.Н. Иванилова, О.Н Крайченкова // Вестник СибГТУ.- 2000 - С.131-136.
- Коляда, А.В. Система поддержки принятия решений при тушении лесных пожаров силами авиационной охраны лесов: автореф. дис. ... канд. техн. наук / А.В. Коляда. - Красноярск: СибГТУ, 2002. – 20 с.
- Никонов, А.Ю. Система для обучения персонала тактике борьбы с лесными пожарами / А.Ю. Никонов, Д.Н. Сучков, Г.А. Доррер // Сложные системы в экстремальных условиях: Тезисы докладов XIII Международного симпозиума. – Красноярск, 2006.- С – 53-54.

Поступила в редакцию 4 февраля 2008 г.
Принята к печати 16 мая 2008 г.