

УДК 004.78

Я.Г. Киселёва

Харьковский национальный университет радиоэлектроники

МЕТОДОЛОГИЯ И ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ СРЕДСТВА СОЗДАНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В ПРИЛОЖЕНИИ К ЗАДАЧАМ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ И ЛИКВИДАЦИИ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ

Задачи, связанные с предупреждением и ликвидацией лесных пожаров отличаются большой размерностью, сложностью взаимосвязей между переменными и быстрым изменением условий, которым должны удовлетворять получаемые решения. В настоящее время наиболее мощным средством реализации указанных задач являются интеллектуальные системы поддержки принятия решений (ИСППР) с системой мониторинга объекта и окружающей среды на основе геоинформационной системы (ГИС). В составе ИСППР находится динамическая экспертная система (ДЭС), функционирующая в контуре обратной связи с объектом, в котором возникают задачи. Решение этих задач необходимо представлять лицу, принимающему решения (ЛПР) для реализации их на объекте в качестве управляющих воздействий в реальном времени.

Ключевые слова: динамическая экспертная система, чрезвычайная ситуация, интеллектуальная система, геоинформационная система, система поддержки принятия решений.

Введение

Постановка проблемы. Важной особенностью ДЭС является наличие базы знаний (БЗ), содержащей достаточно полный объем экспертных знаний в области принимаемых решений. Формирование решений производится автоматически компьютером в результате вывода на знаниях. Это позволяет быстро принимать решения на основании всей имеющейся в БЗ экспертной информации без опасения ошибок из-за неучтенных существенных факторов. В отличие от традиционных (статических) экспертных систем при создании ДЭС необходимо решить ряд научных проблем, связанных с тем, что система работает в реальном времени и решения должны формироваться с учетом временных ограничений. К таким проблемам относятся в первую очередь:

1) необходимость отображения текущего состояния объектов управления и окружающей среды в БЗ ДЭС;

2) учет ограничений на время формирования решения задач путем вывода на знаниях с использованием большого объема необходимой экспертной информации, имеющейся в БЗ ДЭС;

3) реализация в ДЭС специальных стратегий вывода на знаниях при управлении сложными объектами с неполной информацией в реальном времени.

Анализ последних исследований и публикаций. Решение первой из указанных задач получено в работе [1] для продукционных баз знаний путем построения метаправил, с учетом в каждом конкретном случае структуры баз данных (БД) и БЗ.

Вторая из указанных задач решается в работе [2] на основе принципа определения текущего состояния БЗ и принципа динамической декомпозиции БЗ с определением текущего состояния БЗ. Реализа-

ция этих принципов позволяет минимизировать количество правил продукции, используемых для формирования решения задачи в каждый момент реального времени функционирования ДЭС.

Решение третьей из перечисленных задач зависит от особенностей конкретного объекта управления и характера влияния недостающей информации об объекте и окружающей среде на процесс вывода на знаниях [3 – 4].

Постановка задачи. Общая структура интеллектуальной интегрированной системы приведена на рис. 1.

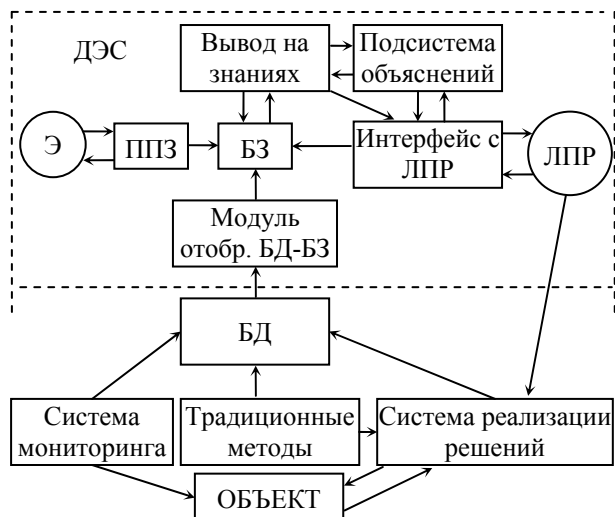


Рис. 1. Общая структура интеллектуальной интегрированной системы (ИИС)

ИСППР является интеллектуальной системой управления (ИИС), в рамках которой реализуются интеллектуальные методы (ДЭС) и традиционные методы управления.

В этой системе в общем случае реализуются три информационных контура обратной связи с объектом:

- традиционный контур управления, включающий систему мониторинга, БД, средства реализации традиционных методов;
- интеллектуальный контур, который охватывает БД, модуль отображения текущего состояния объекта в БЗ, ДЭС и ЛПР (лицо, принимающее решение);
- экспертный контур управления, в состав которого входят эксперты вместе с источниками информации (Э), подсистема приобретения знаний (ППЗ), ДЭС, ЛПР и система реализации управления на объекте (СР).

По признаку быстродействия эти контуры могут быть упорядочены в иерархическую структуру, в которой нижний уровень занимает наиболее быстрый, традиционный контур. Более медленный интеллектуальный контур занимает второй уровень. На верхнем же уровне расположен самый медленно действующий экспертный контур, позволяющий отражать в БЗ научные достижения в соответствующей области, а также обобщать собственный опыт функционирования интеллектуальной системы управления. Очевидно, что вышележащий уровень имеет возможность корректировать работу нижележащего уровня, поскольку он использует больший объем знаний для решения задач в соответствующей области.

Разработка методологии

Функционирование указанных контуров обеспечивает ряд преимуществ рассматриваемой системы управления:

- высокую эффективность принимаемых решений за счет максимального использования имеющейся в БЗ экспертной информации;
- использование новейших достижений в системе благодаря обновлению содержания БЗ в процессе работы экспертного контура;
- возможность использования в ДЭС интуитивных представлений экспертов в виде нечетких знаний;
- совместное использование традиционных технологий принятия решений и интеллектуальных методов, что обеспечивает повышение быстродействия и эффективности работы системы.

Особое значение имеет тот факт, что алгоритмы и методы работы интеллектуального и экспертного контуров в системе мало зависят от области использования ИИС, поэтому имеется возможность создания инструментальных программных средств, которые пригодны для различных сфер применения. При создании с помощью этих средств ИИС, способной решать задачи в конкретной области, необходима соответствующая экспертная информация для создания БЗ и некоторая настройка унифицированных алгоритмов. В ХНУРЭ в настоящее время созданы методы и алгоритмы, позволяющие разработать программные инструментальные средства построения ИСППР для широкого класса различных объектов. В частности, описанный подход может быть использован для решения за-

дач предупреждения и ликвидации лесных пожаров.

Функциональные задачи, решение которых предусматривает существующая технология тушения лесных пожаров, формализованы в виде правил продукции БЗ ИСППР. Это позволяет реализовать посредством вывода на знаниях следующие этапы принятия решений по предупреждению и ликвидации лесного пожара:

1. Определение класса пожарной опасности лесных массивов в зоне пожара – грубая оценка (при вводе дополнительных данных полученная оценка будет уточнена).

2. Определение типа лесного пожара.

3. Определение направления и скорости распространения пожара в зависимости от типа пожара, периода пожароопасного сезона, влажности материалов приземного слоя, наличия склонов и захламленности, направления и скорости ветра.

4. Определение наличия важных объектов в направлении распространения пожара и времени, которое необходимо для ликвидации угрозы объекту, либо эвакуации объекта.

5. Определение варианта оперативно-мобилизационного плана в зависимости от типа пожара и наличия важных объектов, расчет времени, необходимого для доставки и развертывания мобилизованных ресурсов.

6. Определение наличия естественных или искусственных препятствий в направлении распространения огня, расчет времени, за которое кромка пожара достигнет каждого препятствия.

7. Определение формы очага пожара (круговой, угловой негативной, угловой позитивной, прямоугольной), в зависимости от направления, скорости распространения пожара и наличия препятствий.

8. Определение площади и периметра очага пожара.

9. Определение способа тушения в зависимости от типа пожара, наличия ветра, водоемов, важных объектов.

10. Определение достаточности наличных ресурсов для тушения пожара, исходя из площади пожара, количества ресурсов.

11. Определение тактики тушения (фронтальная атака, атака с флангов, окружение, охват с тыла) в зависимости от типа пожара, ее формы и площади, наличия важных объектов, достаточности наличных ресурсов.

12. При тушении способом отжига - определение трассы отжига и тактики пуска огня (ступенями, гребенкой или пятнами).

13. В случае тушения водой расчет длины и диаметра рукавов и организация перекачки воды (в зависимости от состава пожарных частей, расположения водоемов).

14. В случае использования для тушения химических веществ расчет необходимого количества химикатов в зависимости от площади пожара.

15. Использование для тушения пожарных са-

молетов в зависимости от погодных условий, места возникновения пожара и наличия в зоне пожара важных объектов.

16. При отсутствии в направлении развития пожара препятствия, расчет места создания и длины опорной полосы (исходя из типа пожара (верховой), скорости его распространения, количества наличных ресурсов для создания опорной полосы, наличия важных объектов в направлении развития пожара).

17. Расчет времени, необходимого для остановки и локализации пожара, ее площади и количества наличных ресурсов.

18. Вычисление количества людей и инвентаря, которые необходимы для дотушивания, исходя из площади пожарища.

19. Расчет необходимого количества оснащения для мобилизованных.

20. Определение мест отдыха и укрытий для мобилизованных, исходя из их общей численности и расположения очага пожара.

21. Формирование штата проводников к укрытиям.

22. Формирование бригад рабочих для сваливания подгоревшего сухостоя.

23. Организация инструктажа по технике безопасности для мобилизованных.

24. Вычисление количества сил, необходимых для окарауливания, исходя из периметра пожарища.

25. Предварительный подсчет убытков от пожара, исходя из площади пожарища и сортиментной структуры сгоревших насаждений.

Как уже отмечалось выше одним из самых важных элементов ИСППР предупреждения и ликвидации лесных пожаров является мониторинг состояния лесов, а также других объектов, которые влияют на принятие решений при тушении пожаров. Мониторинг состояния лесов с точки зрения ведения лесного хозяйства проводится предприятием УкрГосЛеспроект Украины в ходе базового и непрерывного лесоустройства. Минимальной единицей лесоустройства является лесохозяйственный выдел. Состояние выдела постоянно актуализируется и отображается в таксационной базе данных, которая ведется в настоящее время на персональных компьютерах в закрытом (с точки зрения интеграции с другими информационными системами) иерархическом формате. На каждый выдел вносится и обновляется информация о ряде его характеристик, многие из которых учитываются в дальнейшем при планировании противопожарных мероприятий, а также могут быть использованы во время принятия решений при тушении пожаров. Кроме того, каждый выдел имеет картографическое представление на лесоустроительных планшетах в виде линейных или полигональных объектов.

Вопрос об использовании информации из базы данных лесоустройства возник в связи с созданием Радиоэкологической ГИС лесного фонда Украины. В ходе разработки этой системы таксационная база данных была перепроектирована согласно принципам реляционной модели (рис. 2).

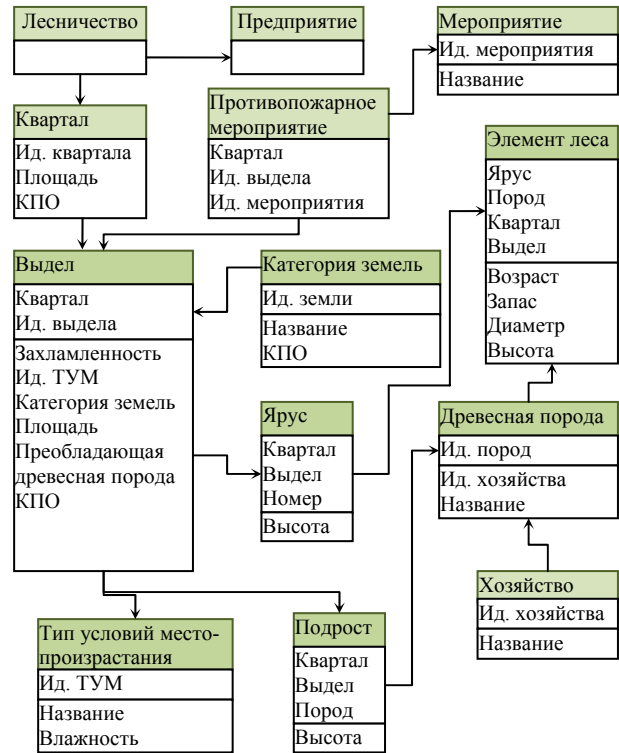


Рис. 2. Фрагмент структуры таксационной базы данных для планирования противопожарных мероприятий

Был отработан механизм конвертации данных в новую структуру. Разработана также технология геокодирования пространственных атрибутов объектов лесоустройства, которая помимо оцифровки границ выделов, кварталов, дорог, противопожарных разрывов, минерализованных полос с учетом их пространственно-логических (топологических) взаимоотношений включает и их привязку на топографическую основу.

В результате геокодирования мы получаем географические координаты границ выделов, что позволяет рассматривать объекты лесоустройства в едином пространстве с другими объектами, которые влияют на выбор тактики тушения лесного пожара:

- дорожная сеть;
- пожарные водоемы;
- места дислокации пожарных частей;
- наличие объектов в зоне пожара, которые подлежат эвакуации.

Выводы

Предварительный анализ требований, которым должна удовлетворять система поддержки принятия решений при ликвидации пожаров показывает, что исходных данных, которыми располагает лесное хозяйство, недостаточно. Помимо данных о состоянии лесов и выполнении противопожарных мероприятий нужна еще информация о текущей метеорологической обстановке, актуальная информация о таких элементах топографической основы как рельеф, населенные пункты и дорожная сеть. Не обойтись также без информации из других ведомств, таких как пожарная охрана, МВД, Министерство обороны, Земпроект и другие.

Источники данных разного рода удобно объединить в одной среде, которая обеспечивала бы функции:

1. Прозрачность восприятия данных независимо от их внутреннего формата.

2. Обеспечение необходимой функциональностью, которую обычно предоставляют геоинформационные системы:

2.1. Сетевой анализ, позволяющий находить оптимальные маршруты доставки средств тушения и подъезда подразделений.

2.2. Выполнение пространственных запросов на основе топологического представления графических объектов (например, с целью определения препятствий по направлению развития пожара).

2.3. Возможность работы с цифровой моделью рельефа.

3. Картографическая визуализация и моделирование планов ликвидации пожаров средствами ГИС.

На наш взгляд, таким требованиям наиболее полно удовлетворяет британская разработка Smallworld GIS. В ней удачно сочетаются возможности современных СУБД и ГИС. Кроме того, в ней заложены разнообразные средства интеграции с внешними системами такими, как коммерческие СУБД (Oracle, MS SQL Server и др.), а ее серверные возможности позволяют предоставлять собственную функциональность для таких клиентов, как C++, Delphi, Visual Basic, Power Builder на основе архитектуры тонкого клиента. Функциональность СУБД и ГИС, необходимая для предоставления исходных данных ИСППР, сосредотачивается на сервере приложений ГИС, который можно реализовать с помощью Smallworld GIS. По отношению к серверу приложений ГИС, ИСППР выступает в роли тесно интегрированной подсистемы с двунаправленным обменом данными. ИСППР запрашивает сервер на получение значений необходимых параметров, что заставляет сервер выполнять соответствующие запросы. После получения значений всех параметров предлагается план ликвидации пожара, который затем может быть визуализирован средствами ГИС (рис. 3).

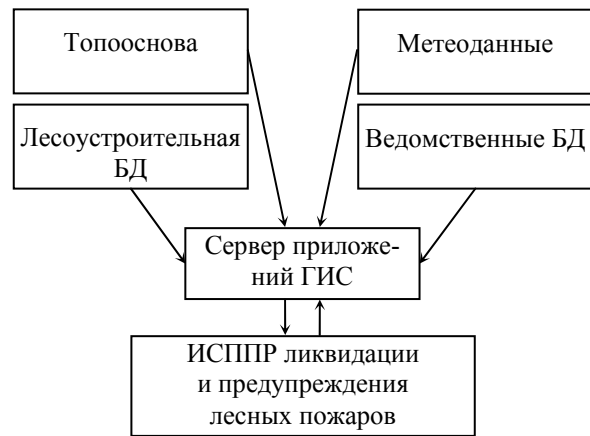


Рис. 3. Архитектура информационной системы ликвидации и предупреждения лесных пожаров.

Необходимость такой системы особенно актуальна в период продолжительной засухи, когда одновременно может возникнуть несколько очагов пожаров и нужно наиболее рационально распределить силы и ресурсы для их тушения.

Список литературы

1. Кимстач Н.Ф. Пожарная тактика / Н.Ф. Кимстач, П. П. Девлишев, Н. М. Евтюшкин. – М.: Стройиздат, 1984. – 250 с.
2. Перечень оперативной документации по организации пожаротушения в населенных пунктах сельской местности. – М.: ГУПО МВД СССР, 1983. – 16 с.
3. Стихийные бедствия: изучение и методы борьбы: пер. с англ. / Под ред. С.Б. Лаврова и Л.Г. Никифорова. – М.: Прогресс, 1978. – 440 с.
4. Кошкарев А.В. Геоинформатика / А.В. Кошкарев, В.С. Тикунов; под ред. Д.В. Лисицкого. – М.: Картгеоцентр-Геоиздат, 1993. – 213 с.

Поступила в редколлегию 21.11.2008

Рецензент: д-р техн. наук, проф. С.Ю. Шабанов-Кушнарченко, Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Харьков.

МЕТОДОЛОГІЯ Й ІНСТРУМЕНТАЛЬНІ ЗАСОБИ СТВОРЕННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ У ЗАСТОСУВАННІ ДО ЗАДАЧ ПОПЕРЕДЖЕННЯ Й ЛІКВІДАЦІЇ ЛІСОВИХ ПОЖЕЖ

Я.Г. Кісельова

Задачі, пов'язані з попередженням і ліквідацією лісових пожеж відрізняються великою розмірністю, складністю взаємозв'язків між змінними і швидкою зміною умов, яким повинні задовольняти одержувані рішення. У цей час найбільш потужним засобом реалізації зазначених задач є інтелектуальні системи підтримки прийняття рішень (ІСППР) із системою моніторингу об'єкта й навколишнього середовища на основі геоінформаційної системи (ГІС). У складі ІСППР є динамічна експертна система (ДЕС), що функціонує в контурі зворотного зв'язку з об'єктом, у якому виникають задачі. Рішення цих задач необхідно представляти особі, що приймає рішення (ОПР) для реалізації їх на об'єкті, як керуючі впливи в реальному часі.

Ключові слова: динамічна експертна система, надзвичайна ситуація, інтелектуальна система, геоінформаційна система, система підтримки прийняття рішень.

METHODOLOGY AND TOOL MEANS OF INTELLECTUAL SYSTEMS CREATION OF DECISION-MAKING SUPPORT IN PROBLEMS SOLVE OF THE FOREST FIRES PREVENTION AND LIQUIDATION

Ya.G. Kiseleva

The problems connected with the forest fires prevention and liquidation differ the big dimension, complexity of interrelations between variables and fast change of conditions with which should satisfy received decisions. Now most a powerful tool of the specified problems realization are intellectual systems of decision-making support (ISDMS) with system of monitoring of object and environment on the basis of geoinformation system (GIS). In structure ISDMS there is a dynamic expert system (DES), functioning in a contour of a feedback with object in which there are problems. It is necessary to represent the decision of these problems to the person making of the decision (PMD) for their realizations on object as operating influences in real time.

Keywords: dynamic expert system, an extreme situation, intellectual system, geoinformation system, system of support of decision-making.