

УДК 630.116.001.4 (470.331)

П.С. ТИТАЕВ

ФГБОУ ВПО «Тверской государственный технический университет», г. Тверь

## ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ПОЖАРООПАСНОЙ СИТУАЦИИ В ТВЕРСКОЙ ОБЛАСТИ

*Ключевые слова:* видеомониторинг; информационная система; обработка данных.

*Аннотация:* Рассмотрены основные задачи совершенствования информационных систем раннего обнаружения очагов пожаров лесных массивов.

На официальном сайте правительства Тверской области в разделе «Леса Верхневолжья» [1] опубликована статья «Инновационные технологии мониторинга пожарной ситуации», где говорится, что созданная в Тверской области схема видеомониторинга позволяет с помощью видеокамер, которые могут быть установлены на любых вышках (в т.ч. сотовых операторов), и программного обеспечения «Лесной дозор» на ранней стадии обнаружить очаги возгорания.

Программное обеспечение «Лесной дозор» – это система мониторинга леса, разработанная компанией ООО «ДиСиКон» (ООО «ДСК»), предназначенная для раннего обнаружения лесных пожаров и определения их координат. «Лесной Дозор» основан на современных технологиях: IP-видеонаблюдения, мобильных приложений, географических информационных системах (ГИС), интернет-приложений и «компьютерного зрения» [2].

Наибольший интерес с точки зрения путей совершенствования информационной системы мониторинга пожароопасной ситуации в Тверской области, на взгляд автора, представляют возможности географических информационных систем и систем анализа данных и прогнозирования.

Географические информационные системы предназначены для обработки картографической информации, которая обозначается на карте и фиксируется в хранилище базы данных [3].

Геoinформационные системы совмещают

преимущества обработки данных, которыми обладают базы данных, и наглядность карт, схем и графиков. В них также совмещены эффективные средства анализа и представления данных. Система ГИС имеет встроенный язык обработки данных (в т.ч. язык *Structured Query Language (SQL)* – «Структурированный язык запросов») и позволяет построить свою информационную систему, ориентированную на решение конкретных прикладных задач, снабженную меню, разработанными специально для этого приложения. Наиболее известной является геoinформационная система *MapInfo*.

Как становится понятным из описания системы мониторинга леса «Лесной дозор», главное предназначение этой системы – раннее обнаружение лесных пожаров и определение их координат. Эта главная задача очень важна, но не менее важной является задача предупреждения лесных пожаров, а для этого необходимо выявить факторы, влияющие на пожарную активность. Для того чтобы выявить эти факторы, необходимо накапливать статистическую информацию о каждом случае пожара (координаты, охваченная площадь, на территории какого административного подразделения находится), а также о причинах, породивших пожар (в результате поражения молнией, торфяной пожар, неосторожное обращение с огнем туристами, по причине травяного пала). Лучше всего эти статистические данные вести в базах данных геoinформационной системы мониторинга леса, а затем применять накопленные данные в системах анализа данных и прогнозирования.

На данный момент в ГИС программного комплекса «Лесной дозор» входят (по данным презентации этого программного комплекса) статистические сведения о пожарной опасности, связанной с грозовой активностью, где на карту наносятся контуры площадей, где происходили пожары ранее. Пересечение контуров площадей,

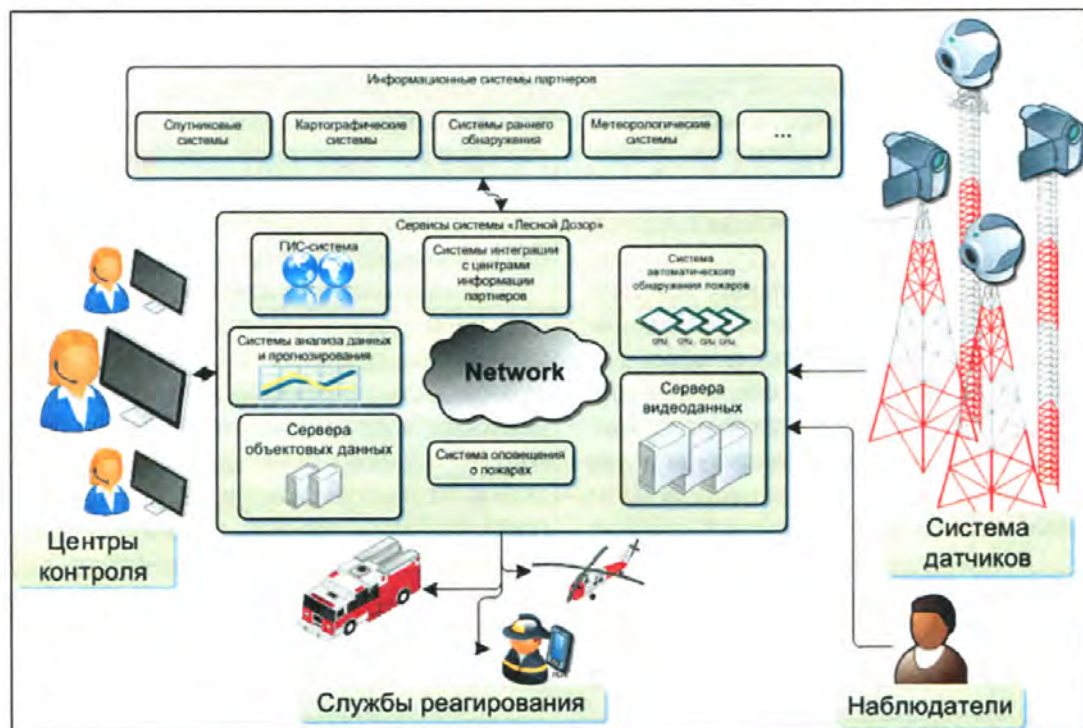


Рис. 1. Компоненты информационной системы мониторинга леса

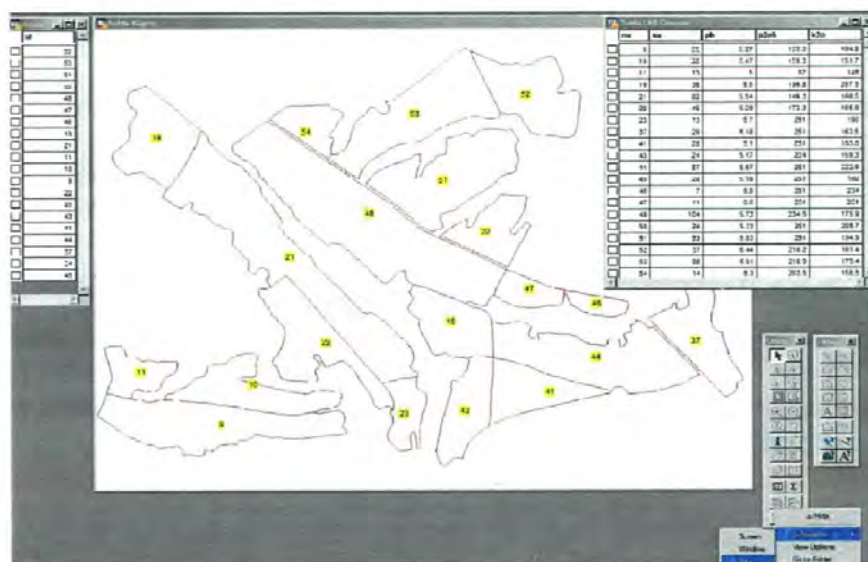


Рис. 2. Нанесение контура в ГИС и запись номера контура в таблицу базы данных

где происходило большее число пожаров говорит о том, что эти участки местности наиболее пожароопасны. Контуров действующих пожаров также отображаются на карте геоинформационной системы «Лесной дозор».

Но по данным исследования «Разработка имитационной модели вероятности возникновения лесных пожаров с учетом грозовой актив-

ности и антропогенной нагрузки» только 5 % пожаров происходят по причине грозовой активности. Остальные 95 % происходят по причине антропогенного фактора. Необходимо записывать в базу данных информацию о причинах пожаров не только в свободной форме (в полях типа *Мето*), но и четко классифицируя причины пожаров (в отдельной таблице) – сопоставлять

каждому пожару его категорию причины возникновения. Кроме того, в базе данных необходимо прописать для каждой лесной территории, обозначая ее границы, руководителей административных делений, прикрепленное лесничество и т.д., иначе говоря, создать тематическую карту административных делений лесной территории.

Для пользователей персональных компьютеров, не знакомых с особенностями геоинформационных систем, возникает вопрос: как в таблицах баз данных можно сохранять границы территорий? В тематических картах, внедренных в систему, можно наносить контуры и придавать им номера. Затем в таблице базы данных записывается номер контура объекта (рис. 2).

В базу данных необходимо заносить также

для каждого дня пожароопасного периода информацию о грозовой активности и наивысшую температуру воздуха в этот день – впоследствии можно выявить, насколько грозовая активность увеличивает вероятность причины возникновения пожара. Схема данных предметной области – «причина возникновения пожара» может быть примерно такой (рис. 3).

Геоинформационные системы в хранилищах базы данных (таблицах) могут содержать координаты точечных объектов, в них имеется возможность наносить на карту контуры и нумеровать их, а затем заносить в базу данных номер контура и далее с помощью запросов *SQL* определять параметры контура, площадь, периметр (табл. 1). Таким образом, нанося на карту контуры лесных пожаров, можно вычислять площади лесных пожаров, а также добавлять в базу дан-

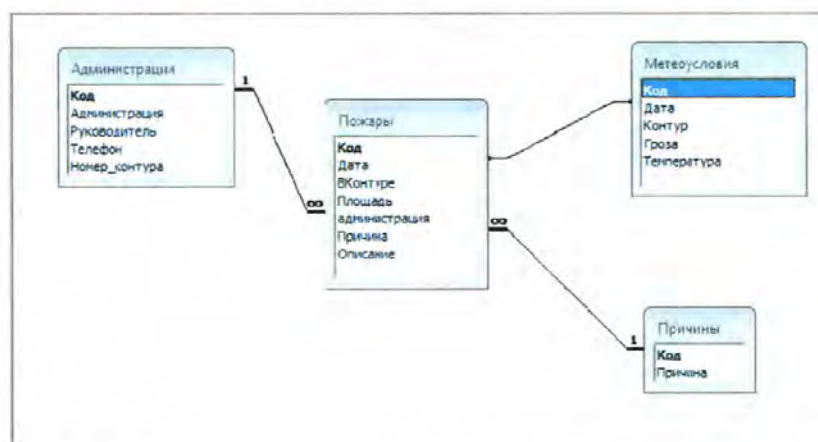


Рис. 3. Примерная схема данных базы данных «причины пожаров»

Таблица 1. Функции *SQL*-запроса

№ п/п	Функция	Выражение	Назначение
1	<i>Area</i>	<i>Area (obj, «sq m»)</i>	Вычисление площади
2	<i>Perimeter</i>	<i>Perimeter (obj, «m»)</i>	Вычисление периметра
3	<i>ObjectLen</i>	<i>ObjectLen (obj, «m»)</i>	Определение длины объекта

Таблица 2. Исходные данные для многомерного анализа

Процент антропогенного фактора <i>X</i> участия в пожарах	Среднегодовое число дней с грозой <i>Y</i>	Лесная площадь, пройденная пожарами (га) <i>Z</i>
0,9837	19	446
1,0000	21	566
0,9537	23	394
0,9250	32	2 333
0,9121	22	540

Таблица 3. Параметры модели «Регрессионная статистика»

Регрессионная статистика	
Множественный $R$	0,9574
$R$ -квадрат	0,9166
Нормированный $R$ -квадрат	0,8333
Стандартная ошибка	338,3395
Наблюдения	5

Таблица 4. Дисперсионный анализ модели

	$df$	$SS$	$MS$	$F$	Значимость $F$
Регрессия	2	2518081,48	1259040,74	11,00	0,008
Остаток	2	228947,32	114473,66		
Итого	4	2747028,80			

Таблица 5. Коэффициенты линейной многомерной модели

	Коэффициенты
$Y$ -пересечение	-6337,6896
Процент антропогенного фактора $X$	3349,8816
Среднегодовое число дней с грозой $Y$	170,7122

ных другую информацию о пожаре, не только картографическую о местоположении пожара и площади пожара, а, например, сведения о погоде в тот день, результаты расследования случая пожара.

В табл. 1 приведены примеры использования некоторых функций  $SQL$ -запросов ГИС *MapInfo*.

Можно сделать выборки по причинам возникновения пожаров, а также по частоте возникновения пожаров в том или ином районе (с помощью языка  $SQL$ ) и, увидев, например, что по причинам антропогенного характера в  $n$ -ом районе происходят частые случаи возгораний можно предпринять меры по предупреждению пожаров (закрывать лес для посещений туристов, установить штраф за травяной пал или за разведение костра) и тем самым предупредить многие случаи возникновения пожаров.

Второй путь совершенствования информационной системы мониторинга пожароопасной ситуации в Тверской области состоит в использовании инструментов анализа данных и прогнозирования пожароопасных ситуаций, исходя из находящихся в собранной базе данных сведений.

Например, исходя из статистических данных, полученных в результате выборок из базы данных имеем следующую статистическую информацию:

Проведем регрессионный анализ (табл. 3) в программе *MS Excel*.

Множественный  $R$  – коэффициент корреляции  $R$  близок к 1, связь сильная, прямая, т.к.  $R$  – положительна.

$R$ -квадрат – коэффициент детерминации  $R^2$ .

Нормированный  $R$ -квадрат – нормированное значение коэффициента детерминации рассчитывается по формуле:

$$R_{\text{нор}}^2 = 1 - (1 - R^2) \frac{n-1}{n-m-1},$$

где  $n$  – число наблюдений,  $m$  – количество факторных признаков ( $m = 1$ ).

Нормированный  $R$ -квадрат не сильно отличается от  $R$ -квадрат.

Наблюдения – это число исходных наблюдений ( $n$ ).

В табл. 4 приведем результаты дисперсионного анализа.

$F$  – расчетное значение критерия Фишера. Вычисляется по формуле:

Таблица 6. Разыгранные значения  $Z$  (эксперимент 1)

№	$X$ (доля)	$Y$ (дней)	$Z$ (га)	№	$X$ (доля)	$Y$ (дней)	$Z$ (га)
1	0,9290	20	188,68	6	0,9188	29	1690,76
2	0,9366	20	214,20	7	0,9446	26	1265,17
3	0,9509	27	1457,04	8	0,9901	23	905,46
4	0,9655	30	2017,88	9	0,9736	30	2045,23
5	0,9997	20	425,35	10	0,9217	24	847,03
Средние	0,9531	24,9000	1105,68				

Таблица 7. Разыгранные значения  $Z$  (эксперимент 2)

№	$X$ (доля)	$Y$ (дней)	$Z$ (га)	№	$X$ (доля)	$Y$ (дней)	$Z$ (га)
1	0,9573	23	795,52	6	0,9538	20	271,59
2	0,9948	19	238,36	7	0,9598	22	633,15
3	0,9935	19	233,82	8	0,9283	24	869,06
4	0,9755	23	856,66	9	0,9173	24	832,27
5	0,9136	24	819,70	10	0,9960	23	925,20
Средние	0,9590	22,1000	647,53				

Таблица 8. Данные эксперимента 3

№	$X$ (доля)	$Y$ (дней)	$Z$ (га)	№	$X$ (доля)	$Y$ (дней)	$Z$ (га)
1	0,7038	24	117,1406	6	0,7404	19	0,0000
2	0,7486	24	267,2178	7	0,7680	27	844,1173
3	0,7918	23	241,1006	8	0,7596	27	815,9899
4	0,7075	28	812,3472	9	0,7973	26	771,5269
5	0,7329	28	897,2821	10	0,7280	30	1222,4580
Средние	0,7478	25,6000	598,9180				

Таблица 9. Данные эксперимента 4

№	$X$ (доля)	$Y$ (дней)	$Z$ (га)	№	$X$ (доля)	$Y$ (дней)	$Z$ (га)
1	0,6021	29	629,9652	6	0,6229	28	528,9926
2	0,6231	25	17,4155	7	0,6094	19	0,0000
3	0,6503	30	961,9462	8	0,6962	24	91,6805
4	0,6495	21	0,0000	9	0,6611	31	1168,9514
5	0,6349	26	227,7194	10	0,6511	26	281,9462
Средние	0,6401	25,9000	390,8617				

$$F = MS(\text{регрессия}) / MS(\text{остатки}) = \\ = 1259040,74 / 114473,66 = 11,00$$

Коэффициент  $F$  значим, если принять уровень значимости больше чем 0,05. Даже при очень высоком уровне значимости 0,05 построен

ная модель значима.

Коэффициенты – это значения коэффициентов уравнения регрессии, которые представлены в столбце «Коэффициенты» (табл. 5)

Получаем следующую формулу регрессионной зависимости:

$$Z = 3349,8816X + 170,7122 * Y - 6337,6896$$

Если увеличить процент антропогенного фактора на 0,01, то площадь лесных пожаров увеличивается на  $3349,8816 / 100 = 33,49$  га. Если число дней с грозой увеличивается на 1, то площадь лесных пожаров увеличивается на 170,7122 га.

Используя построенную модель, «разыграем» случайную величину  $Z$  – площадь лесных пожаров в га. Пусть количество испытаний будет равно 10. Будем вначале задавать значения входных признаков  $X$  и  $Y$  в интервалах их фактических данных (от минимального к максимальному значению).

Величина  $X$  изменяется на основании фактических данных от 91,21 % к 100 %.  $Y$  изменяется от 19 до 32 дней.

Составим расчетную таблицу со случайными  $X$ ,  $Y$ , которые случайно изменяются в фактических интервалах значений, причем  $Y$  изменяется значимо (от 19 до 32). Максимальное значение 32 для  $Y$  было статистическим «выбросом» в 2010 г., когда было аномально жаркое лето. Это тут же отражается на эксперименте. Средняя полученная площадь лесных пожаров (1105,68 га) больше выведенной средней (855,8 га).

Снизим значения  $Y$  до среднестатистических от (19 до 25), а процент влияния антропогенного фактора оставим прежним (эксперимент 2).

Когда количество грозовых дней в среднем снижается от 25 до 22, процент снижения лес-

ных пожаров достигает:  $100\% - 647,53/1105,68 * 100\% = 41,43\%$ .

Таким образом, погодный фактор оказывает значительное влияние.

Проведем третий эксперимент. Снова оставим высоким количество грозовых дней (от 19 до 32), а процент антропогенного фактора будет изменяться от 0,7 до 0,75.

Произошло снижение площади лесных пожаров на:  $100\% - 598,9180/647,53 * 100\% = 7,5\%$

Дальнейшее снижение антропогенного фактора (от 0,6 до 0,7) приводит к снижению площади лесных пожаров, хотя погодные факторы остаются неблагоприятными (табл. 9).

Этот расчет, проведенный в *Excel*, можно внедрить в программное обеспечение модуля «системы анализа данных и прогнозирования». Кроме того, в этот модуль можно внедрить другие алгоритмы анализа данных.

Из всего вышесказанного можно сделать выводы:

- первый путь совершенствования информационной системы мониторинга пожароопасной ситуации в Тверской области состоит в тщательном накапливании статистической информации о пожарах в базе данных геоинформационной системы, внедренной в информационную систему «Лесной дозор»;

- второй путь заключается в использовании накопленной информации для анализа данных и прогнозирования пожароопасной ситуации.

### Список литературы

1. Официальный сайт правительства Тверской области, раздел «Леса Верхневолжья» [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.region.tver.ru/banners/les.html>.
2. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : [http://ru.wikipedia.org/wiki/%CB%E5%F1%ED%E9\\_%C4%EE%E7%EE%F0](http://ru.wikipedia.org/wiki/%CB%E5%F1%ED%E9_%C4%EE%E7%EE%F0).
3. Бугаевский, Л.М. Геоинформационные системы / Л.М. Бугаевский. – М. : Златоуст, 2000. – 221 с.
4. Глазунов, В.В. Геоинформационные системы / В.В. Глазунов. – СПб. : ВИРГ-рудгеофизика, 2002. – 82 с.
5. Шикин, Е.В. Математические методы и модели в управлении : учебное пособие / Е.В. Шикин, А.Г. Чхартишвили. – М. : Дело, 2000. – 440 с.
6. Джефферс, Д. Введение в системный анализ: применение в экологии / Д. Джефферс. – М., 1981.
7. Горстко, А.Б. Модели управления эколого-экономическими системами / А.Б. Горстко, Ю.А. Домбровский, Ф.А. Сурков. – М., 1984.
8. Атре, Ш. Структурный подход к организации баз данных / Ш. Атре. – М. : Финансы и статистика, 1983. – 320 с.
9. Бойко, В.В. Проектирование баз данных информационных систем / В.В. Бойко, В.М. Савин-

ков. – М. : Финансы и статистика, 1989. – 351 с.

### References

1. Oficial'nyj sajt pravitel'stva Tverskoj oblasti, razdel «Lesa Verhnevolzh'ja» [Jelektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa : <http://www.region.tver.ru/banners/les.html>.
2. [Jelektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa : [http://ru.wikipedia.org/wiki/%CB%E5%F1%ED%EE%E9\\_%C4%EE%E7%EE%F0](http://ru.wikipedia.org/wiki/%CB%E5%F1%ED%EE%E9_%C4%EE%E7%EE%F0).
3. Bugaevskij, L.M. Geoinformacionnye sistemy / L.M. Bugaevskij. – М. : Zlatoust, 2000. – 221 s.
4. Glazunov, V.V. Geoinformacionnye sistemy / V.V. Glazunov. – SPb. : VIRG-rudgeofizika, 2002. – 82 s.
5. Shikin, E.V. Matematicheskie metody i modeli v upravlenii : uchebnoe posobie / E.V. Shikin, A.G. Chhartishvili. – М. : Delo, 2000. – 440 s.
6. Dzheffers, D. Vvedenie v sistemnyj analiz: primenenie v jekologii / D. Dzheffers. – М., 1981.
7. Gorstko, A.B. Modeli upravlenija jekologo-jekonomicheskimi sistemami / A.B. Gorstko, Ju.A. Dombrovskij, F.A. Surkov. – М., 1984.
8. Atre, Sh. Strukturnyj podhod k organizacii baz dannyh / Sh. Atre. – М. : Finansy i statistika, 1983. – 320 s.
9. Bojko, V.V. Proektirovanie baz dannyh informacionnyh sistem / V.V. Bojko, V.M. Savinkov. – М. : Finansy i statistika, 1989. – 351 s.

*P.S. Titaev*

*Tver State Technical University, Tver*

### **Ways of Improving Information System for Monitoring Fire Situations in the Tver Region**

*Keywords:* information system; video monitoring; data processing.

*Abstract:* The paper considers the main objectives of improving information systems for early detection of seats of fire in forests.

© П.С. Титаев, 2014