

РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ АНАЛИЗА ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ ТЕРРИТОРИИ.

Глаголев В.А, Коган Р. М.

Институт комплексного анализа региональных проблем ДВО РАН,

679000 г. Биробиджан ул. Шолом-Алейхема д. 4, офис 12

glagolev@netman.ru, carpi@yandex.ru

Одним из наиболее эффективных и важных приложений геоинформационной технологии является создание автоматизированных информационно-аналитических систем в разных отраслях, в частности в области мониторинга объектов окружающей среды.

Геоинформационные аналитические системы (ГИАС) позволяют оптимальным образом совместить картографический материал региона с базами данных с разнообразным аналитическим инструментарием и включают образное интегрированное представление пространственных и соотнесенных с ними атрибутивных данных для решения проблем территориального управления. Такие системы базируются на интеграции функциональных возможностей, обеспечиваемых общими технологиями информационных систем, специфическими методами моделирования пространственных данных [6]. Сложность и разнообразие представления данных в ГИС предъявляет своеобразные и повышенные требования к системе управления базами данных (СУБД) по сравнению с традиционной формой их использования.

Основная трудность, с которой сталкиваются при разработке ГИАС, состоит в том, что во всех базах данных (БД) формат и структура файлов различны и требуют стандартизации, но не во всех БД есть указания на адрес объекта, который можно сопоставить с его расположением на электронной карте. Поэтому главной задачей является интеграция традиционных (“унаследованных”) информационных систем, основанных на СУБД, со средствами современных ГИС. При этом на ГИС возлагается задача управления потоками данных и подсистемами в пространственном анализе и визуализации результатов, а на СУБД аналитическая обработка атрибутивной информации.

Целью работы является создание геоинформационно - аналитической системы для оценки и прогнозирования пожарной опасности территории с использованием метеорологических данных на основе показателей пожарной опасности, предложенных В. Г. Нестеровым.

Данный метод основан на эмпирических уравнениях для расчета КЧ (комплексного числа Нестерова), определения КП (комплексного метеорологического показателя) и соответствующий ему класса пожарной опасности (КПО) (уравнения 1,2,3).

$$KЧ = t(t - \tau) \quad (1)$$

$$КП = \sum_{i=1}^n t(t - \tau), \text{ для "сухих" дней (при } x < 3,00 \text{ мм/сут)} \quad (2)$$

$$КП = КЧ = t(t - \tau) \text{ для "мокрых" дней (при } x \geq 3,00 \text{ мм/сут.)} \quad (3)$$

где: t – дневная температура воздуха, $^{\circ}\text{C}$; τ – дневная температура точки росы, $^{\circ}\text{C}$; n – количество "сухих" дней, x – суточный объем осадков, мм/сут.

Для оценки и прогнозирования пожарной опасности нами создана информационно-аналитическая система, изображенная на рис. 1, состоящая из взаимосвязанных блоков: базы данных и функциональных модулей, с помощью которых рассчитываются критерии пожарной опасности, выводятся корреляционные уравнения (линейные, параболические, полиномиальные). На основе анализа зависимости между рассчитанными критериями и метеорологическими данными в различные временные интервалы пожароопасных периодов, составляются кратко- и долгосрочные прогнозы, определяется их достоверность. Расчеты производятся в разработанных модулях в среде программирования Borland Delphi.

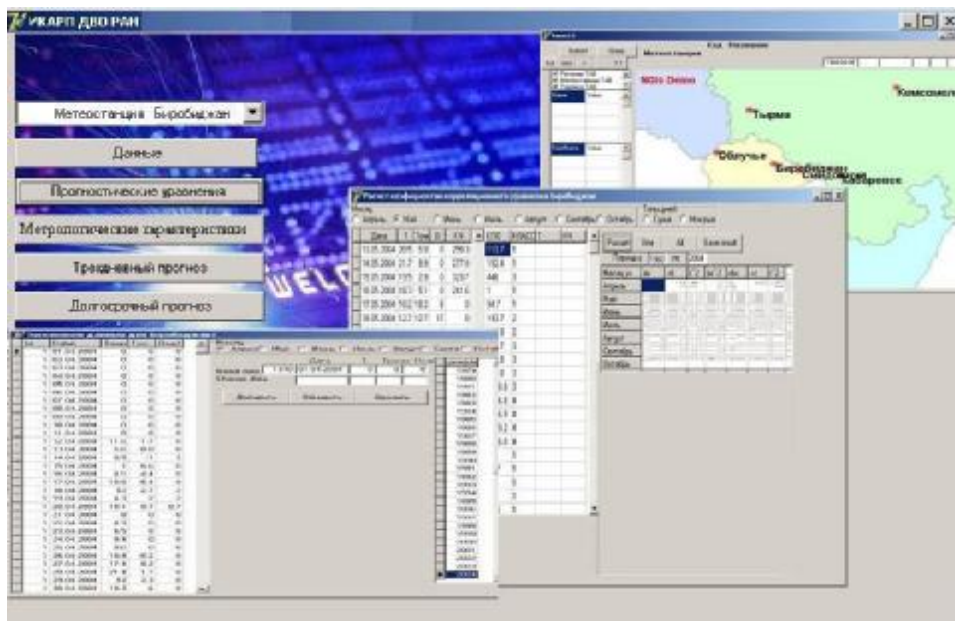


Рис. 1. Внешний вид программы автоматизированной оценки и прогноза пожарной опасности

Для выполнения соответствующего анализа необходимо правильно сформировать структуру БД метеорологических параметров, которая может быть локальной или сетевой. Разработанная нами локальная база данных использует технологию файловых БД, где каждый файл хранит информацию о соответствующих годах, указанных в его имени (например, 1960-1961.xls, 1962-1963.xls ... 2003-2004.xls). Такие файлы имеют одинаковую структуру при использовании данных различных метеостанция, это позволяет удобно производить аналитические расчеты и отображать результаты в диаграммах. Для построения

прогностических уравнений разработаны итоговые файлы. Стандартные инструментальные средства Microsoft Excel поддерживают построение трендов уравнений по искомым данным, а также критерии отбора полученных уравнений на основе коэффициентов детерминации.

Для расширения возможности аналитической обработки данных в настоящее время используются системы, представленные в виде банков данных, поддерживающих функции централизованного хранения и накопления обрабатываемой информации, организованной в одну или несколько баз данных [2]. Информация в базе данных, в данном случае, представлена не в виде файлов, а в виде совокупности специальным образом организованных данных, отображающих состояние параметров и их взаимосвязей с помощью тематических ключей.

Логическая структура, определяющая модель представления БД информационно-аналитической системы представлена двумя типами таблиц. Первые из них содержат метеорологические данные по пожароопасным месяцам: апрель ... октябрь, а последняя таблица содержит уникальные идентификаторы метеостанций, которые являются тематическими и географическими ключами отношения атрибутивных и пространственных данных: метеостанция – пожароопасный месяц (рис.2).

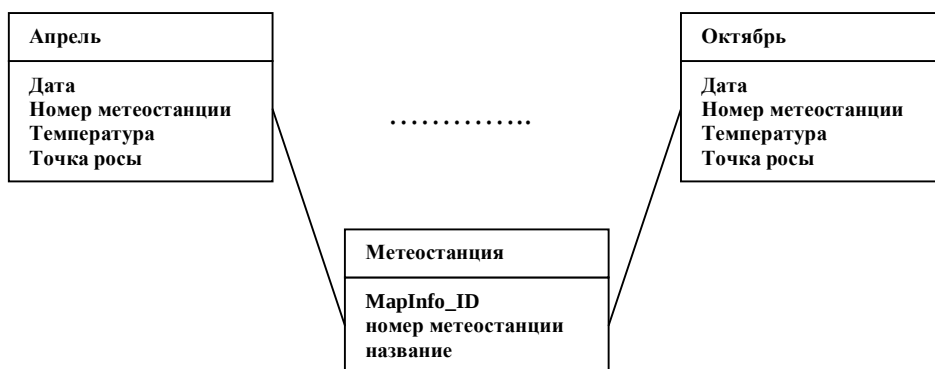


Рис. 2. Логическая структура БД «Метеорологические параметры».

Тематический ключ используется для создания сложных отчетов с использованием агрегирующих функций, и используется для расчета показателей пожарной опасности территории по условиям погоды (КП, КЧ, КПО). Обработка БД была приближена с помощью операторов языка SQL к многомерной модели данных, позволяющей производить аналитических анализ данных в разработанных функциональных модулях: «Исходные данные», «Проверка данных», «Прогностические уравнения», «Метрологические характеристики», «Краткосрочный прогноз», «Долгосрочный прогноз», «Пространственный анализ».

Модуль «Исходные данные» содержит основные элементы управления для ввода, вывода и редактирования данных. Для выполнения действий необходимо указать год и месяц.

Программа отразит список записей, содержащих сведения о метеорологических данных выбранной метеостанции.

Модуль “Проверка данных” позволяет проверить данные на соответствие следующим условиям:

$$\text{если } t_i < 5^{\circ}\text{C и } x_i < 3 \text{ мм/сут., то } \text{КП}_i = 50 \text{ ед.} + \text{КП}_{i-1}; \quad (4)$$

$$\text{если } t_i < 5^{\circ}\text{C и } x_i \geq 3 \text{ мм/сут., то } \text{КП}_i = 0 \text{ ед.,} \quad (5)$$

где $i, i-1$ – индекс текущего и предыдущего дня.

Модуль “Прогностические уравнения”, интерфейс которого изображен на рис. 3, рассчитывает показатели пожарной опасности территории, выводит корреляционные уравнения на основе анализа зависимости между рассчитанными показателями и метеорологическими данными в различные временные интервалы сухих периодов.

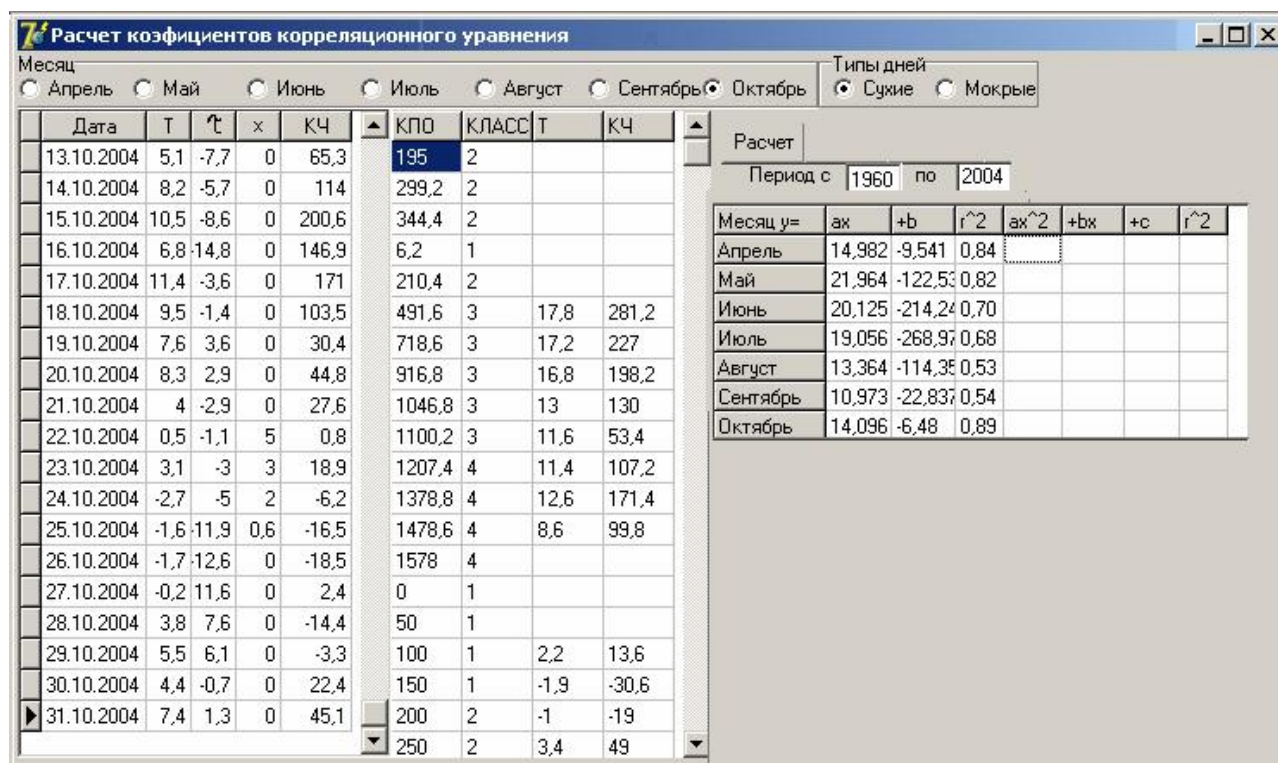


Рис. 3. Интерфейс модуля «Прогностические уравнения» метеостанции «Биробиджан».

Модуль “Метрологические характеристики” производит расчет характеристик на основе ранее рассчитанных корреляционных уравнений в модуле “Прогностические уравнения”. На каждый день рассчитывается среднее квадратичное отклонение изменения прогнозируемой величины за период заблаговременности прогноза $\sigma_{\Delta t}$, допустимая погрешность прогноза $\delta_{\text{доп},i}$, средняя квадратичная погрешность проверочных прогнозов S , оправдываемость прогнозов ρ .

Модуль “Краткосрочный прогноз” позволяет прогнозировать пожароопасность в течение трех дней на основе фактических и прогнозируемых метеоданных: средней дневной температуре и прогнозируемым осадкам (например, дождь, сильный дождь, без осадков) (

приведен на рис. 4). Необходимо предварительно проводить формализацию количества выпадения осадков (табл. 1)

	Средняя температура		Инт. осадков	КЧ	КП	КПО
1	30	27	1	117,355	1550,179	4
2	30	27	1	167,066	1470,759	7
3	30	31	1	211,774	1677,210	7
4	17	15	1	30,867	1400,06	7
5	22	24	1	122,732	1524,552	4
6	21	23	4	87,925	1537,777	3
7	17	17	1	34,867	1332,334	4
8	17	15	1	34,867	1377,45	4
9	19	21	4	60,111	1727,772	3
10	21	27	1	67,925	2116,757	7
11	21	23	5	81,925	1702,5	3
12	22	24	1	122,732	1907,77	2
13	20	21	4	73,898	1624,75	1
14	22	24	1	122,732	1667,207	2
15	30	27	1	117,355	4057,006	3
16	30	31	1	211,774	750,54	3
17	30	31	4	211,774	796,774	7
18	27	23	5	124,142	1367,416	3
19	27	23	4	124,142	1388,592	1
20	24	23	4	124,442	405,588	6
21	23	25	1	115,232	521,337	3
22	16	15	5	33,12	23,19	2
23	30	27	4	117,355	1414,68	1
24	30	27	1	117,355	399,722	2
25	32	24	1	117,355	469,419	3
26	38	31	1	211,774	187,388	2

Рис. 4. Получение краткосрочного прогноза метеостанции «Биробиджан» июнь 2004 года

Модуль “Долгосрочный прогноз” (климатологический аналоговый, и инерционный) производит прогноз показателей пожарной опасности по средним многолетним климатическим, по году-аналогу, или с учетом инерции погодных условий на каждый день пожароопасного сезона.

Таблица 1

Формализация интенсивности количества осадков

№ п.п	Синоптический термин интенсивности осадков	Количество осадков (мм /сут.)
1	Без осадков	0,0
2	Преимущественно без осадков, небольшие дожди	0,0 – 0,3
3	Дождь	0,4 – 4,0
4	Местами дожди, кратковременные дожди или местами кратковременные дожди	0,4 – 4,0
5	Временами дожди	0,4 – 4,0
6	Значительный дождь, сильный дождь	> 4,0

Модуль “Пространственный анализ” содержит основные элементы для ввода, вывода и анализа пространственных данных, представленные в виде территориального распределения метеорологических характеристик. В данном модуле с помощью географического ключа переносится информация с БД на электронную карту для выделения территорий, относящихся к определенному классу пожарной опасности. Преимуществом построения такой системы обработки является возможность оперативного изменения картографической информации при введении новых данных в БД и их аналитической обработки [3,4].

В разработанных нами ГИАС территория представляется в виде ОТЕ, размерность которых зависит от территории; точечными и полиномиальными объектами, определяющими метеостанции, и полигонами распределения показателей пожарной опасности. Анализ пожарной опасности проводился на основе оверлейных операций при использовании в качестве входных параметры нескольких растровых слоев; которые являются базовыми аналитическим функциями наложения тематической информации одного выбранного слоя на другой. Это позволяет создавать модели пространственного распределения качественных (КПО) и количественных (дневная температура воздуха, КЧ, КП) характеристик пожарной опасности по территории, используя разработанные алгоритмы пространственного анализа ОТЕ на основе операций обобщения данных пространственных объектов ГИС[5].

Для выполнения пространственных запросов используется среда программирования MapBasic для MapInfo Professional 6.5. Обработка атрибутивных данных осуществляется на основе интегрированных СУБД (Microsoft Access, Microsoft SQL Server, Oracle SQL Server, MySQL Server), и зависит от функциональных блоков ГИАС, отображающих различные методы оценки и анализа атрибутивных данных.

По разработанной программе составлены проверочные прогнозы в течение пожароопасного сезона 2004 г. на Среднем Приамурье (метеостанции Биробиджан, Хабаровск). За фактическую пожароопасность, по которой оценивался прогноз, принимались значения КЧ Нестерова (уравнение 1). Оценка эффективности прогноза выполнена на примере особо опасных сухих дней. На каждый прогнозный день рассчитана своя допустимая погрешность прогноза $\delta_{\text{доп}}$. Оценочные параметры рассчитывались по [7, 1] (пример приведен в табл. 2). Они позволяют считать используемую методику удовлетворительной согласно существующим критериям прогнозирования гидрометеорологических явлений на 3-5 дней [9].

**Метрологические характеристики методики краткосрочного (на 1-3 дня) прогноза
пожарной опасности по метеостанции «Биробиджан»**

Параметр	$\sigma_{\Delta i}$	$\delta_{\text{доп. } i}$	S	$S/\sigma_{\Delta i}$	$\rho, \%$
i + 1	110,48	74,48	91,58	0,81	0,6
i + 2	127,73	85,75		0,71	0,72
i + 3	132,90	89,50		0,69	0,72

Примечание: i + 1, i + 2, i + 3 – дни, на которые составляется прогноз.

Таким образом, разработанная ГИАС позволяет оценить пожарную опасность, проводить кратко – и долгосрочные прогнозы, выявлять территориальную динамику пожарной опасности в различные периоды, определять районы максимальной и минимальной горимости растительности, разрабатывать оптимальные схемы противопожарного мониторинга.

Работа выполнена при финансовой поддержке проекта ДВО РАН-ОНЗ «Социально-экономические и природные факторы возникновения и развития пожаров растительности на юге Дальнего Востока»

Литература

1. Бефани Н. Ф. Упражнения и методические разработки по гидрологическим прогнозам. — Л., Гидрометеиздат, 1965, 439 с.
2. Гарсиа-Молина. Г., Ульман Д., Уидом. Д. Системы баз данных: пер. с англ. — М.: Издательский дом «Вильямс», 2003. 1088 с.
3. Глаголев В. А., Коган Р. М. Использование ГИС для экологической оценки городской территории.// География и природные ресурсы. 2004 №4. с. 167-171
4. Глаголев В.А, Коган Р.М., Соколова Г. В. Методика автоматизированного прогноза пожарной опасности Приамурья и оценка ее эффективности.// Метеорология и гидрология (в печати)
5. Глаголев В.А., Коган Р.М., Фрисман Е.Я. Разработка геоинформационной системы анализа загрязнения территории на основе различных экологических и математических моделей.// Обозрение прикладной и промышленной математики т.12. Вып. 4. 2005

6. ДеМерс, Майкп Н. Географические информационные системы основы: пер. с англ. – М.:Дата +, 1999. 490 с.
7. Наставление по службе прогнозов. Прогнозы режима вод суши. – Л., ЦИП (Центральный институт прогнозов), 1962, Ч. 1, 157 с.
8. Нестеров В. Г. Горимость леса и методы ее определения. — Л.: Гидрометеоиздат, 1949, 76 с.
9. Руководство по гидрологическим прогнозам. Вып. 3. Прогнозы ледовых явлений на реках и водохранилищах. – Л.: Гидрометеоиздат, 1989, 290 с.