

Интернет-журнал «Наукоедение» ISSN 2223-5167 <https://naukovedenie.ru/>

Том 9, №5 (2017) <https://naukovedenie.ru/vol9-5.php>

URL статьи: <https://naukovedenie.ru/PDF/85TVN517.pdf>

Статья опубликована 09.11.2017

Ссылка для цитирования этой статьи:

Глаголев В.А., Баженов Р.И. Пространственный прогноз пожарной опасности растительности по метеорологическим условиям // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 9, №5 (2017) <https://naukovedenie.ru/PDF/85TVN517.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ.

УДК 630*43(571.621)

Глаголев Владимир Александрович

ФГБОУ ВО «Приамурский государственный университет имени Шолом-Алейхема», Россия, Биробиджан¹
Кандидат географических наук, доцент
E-mail: glagolev-jar@yandex.ru
РИНЦ: http://elibrary.ru/author_profile.asp?id=170273

Баженов Руслан Иванович

ФГБОУ ВО «Приамурский государственный университет имени Шолом-Алейхема», Россия, Биробиджан
заведующий кафедрой информационных систем, математики и методик обучения
Кандидат педагогических наук, доцент
E-mail: r-i-bazhenov@yandex.ru
ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2668-1142>
РИНЦ: http://elibrary.ru/author_profile.asp?id=642728
SCOPUS: <http://www.scopus.com/authid/detail.url?authorId=56285414900>

Пространственный прогноз пожарной опасности растительности по метеорологическим условиям

Аннотация. В настоящее время для районов с большой лесистостью и напряженными пожароопасными сезонами актуальна проблема оценки и прогнозирования лесопожарной ситуации, которая определяется многими параметрами, среди которых основными являются метеорологические условия. Для оценки и прогноза пожарной опасности растительности необходимо специализированное программное обеспечение, позволяющее осуществлять различные виды прогнозов и проверку их достоверности при обработке больших массивов метеоданных и материалов наземного и дистанционного зондирования. Использование интегрированных программных систем для оценки и прогноза пожарной опасности растительности территории позволяют оптимальным образом совместить базы метеорологических данных с технологией их обработки и оперативно получать информацию для решения проблем территориального управления противопожарной безопасностью.

Ключевые слова: пожарная опасность; информационная система; погодные условия; пространственный прогноз; базы данных; проектирование; разработка

Пожары растительности являются одним из опасных природных, а в последнее время природно-антропогенных, катастрофических процессов, влияющих на эколого-экономическое состояние значительных территорий. Мониторинг и своевременное тушение пожаров возможно при своевременной оценке и эффективном прогнозировании показателей пожарной

¹ 679015, г. Биробиджан, ул. Широкая, 70 а, каб. 305, «Кафедра Информатики и вычислительной техники»

опасности и вероятности возникновения пожаров; для этого требуется определенным образом организованная геоинформационная система (ГИС) оперативной обработки значительных массивов метеорологических данных и данных дистанционного зондирования.

Целью работы является разработка ГИС прогноза возникновения пожаров растительности, которая позволяет создавать карты распределения классов засухи и вероятности возникновения пожаров растительности. Система основана на детерминировано-вероятностной методике оценки пожарной опасности А. М. Гришина [2], и ее модификаций, предложенных А. И. Фильковым [11] и Н. В. Барановским [1] и авторских методиках прогноза показателей пожарной опасности [4, 5, 7]. Она позволяет производить выбор методики расчета показателей пожарной опасности для определенного типа климата; оценку текущей пожарной опасности по фактическим метеоданным; прогноз классов засухи по прогнозируемым погодным условиям, рассчитывать условную вероятность возникновения пожаров в определенный промежуток пожароопасного сезона в узлах регулярной сети, наложенной на территорию и создавать соответствующие электронные карты.

Для проектирования работы системы использован стандарт жизненного цикла ISO/IEC 12207: 1995 в виде диаграмм IDEF0-3 (Integration Definition Methodology) и DFD (Data Flow Diagrams) методологии структурного подхода SADT [12]. Входные данные содержат фактические и прогнозные метеоданные, электронные карты региона, данные о пожарах растительности. Выходные данные представлены в виде лесоохранных мероприятий, электронных карт прогноза возникновения пожаров растительности, отчетов прогноза показателей пожарной опасности различной заблаговременности (рис. 1).



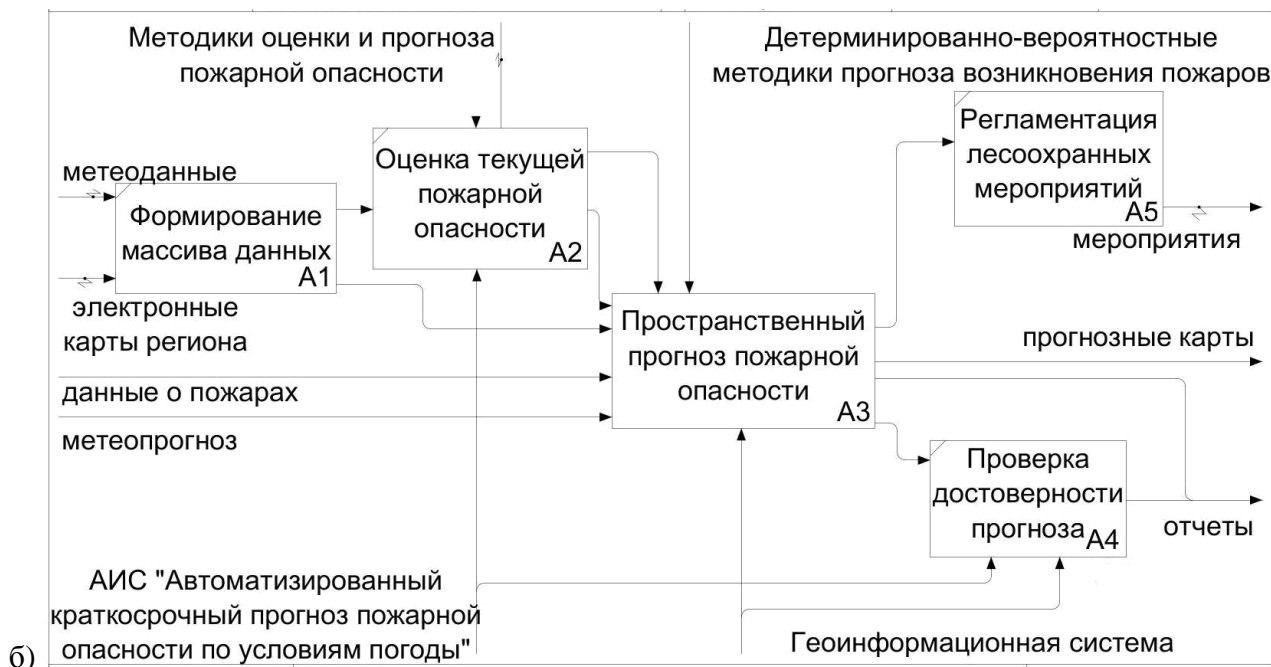


Рисунок 1. Главная диаграмма (а)

и ее декомпозиция (б) (источник: составлено (разработано) автором)

Данные «Управление» содержит методики оценки и прогноза пожарной опасности по условиям погоды и детерминировано-вероятностные методики прогноза возникновения пожаров растительности. Данные «Механизмы» включают в себя инструментальную геоинформационную систему MapInfo Professional, либо ESRI ArcView и информационную систему «Автоматизированный краткосрочный прогноз пожарной опасности по условиям погоды», разработанную в объектно-ориентированных средах программирования, например, MapBasic, Microsoft Visual Studio, Embarcadero RAD Studio 2010 и др. Для хранения массива данных используется система управления базами данных MySQL, MS SQLServer, Oracle SQL, MS Access и т. д.

При декомпозиции главной диаграммы получены следующие функциональные блоки: формирование массива данных; оценка текущей пожарной опасности; пространственный прогноз пожарной опасности; прогноз возникновения пожаров растительности при определенном классе засухи проверка достоверности прогноза; регламентация лесоохранных мероприятий.

В дочерней диаграмме содержатся четыре функциональных блока:

Блок I. «Формирование массивов данных»

Позволяет подготовить данные к хранению и обработке. На рис. 2. представлена физическая структура реляционной базы данных пожаров растительности. В центре находится таблица «Пожары растительности», которая взаимосвязана с граничными таблицами тематическим (id) и географическим (mapinfo_id) ключами.

Согласно рис. 2 создаются векторные слои:

- «Метеостанция»: данные о метеостанциях Хабаровского края и Еврейской автономной области (ЕАО), основные атрибуты объектов совпадают с атрибутами таблицы «Метеостанция» ИС «Автоматизированный краткосрочный прогноз пожарной опасности».

- «Пожары растительности». В этом содержатся следующие атрибуты по каждому пожару: дата обнаружения, обнаружитель, показатели пожарной опасности по условиям погоды, координаты и площадь пожара.
- «Квартальная сеть», основными атрибутивными данными являются рассчитанные значения вероятности возникновения пожаров при различных классах засухи. Декомпозицией сети определяется степенью масштабной детализации, которая должна удовлетворять следующим условиям: минимальная потеря информации и целостность зрительной интерпретации.
- Слои, использующиеся в качестве тематической организации подложек: гидрография (название рек); дорожная сеть (тип); населенные пункты (название, тип, численность жителей).

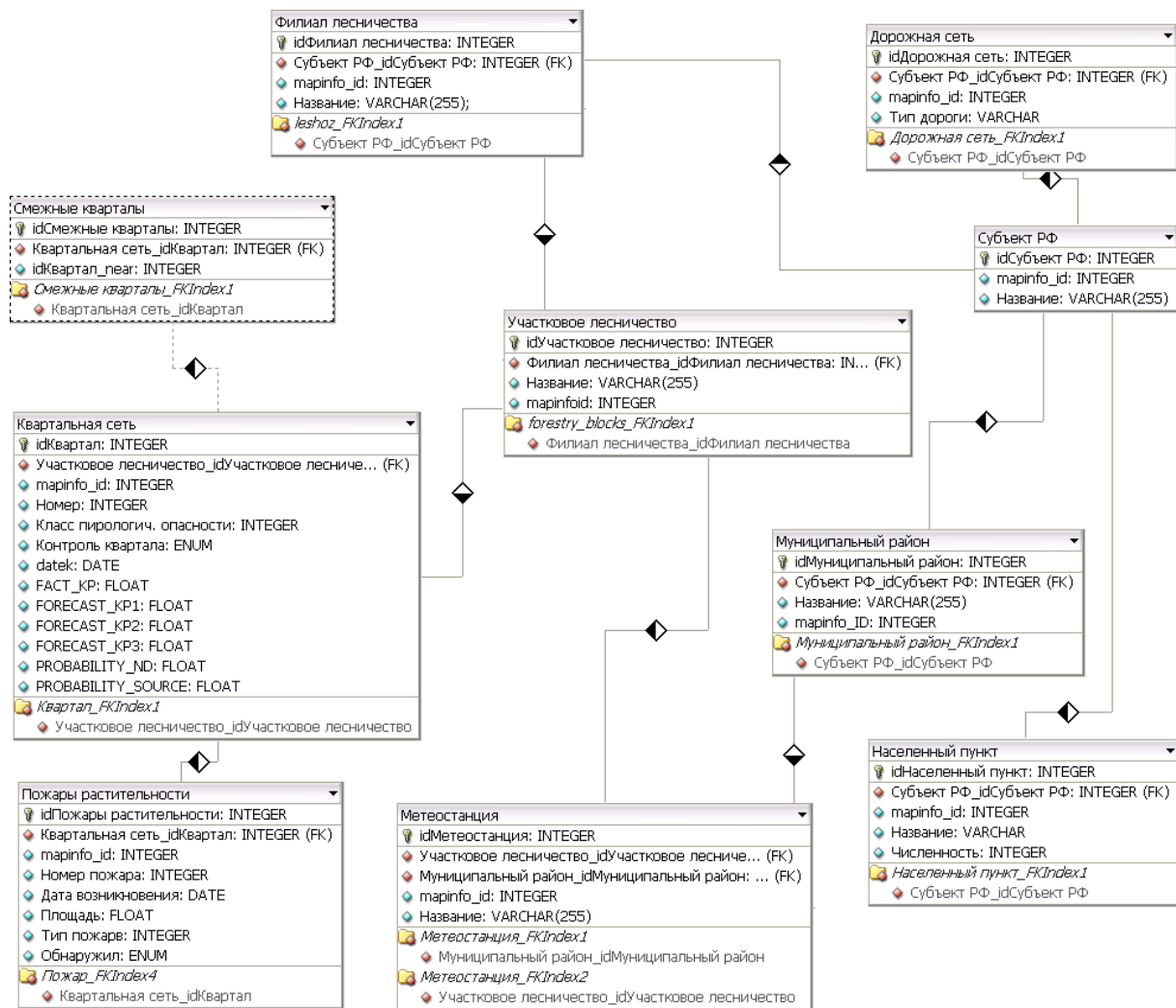


Рисунок 2. Логическая структура пространственной базы данных пожаров растительности (источник: составлено (разработано) автором на основе обработке данных о пожарах растительности [8, 9, 10])

Блок II. «Оценка текущей пожарной опасности»

Производится расчет лесопожарного показателя засухи и комплексного показателя с помощью различных методик [7, 8].

Блок III. «Пространственный прогноз показателей пожарной опасности и возникновения пожаров»

Бизнес-процессы реализуются в два этапа:

- прогнозируются показатели пожарной опасности по данным каждой метеостанции;
- производится пространственный прогноз рассчитанных показателей и возможного возникновения пожаров в периоды (или дни) с определенным классом пожарной опасности.

Алгоритмы пространственного прогноза показателей пожарной опасности реализованы расширением модуля ГИС. Новый алгоритм включает нахождения показателя в каждом квартале лесхоза на день оценки и прогноза по данным ближайших метеостанций в пределах 30 км, либо в случае их большой удаленности интерполированием расчетных показателей по данным смежных метеостанций.

Для реализации подсистемы расчета вероятности возникновения пожаров растительности нами модифицирована детерминированно-вероятностная методика А. М. Гришина [1, 2, 11]. Вероятность возникновения пожаров $F(B)$ в j -ом квартале лесхоза на каждый i -ый день пожароопасного сезона рассчитывается с учетом природных и природно-антропогенных факторов:

$$F_{i,j}(B) = \begin{cases} F_{i,j}(C) [(F_{i,j}(N)F_{i,j}(B/N) + F_{i,j}(M)F_{i,j}(B/M))] & \text{при } R_N \leq R_{cr} \\ F_{i,j}(C) [(F_{i,j}(D)F_{i,j}(B/D) + F_{i,j}(M)F_{i,j}(B/M))] & \text{при } R_N > R_{cr} \end{cases} \quad (1)$$

где: $F_{i,j}(C)$ – вероятность возгорания растительности, при определенном значении показателя пожарной опасности (событие C); $F_{i,j}(N)$ – вероятность появления антропогенного источника в квартале со стороны населенного пункта (событие N); $F_{i,j}(D)$ – вероятность появления антропогенном источника от примыкающих железных и автомобильных дорог (событие D); $F_{ij}(B/N)$, $F_{ij}(B/B)$ – вероятность возгорания вследствие появления антропогенного источника огня от населенных пункта (событие A) и дорожной сети (событие U); $F_j(M)$ – вероятность появления природного источника (молний) (событие M); $F_{ij}(M/B)$ – вероятность возгорания вследствие появления природного источника огня (событие S).

Вероятность появления события C в j -ом квартале определяется согласно шкале пирологической пожарной опасности участков, предложенной Т. В. Костыриной и Г. П. Телициным для территории Хабаровского края [10]. Вероятность появления событий A , U и S находится по статистическим данным наземного мониторинга за лесными пожарами. Вероятность появления событие N и D нами определяется на основе распределения расстояний пожаров растительности и их удаленности от населенного пункта или дорожной сети в пределах 10 км.

Блок IV. «Проверка достоверности прогноза показателей и вероятности появления пожара»

На каждый день рассчитывается среднее квадратичное отклонение изменения прогнозируемой величины за период заблаговременности прогноза $\sigma_{\Delta i}$, допустимая погрешность прогноза $\delta_{\text{доп},i}$, средняя квадратичная погрешность проверочных прогнозов S и их

оправдываемость ρ . Достоверность распределения классов пожарной опасности на каждый день прогноза оценивается по методике А. В. Каца [7], пожаров растительности производится на основе совпадения фактических данных по дате и месте их возникновения и вероятности прогнозирования в каждом квартале.

Блок V. «Регламентация лесоохранных мероприятий»

Осуществляет выбор противопожарных мероприятий в зависимости от прогнозируемого класса пожарной опасности и условной вероятности возникновения пожаров растительности, например, для авиалесоохраны определяется количество ежедневных вылетов по заданному маршруту для мониторинга пожароопасной обстановки на охраняемой территории.

ГИС использована для анализа территории Дальнего Востока России (ДВР). Пространственная база данных представлена векторными слоями в проекции Пулково 1942 и содержит ежедневные векторизированные объекты лесных и нелесных пожаров, по материалам КГУ «ДВ авиабаза» 1970–2009 гг., ОГБУ «Лесничество ЕАО» за период с 1997 по 2015 г., и по космоснимкам с сайтов NASA (<http://rapidfire.sci.gsfc.nasa.gov>) [9] и ФАЛХ «Авиалесоохрана» (<http://aviales.ru>) [3]. Погодные условия учитываются по 27 гидрометеостанциям ДВР: температура воздуха (13–15 ч местного времени), температура точки росы и суточные количества осадков (с 9 утра предыдущего до 9 утра данного дня) с 1960 по 2015 г. и прогнозные данные с сайтов ГУ Гидрометцентра России (<http://meteoinfo.ru>) и ИКИ РАН (<http://meteo.infospace.ru>).

По созданным электронным картам возможные возгорания от антропогенных источников огня наблюдается в 909 кварталах, расположенных вблизи населенных пунктов и дорог в пределах 10 км. При этом в трех лесхозах области (Биробиджанском, Бирском, Ленинском) сосредоточено 66 % кварталов в которых имели место пожары и сосредоточено наибольшее количество кварталов (42 квартала) с высокой вероятностью возгорания, т. е. больше 0,5.

Верификация методики, производилась в выбранные дни (начало обнаружения лесных пожаров) пожароопасного сезона 2010 года. В результате анализа было составлено 43 проверочных пространственно-временных прогноза вероятности возникновения пожаров с учетом фактических погодных условий. Ожидаемое возникновение антропогенных источников огня оправдалось в 49 % случаев. 64 пожара из 126 не зафиксированы, что связано с тем, что во многих кварталах вероятность появления пожара равнялась нулю т. е. в нем и рядом смежных кварталах не было предшествующих лесных пожаров по статистическим данным за рассматриваемый временной период.

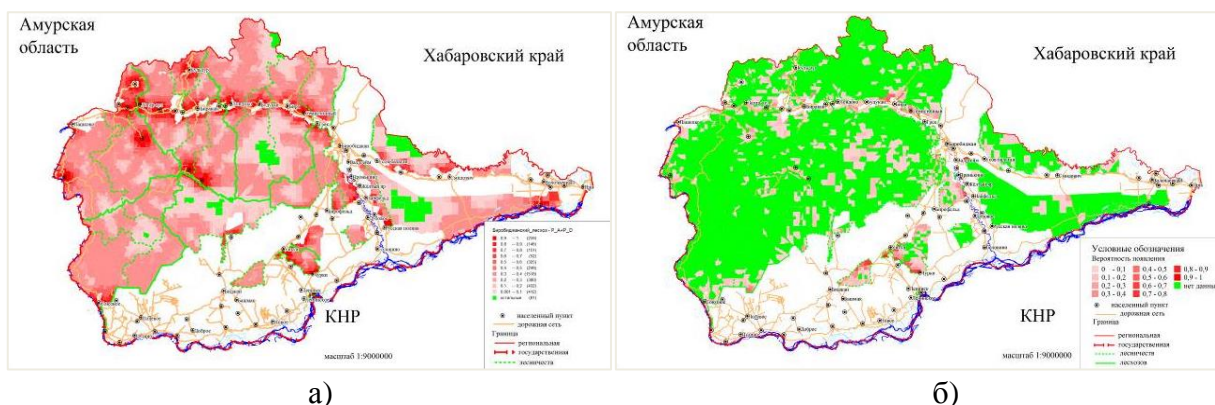


Рисунок 3. *Карты вероятности возникновения пожаров на 17.10.2010 (а) и на октябрь 2010 г. (б) на территории Еврейской автономной области (источник: составлено (разработано) автором [7])*

Сравнение восстановленных значений комплексных показателей 2010 года в центре каждого горельника на дату возникновения пожара с критическими значениями горения растительных горючих материалов горельника по шкале Г. В. Костыриной выявили высокую достоверность прогноза (86 ± 6 %) при 0,95 вероятности [6, 10] (табл. 1). При краткосрочном прогнозе достоверность незначительно уменьшалась от 82 ± 7 % до 78 ± 7 %, но остается достаточно высокой, что подтверждает точность разработанной нами методики краткосрочного прогноза.

Таблица 1

Достоверность прогноза пожаров растительности по погодным и лесорастительным условиям в Биробиджанском лесхозе (источник: составлено (разработано) автором на основе статистической обработки данных о пожарах растительности [6])

№	Степень пирологической пожароопасности основных растительных формация	I	II	III	IV	I-IV	
1	Фактическое количество пожаров	24	40	47	14	125	
2	Расчетное количество пожаров	21	33	44	10	108	
3	Достоверность, % (вероятность 0.95)	Текущий день	88 ± 14	83 ± 12	94 ± 7	71 ± 26	86 ± 6
		1-ый день прогноза	88 ± 14	85 ± 11	85 ± 10	57 ± 29	82 ± 7
		2-ый день прогноза	88 ± 14	88 ± 11	77 ± 12	57 ± 29	79 ± 7
		3-ый день прогноза	88 ± 14	85 ± 11	77 ± 12	50 ± 29	78 ± 7

Прогнозы, составленные по методике Г. П. Телицина [6, 10], также можно считать успешными, однако в предложенном им статистическом коэффициенте учитывается возможность возгорание одно и того же типа растительности при заданом минимальном значении комплексного показателя, а в случаи высоких значений показателя не рассматриваются.

Таким образом, созданная ГИС позволяет удовлетворительно прогнозировать вероятность возникновения пожаров растительности по условиям погоды и антропогенной нагрузки со стороны населенных пунктов и дорожной сети, выделять наиболее опасные сезоны и периоды.

ЛИТЕРАТУРА

1. Барановский Н. В., Гришин А. М., Лоскутникова Т. П. Информационно-прогностическая система определения вероятности возникновения лесных пожаров / Н. В. Барановский, А. М. Гришин, Т. П. Лоскутникова // Вычислительные технологии. – 2003. – Т. 8, № 2. – С. 16-26.
2. Гришин А. М. О математическом моделировании природных пожаров и катастроф // А. М. Гришин // Вестник Томского государственного университета. – 2008. – Т. 2(3). – С. 105-114.
3. Ершов Д. В. Российская система спутникового мониторинга лесных пожаров / Д. В. Ершов, Г. Н. Коровин, Е. А. Лупян, А. А. Мазуров, С. А. Тащилин // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2004. – Вып. 1, Т. 1. – С. 47-57.
4. Здерева М. Я. Среднесрочный прогноз пожарной опасности в лесах по метеорологическим условиям / М. Я. Здерева, М. В. Виноградова // Метеорология и гидрология. – 2009. – №1. – С. 16-27.
5. Сверлова Л. И. Метод оценки пожарной опасности в лесах по условиям погоды / Л. И. Сверлова. – Хабаровск: ОПП краев. ком. гос. статистики, 1998. – 32 с.
6. Сикан А. В. Методы статистической обработки гидрометеорологической информации / А. В. Сикан. – СПб.: Изд-во РГГМУ, 2007. – 279 с.
7. Соколова Г. А. Методика автоматизированного прогноза пожарной опасности Приамурья и оценка ее эффективности / Г. А. Соколова, Р. М. Коган, В. А. Глаголев // Гидрология и метеорология. – 2006. – №12. – С. 45-53.
8. Софронов М. А. Пирологическое районирование в таежной зоне / М. А. Софронов, А. В. Волокитина. – Новосибирск: Наука, 1990. – 203 с.
9. Спутниковый мониторинг лесных пожаров в России. Итоги. Проблемы. Перспективы: Аналит. обзор / СО РАН. ИОА. ГПНТБ; Ред. В. В. Белов. – Новосибирск, 2003. – 135 с.
10. Телицын Г. П. Лесные пожары, их предупреждение и тушение в Хабаровском крае / Г. П. Телицын. – Хабаровск: ДальНИИЛХ, 1988. – 93 с.
11. Фильков А. И. О геоинформационной системе прогноза лесной пожарной опасности / А. И. Фильков, А. М. Гришин // Экологические системы и приборы. – 2004. – № 8. – С. 26-28.
12. Integration definition for function modeling (IDEFO). Draft Federal Information Processing Standards Publication 183, 1993 December 21.

Glagolev Vladimir Aleksandrovich

Sholom-Aleichem Priamursky state university, Russia, Birobidzhan
E-mail: glagolev-jar@yandex.ru

Bazhenov Ruslan Ivanovich

Sholom-Aleichem Priamursky state university, Russia, Birobidzhan
E-mail: r-i-bazhenov@yandex.ru

Spatial prediction of fire danger of vegetation weather conditions

Abstract. Currently, areas with high forest cover and intense fire seasons the actual problem of estimation and forecasting the forest fire situation which depends on many parameters, among which are the weather conditions. To assess and forecast fire danger you need specialized software that allows to implement various types of forecasts and verifying their reliability in the processing of large amounts of meteorological data and ground and remote sensing. The use of integrated software systems for estimating and forecasting fire risk vegetation areas enable optimal base to combine meteorological data with the technology of their processing and quickly obtain information for solving problems of territorial management of fire safety.

Keywords: fire hazard; information system; weather conditions; spatial prediction; database; design; development