

УДК 614.841.31:311.4::004.62

д-р техн. наук, проф. Татур М.М., Проровский В.М., канд. техн. наук,  
доц. Иваницкий А.Г.\*, Ходин М.В.\*\*

## ПОДХОДЫ К ПОСТРОЕНИЮ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ПОЖАРОВ

*Учреждение образования «Белорусский государственный университет  
информатики и радиоэлектроники», г. Минск*

*\*Государственное учреждение образования «Университет гражданской защиты  
Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь», г. Минск*

*\*\*Учреждение «Научно-исследовательский институт  
пожарной безопасности и проблем чрезвычайных ситуаций»  
МЧС Республики Беларусь, г. Минск*

Целью работы является выработка требований и подходов к построению информационной системы прогнозирования возникновения пожаров с использованием технологий машинного обучения.

*Ключевые слова:* пожар, интеллектуальный анализ, системный анализ, машинное обучение, статистика, прогнозирование.

**Grand Ph.D. (Tech.), Prof. M.M. Tatur, V.M. Prorovsky,  
Ph.D. (Tech.), Assoc. Prof. A.G. Ivanitski\*, M.V. Hodin\*\***

## APPROACHES TO BUILDING AN INFORMATION SYSTEM FOR FIRE PREDICTION

*The educational establishment «Belarusian state university  
of informatics and radioelectronics», Minsk*

*\*State educational establishment «University of civil protection of the Ministry for  
emergency situations of the Republic of Belarus», Minsk*

*\*\*The establishment «Research institute of fire safety and emergencies»  
of the Ministry for emergency situations of the Republic of Belarus, Minsk*

The aim of the work is to develop requirements and approaches to information system design for predicting the occurrence of fires using machine learning technologies.

*Keywords:* fire, data mining, systems analysis, machine learning, statistics, forecasting.

### **Введение**

Изучение показателей ведомственной статистики Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь (далее – МЧС) [1, 2] показывает, что обстановка с пожарами в городах и сельских насе-

ленных пунктах республики остается сложной.

В 2021 году в сравнении с 2020 годом количество пожаров увеличилось с 6071 до 6256 (3,0 %, +185). Отмечено также увеличение числа погибших на пожарах

людей с 633 до 672 (6,2 %, +39). Пожары в 2021 году составили 99,7 % от числа всех произошедших чрезвычайных ситуаций в Беларуси.

Управление любым объектом или процессом в деятельности аварийно-спасательных служб и надзорных органов предполагает постоянное принятие решений на основании большого объема хранимой и обрабатываемой информации, что требует непрерывного совершенствования подходов к прогнозированию обстановки с пожарами.

В настоящее время МЧС Беларуси сбор основного объема информации о пожарах и их последствиях обеспечивается за счет программного комплекса учета и анализа ЧС [3].

Предпосылками отраслевой цифровизации МЧС являются большой объем хранимой и обрабатываемой информации, потребности в инновационных решениях, которые могут быть реализованы на основе цифровой трансформации в целях оптимизации бизнес-процессов, сокращении расходов и т.д.

Выработка подходов к построению информационной системы прогнозирования возникновения пожаров является одним из компонентов, повышающих уровень цифровизации в деятельности МЧС.

Вопросы применения отдельных моделей и алгоритмов для целей прогнозирования возникновения пожаров детально рассмотрены в [4–6].

### **Основная часть**

Настоящая концепция представляет собой определение основных положений, требований и источников данных, которых целесо-

образно придерживаться и использовать при разработке типовых информационных систем прогнозирования пожаров для деятельности аварийно-спасательных служб и надзорных органов.

В настоящее время МЧС эксплуатирует ведомственные программные комплексы, программные средства и базы данных, аккумулирующие сведения о пожарах и их последствиях на различных этапах (оперативный и статистический учет) и по различным категориям учетных событий (пожары в населенных пунктах, загорания, природные пожары и загорания и т.д.), что дает возможность применения современных технологий прогнозирования, базирующихся на методах машинного обучения.

В настоящее время разработано и продолжает разрабатываться множество математических моделей прогнозирования пожаров, их возможных последствий, которые могут быть эффективно интегрированы с существующими ведомственными учетными системами.

Наличие достоверного прогноза позволяет оценить угрозу людям, объектам экономики и населенным пунктам в целом, принять необходимые меры по предупреждению возникновения условий возникновения пожаров, снижению ущерба, осуществлять планирование профилактической деятельности.

Информационную систему прогнозирования целесообразно выполнять в виде отдельной, независимой подсистемы, входящей в состав корпоративной информационной системы МЧС.

Информационная прогнозная система должна быть реализована в виде отдельного, специального независимого программного средства или комплекса средств. Рекомендуется выполнять его на базе сетевых технологий для обеспечения единой точки входа в систему и консистентности данных и методов их обработки. Это позволит упростить процесс прогнозирования, повысить оперативность расчетов и представления результатов прогнозирования работниками, не обладающими специальными знаниями.

Информационная система (далее – ИС) прогнозирования пожаров должна представлять совокупность:

- источников данных о произошедших пожарах, их обстоятельствах и последствиях;

- внутреннего банка данных ИС, предназначенного для хранения обработанных исходных данных и результатов анализа и прогнозирования;

- математических методов и моделей;

- программных средств, предназначенных для обработки, анализа и прогнозирования.

В целях обеспечения возможности применения разработанных методов и моделей прогнозирования, автоматизации работы с поступающими данными, сохранения и пред-

ставления результатов прогнозирования, необходимых для принятия соответствующих управленческих решений, необходимо выполнить проектирование и разработку ИС прогнозирования.

Разработка ИС прогнозирования предполагает выполнение ряда задач, реализующих различные этапы, определенные методологиями CRISP-DE или SEMMA для интеллектуального анализа данных [7].

Это предполагает решение следующих основных задач:

- определить основные функции системы прогнозирования, сформировав на основе этого функциональную и структурную схемы ИС;

- выполнить программную реализацию ИС.

Функциональная схема ИС прогнозирования пожаров, ориентированная на основные источники ведомственных данных, представлена на рисунке. Основными функциональными составляющими системы должны являться:

- модуль импорта данных;
- модуль предварительной обработки;
- модуль анализа;
- модуль прогнозирования с модулем оценки точности;
- банк данных;
- модуль визуализации;
- модуль вывода отчетов.

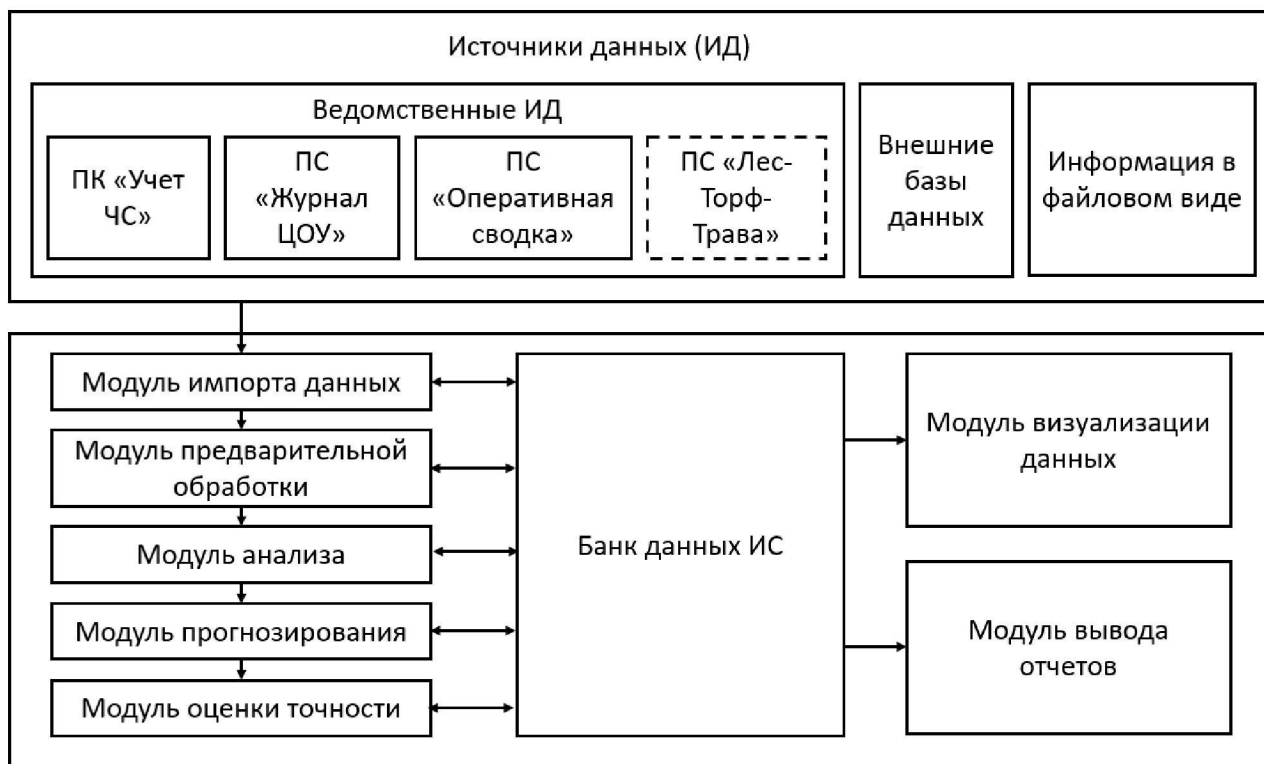


Рисунок. – Функциональная схема ИС прогнозирования пожаров

В модуле импорта данных реализуются такие функции, как подключение к различным источникам данных и загрузка значений необходимых показателей, предварительно отфильтрованных по временным диапазонам

В модуле предварительной обработки осуществляется первичная обработка и ввод исходных данных для прогнозирования, нормализация данных, фильтрация значений, поиск и устранение аномалий, группировка данных, разведочный анализ, создание новых наборов данных путем комбинирования информации из нескольких источников, разбиение данных на обучающую и тестирующую выборки.

Модуль анализа должен обеспечивать выявление закономерностей и тенденций, оценку значимости показателей, понижение размерности данных и т.д.

Модуль прогнозирования должен функционировать на основе реализованных в ИС моделей прогнозирования. В качестве одного из исходных параметров обязательно должно быть значение горизонта прогнозирования. В данном модуле осуществляется расчет прогнозных значений в соответствии с используемыми моделями. В целях повышения точности и оперативности модуль должен поддерживать применение моделей и методов машинного обучения (временные ряды, деревья решений, градиентный бустинг, метод опорных векторов и т.п.)

Оценка точности и достоверности прогнозных результатов должна осуществляться в модуле оценки точности, который должен поддерживать различные метрики и методы оценки.

В модуле визуализации должна быть реализована возможность гра-

фического представления данных на различных этапах работы (обработка, анализ, прогнозирование, оценка результатов прогнозирования).

В модуле построения отчетов должны формироваться выходные документы в одном или нескольких стандартных форматах (.pdf, .xlsx и т.д.).

В качестве источников данных ИС предполагает получение информации из существующих на данный момент программных средств и комплексов различными способами через:

прямое подключение к их СУБД;

прикладные программные интерфейсы;

обработку файлов выходных форматов в автоматическом, полуавтоматическом и ручном режимах.

Для вновь разрабатываемых (или модернизируемых) предметных баз данных и программных средств, содержащих информацию, которая может быть использована для прогнозирования пожаров, рекомендуется предусматривать механизмы экспорта данных для ИС прогнозирования.

Для внешних баз данных (например, метеорологических показателей) должна быть предусмотрена возможность загрузки из файлов как минимум одного типового формата (.csv, .xlsx и т.д.).

Поиск оптимального варианта прогноза должен осуществляться путем выбора оптимальной прогнозной модели или метода на основе показателей точности и достоверности.

Для обеспечения работы ИС должны быть подготовлены:

методика работы с системой;

описание ее состава и структуры, особенностей установки и функционирования;

руководство пользователя;

рекомендации по устранению ошибок.

Пользователь ИС, используя элементы обратной связи, должен иметь возможность влиять на параметры прогнозных моделей, тем самым повышать качество и корректность формируемых решений.

Использование разработанной ИС прогнозирования должно позволять значительно облегчить процесс прогнозирования, повысить точность, интерпретируемость, оперативность расчетов и представления результатов прогнозирования работниками аварийно-спасательных служб.

### Заключение

1. В статье рассмотрены подходы и основные требования, которые целесообразно учитывать при построении ИС прогнозирования возникновения пожаров.

2. Разработана функциональная схема ИС, представляющая основные модули и их связи.

3. Приведена детализация требований к основным модулям системы.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Сведения о чрезвычайных ситуациях за 2020 год // МЧС Республики Беларусь : официальный веб-сайт [Электронный ресурс]. – Минск, 2022 – Режим доступа : [https://mchs.gov.by/upload/iblock/d68/chs\\_2020.docx](https://mchs.gov.by/upload/iblock/d68/chs_2020.docx). – Дата доступа : 10.04.2021.

2. Сведения о чрезвычайных ситуациях за 2021 год // МЧС Респуб-

лики Беларусь : официальный веб-сайт [Электронный ресурс]. – Минск, 2022 – Режим доступа : [https://mchs.gov.by/upload/iblock/d7d/chs\\_2021-\\_na-11.02.2022\\_.docx](https://mchs.gov.by/upload/iblock/d7d/chs_2021-_na-11.02.2022_.docx). – Дата доступа : 10.04.2021.

3. Разработать программный комплекс сбора и анализа информации о чрезвычайных ситуациях и их последствиях: отчет о НИР (заключ.) / В.М. Проровский [и др.]. Науч.-исслед. ин-т пожар. безопасности и проблем чрезвычайн. ситуаций МЧС Респ. Беларусь, – Минск, 2017. – 54 с. – № ГР 20163551. – Деп. в БелИСА 04.07.2018, № Д201828.

4. Татур, М.М. Анализ временных рядов как элемент процесса интеллектуального анализа данных обстановки с техногенными пожарами / М.М. Татур, А.Г. Иваницкий, В.М. Проровский // Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация. – 2021. – № 21 (49). – С. 56–68.

5 Tatur, M. M. Exploratory analysis of the fire statistics using automatic time series decomposition / М.М. Татур, V.M. Prorovsky, A.G. Ivanitskiy, M. Kvassay // Information and Digital Technologies 2021: Proc. of the Intern. Conf., 22-24 June 2021, Zilina, Slovakia, ed. J. Rabcan [et al.]. – Zilina: University of Zilina, 2021. – P. 158–161.

6. Татур, М. М. Сравнение точности алгоритмов автоматического машинного обучения при прогнозировании обстановки с пожарами на объектах жилого сектора / М. М. Татур, В. М. Проровский, А. Г. Иваницкий, М.В. Ходин // Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация. – 2021. – № 22 (50). – С. 61–70.

7. Azevedo, A. KDD, SEMMA and CRISP-DM: A parallel overview [Electronic resource] / A. Azevedo, M. Santos // IADIS Multi Conf. on Computer Science and Information Systems, Amsterdam, 22-27 July 2008 / Intern. Assoc. for Development of the Inform. Soc.; Associate Ed.: Luís Rodrigues and Patrícia Barbosa. – Amsterdam, 2008. – P. 182–185.

## REFERENCES

1. Svedeniya o chrezvychajnyh situacijah za 2020 god // MCHS Respubliki Belarus' : oficial'nyj veb-sajt [Elektronnyj resurs]. – Minsk, 2022 – Rezhim dostupa : [https://mchs.gov.by/upload/iblock/d68/chs\\_2020.docx](https://mchs.gov.by/upload/iblock/d68/chs_2020.docx). – Data dostupa : 10.04.2021.

2. Svedeniya o chrezvychajnyh situacijah za 2021 god // MCHS Respubliki Belarus' : oficial'nyj veb-sajt [Elektronnyj resurs]. – Minsk, 2022 – Rezhim dostupa : [https://mchs.gov.by/upload/iblock/d7d/chs\\_2021-\\_na-11.02.2022\\_.docx](https://mchs.gov.by/upload/iblock/d7d/chs_2021-_na-11.02.2022_.docx). – Data dostupa : 10.04.2021.

3. Razrabotat' programmnyj kompleks sbora i analiza informacii o chrezvychajnyh situacijah i ih posledstviyah: otchet o NIR (zaklyuch.) / V.M. Prorovskij [i dr.]. Nauch.-issled. in-t pozhar. bezopasnosti i problem chrezvychajn. situacij MCHS Rесп. Belarus', – Minsk, 2017. – 54 s. – № GR 20163551. – Dep. v BelISA 04.07.2018, № D201828.

4. Tatur, M.M. Analiz vremennyh ryadov kak element processa intelektual'nogo analiza dannyh obstanovki s tekhnogennymi pozharami / М.М. Татур, А.Г. Иванский, V.M. Prorovskij // Чрезвычайные ситуации:

preduprezhdenie i likvidaciya. – 2021. – № 21(49). – S. 56–68.

5. Tatur, M. M. Exploratory analysis of the fire statistics using automatic time series decomposition / M.M. Tatur, V.M. Prorovsky, A.G. Ivanitskiy, M. Kvassay // Information and Digital Technologies 2021: Proc. of the Intern. Conf., 22-24 June 2021, Zilina, Slovakia, ed. J. Rabcan [et al.]. – Zilina: University of Zilina, 2021. – P. 158–161.

6. Tatur, M. M. Sravnenie tochnosti algoritmov avtomaticheskogo mashinnogo obucheniya pri prognozirovanii obstanovki s pozharami na ob"ektah zhilogo sektora / M. M. Tatur, V. M. Prorovskij, A. G. Ivanickij, M.V. Hodin // CHrezvychn. situacii: preduprezhdenie i likvidaciya. – 2021. – № 22 (50). – S. 61–70.

7. Azevedo, A. KDD, SEMMA and CRISP-DM: A parallel overview [Electronic resource] / A. Azevedo, M. Santos // IADIS Multi Conference on Computer Science and Information Systems, Amsterdam, 22-27 July 2008 / Intern. Assoc. for Development of the Inform. Soc.; Associate Ed.: Luís Rodrigues and Patricia Barbosa.– Amsterdam, 2008. – P. 182–185.

