

05.13.00 «Информатика, вычислительная техника и управление»

УДК 004.891.2

Информационная система поддержки принятия решений подразделениями МЧС России при угрозе природных пожаров

Information Decision Support System units EMERCOM of Russia under the threat of wildfires

В.С. Коморовский

канд. техн. наук

Сибирский государственный технологический университет

komorovski.w@mail.ru

V.S. Komorovsky

Candidate of Engineering Sciences

Siberian State Technological University

Аннотация:

Работа посвящена проблеме разработки интеллектуальной системы поддержки принятия решений при наличии угрозы населенным пунктам и другим объектам защиты. Система разработана с целью автоматизации деятельности центров управления в кризисных ситуациях региональных центров МЧС России.

Ключевые слова: система поддержки принятия решений, природные пожары, МЧС России.

Abstract:

The development of decision support system for wildfire threat cases is considered. The information system has been developed for crisis management departments of Russia Emercom.

Key words: decision support system, wildfires, the Russian Emergencies Ministry.

Введение

Из года в год проблема природных пожаров остается актуальной. Несмотря на предпринимаемые усилия, сумма прямого и косвенного ущерба от пожаров составляет миллиарды рублей. Помимо объективных причин сохранения острой пожарной обстановки, существуют проблемы, связанные с несовершенством законодательства и ведомственной раздробленностью между организациями, ответственными за борьбу с природными пожарами:

Одной из таких организаций является Министерство Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий (МЧС России). Вопреки распространенному убеждению, МЧС России не обязано тушить все без исключения природные пожары. В компетенцию данного ведомства входят только те пожары, которые представляют непосредственную угрозу населенным пунктам и другим объектам защиты. В настоящее время полуофициально считается, что непосредственная угроза объекту защиты возникает, когда природный пожар приблизился на 5 километров или ближе. Такая трактовка понятия «непосредственная угроза» порождает

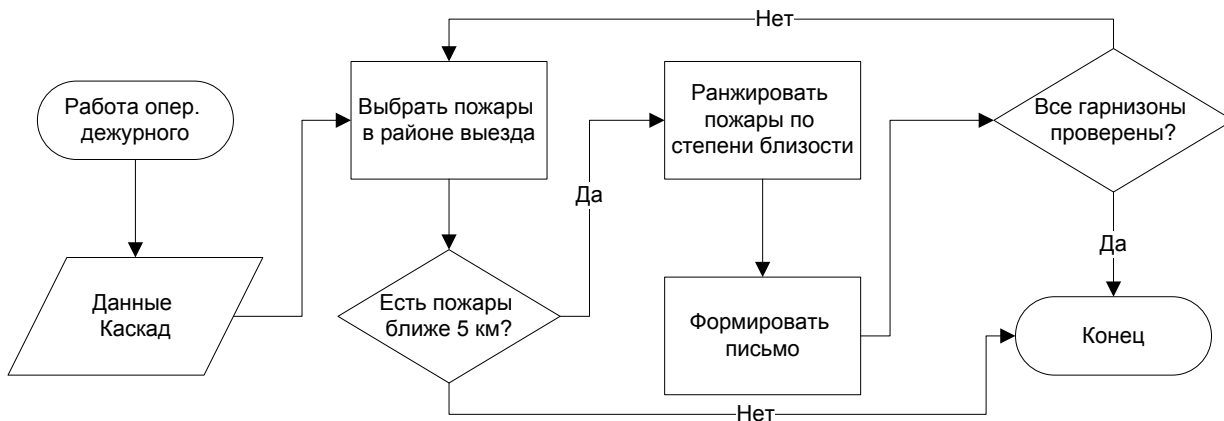


Рис. 1. Схема работы оперативного дежурного

не только споры и административно-правовые коллизии, но и ведет к реальному ущербу и даже человеческим жертвам.

В системе МЧС России существуют специальные подразделения, предназначенные для оперативного управления силами и средствами Единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций, гражданской обороны в условиях кризисов и чрезвычайных ситуаций с использованием возможностей автоматизированных систем и современных технологий. Это так называемые Центры управления в кризисных ситуациях (ЦУКС) региональных центров МЧС России. В данных подразделениях осуществляется аккумулирование информации мониторинга пожаров и выработка решений по применению сил и средств на ликвидацию природных пожаров. Автоматизации деятельности данных подразделений в части принятия решений по локализации и тушению природных пожаров посвящена данная работа.

Процесс принятия решений в подразделениях МЧС России

Основным источником информации о природных пожарах для МЧС России является собственная система дистанционного мониторинга «Каскад». Дополнительным источником являются данные информационной системы дистанционного мониторинга природных пожаров ИСДМ-Рослесхоз. Дополнительно используются данные о метеорологической обстановке, наличии сил и средств, как из источников МЧС России, так и со сторонних ресурсов. Ситуация осложняется тем, что информационные ресурсы МЧС России работают в специальной внутренней сети, которая (по крайней мере, официально) напрямую не коммутируется с сетью Интернет.

Работа специалиста – оперативного дежурного ЦУКС, в течение пожароопасного сезона заключается в ежедневном мониторинге системы «Каскад», дополнительных информационных ресурсов и формировании множества ранжированных списков природных пожаров для каждого гарнизона (отряда, либо другого подразделения) государственной противопожарной службы. Далее, эти списки рассылаются по электронной почте в гарнизоны. Также оперативный дежурный аккумулирует обратную связь – отчеты гарнизонов по выполненным мероприятиям. В случае наступления чрезвычайной ситуации, связанной с пожарами, круг этих обязанностей расширяется, но здесь мы эту ситуацию рассматривать не будем. Максимально упрощенно, алгоритм работы оперативного дежурного приведен на рис.1.

В работе оперативного дежурного существуют следующие проблемы:

1. Перенос данных из сети Интернет во внутреннюю сеть. При необходимости каких-либо уточнений, например погодных данных, приходится переносить данные вручную.
2. Выбор пожаров в районе выезда. В настоящее время, система «Каскад» автоматически выбирает пожары в пятикилометровой зоне населенных пунктов. Соотнесение с конкретными гарнизонами пожарной охраны происходит вручную.
3. Выбор критериев опасности пожара для ранжирования. Единственный критерий, который в настоящий момент может быть обработан автоматически – это близость пожара к населенному пункту. Для составления прогнозов развития пожара используется стороннее программное обеспечение, требующее ручного ввода данных.

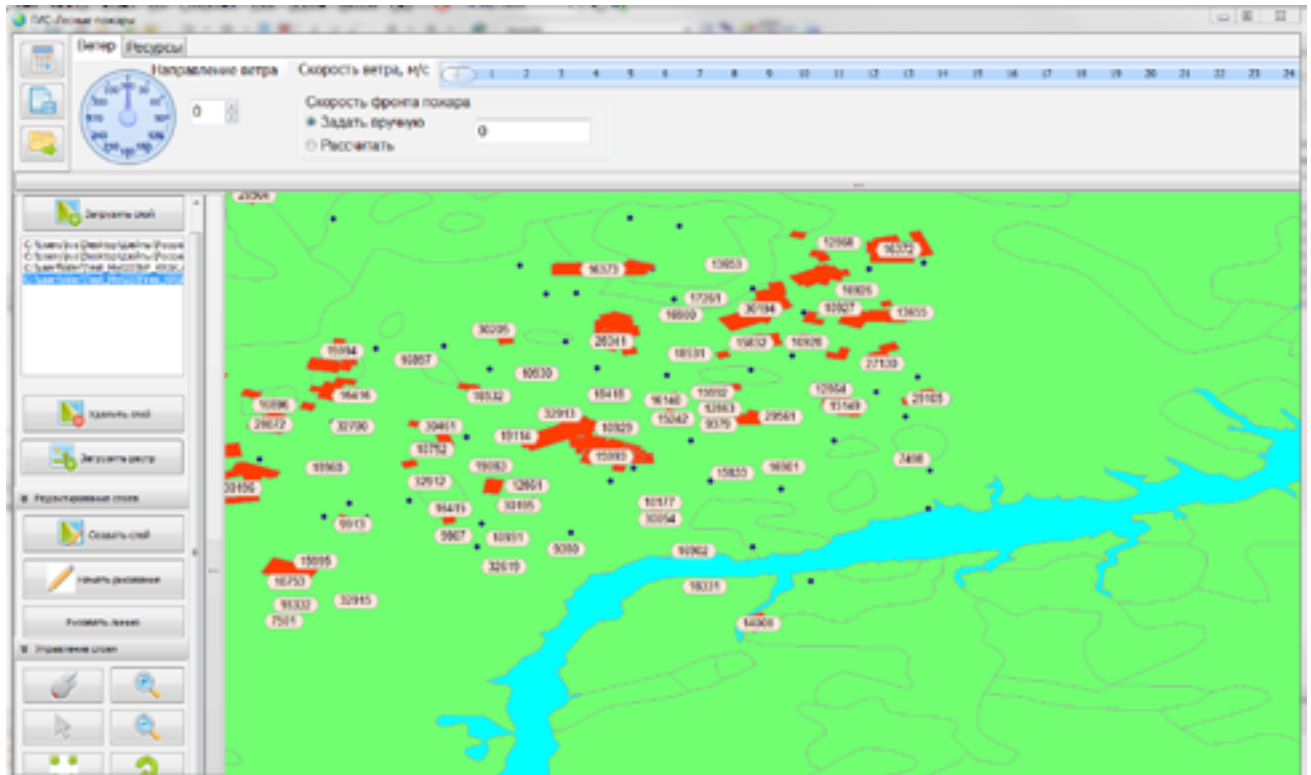


Рис. 2. Интерфейс первой версии программы

Степень автоматизации работы оперативного дежурного довольно низкая, практически, кроме системы «Каскад», решающей задачи мониторинга природных пожаров, специализированных программных средств нет. Сотрудники ЦУКС пользуются офисными программами.

Таким образом, целью работы было повышение эффективности работы оперативного дежурного ЦУКС по природным пожарам путем разработки специализированной информационной системы, позволяющей автоматизировать большинство рутинных операций.

Пилотная версия системы поддержки принятия решений

Первая версия системы поддержки принятия решений была разработана в 2012 году. Данный программный продукт представляет собой ГИС-приложение для ОС Windows. Программа позволяет загружать векторные слои данных в формате *.shp, указывать тип слоя (пожары, объекты защиты, другое), строить пятикилометровые зоны вокруг объектов защиты, вводить (вручную) метеоданные, рассчитывать прогнозы скорости пожаров и исходя из этих прогнозов время подхода каждого пожара к каждому населенному пункту. Также возможно рассчитывать нормативное время тушения пожаров исходя из имеющихся сил и средств, список которых позволяет вести программа. В качестве основы для

ГИС-функциональности был использован Active-X компонент MapWinGIS. Интерфейс приведен на рис. 2.

Принципиальная схема работы программы представлена в виде диаграммы состояний UML на рис. 3.

Основным фактором, влияющим на принятие решений, является скорость пожара. Для ее расчета в программе мы используем простой подход, описанный ниже. Прежде всего, скорость пожара может быть известна. Это означает, что лицо, принимающее решения, по каким-либо соображениям, вручную загружает значение скорости в программу. Чаще пользователь не знает точного значения скорости пожаров, но можно получить (или предположить) значения местных погодных и лесорастительных условий.

Для расчета скорости лесных пожаров есть несколько вариантов. Здесь мы использовали эмпирические данные [1]. Базовая скорость v_0 является значением табличной функции, которая зависит от местных условий. Для каждого состояния, функция имеет два значения: минимальная возможная скорость и максимально возможная скорость. Базовую скорость мы можем использовать в предположении изотропных пространственных условиях. Но, конечно, условия в реальности анизотропные. Основным фактором, влияющим на неравномерность скорости фронта пожара, является скорость ветра.

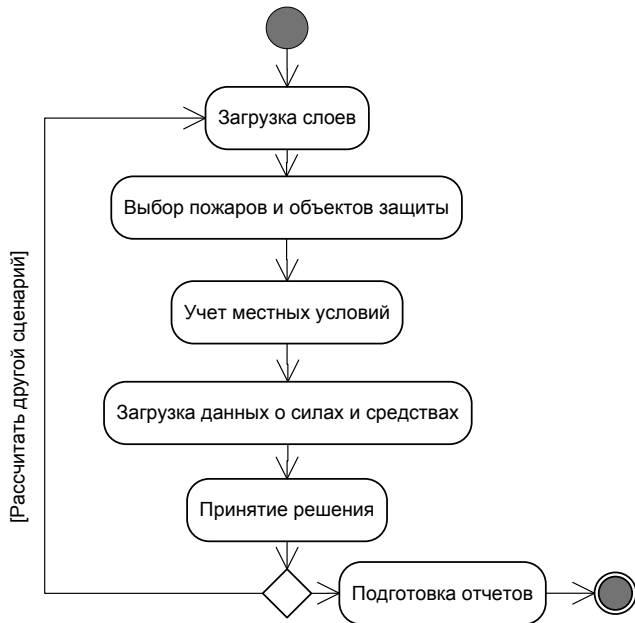


Рис. 3. Диаграмма состояний принятия решений

Выбор скорости пожара в зависимости от скорости ветра, мы делаем следующим образом:

$$v_0 = \begin{cases} \min(v_0), & w \leq 1 \frac{m}{s} \\ \frac{\Delta v_0}{5} \cdot w + \min(v_0) - \frac{\Delta v_0}{5}, & 1 < w < 6 \frac{m}{s} \\ \max(v_0), & w \geq 6 \frac{m}{s} \end{cases}$$

где v_0 – скорость пожара, w - скорость ветра, $\Delta v_0 = \max(v_0) - \min(v_0)$.

Элементы лесного пожара распространяется с разной скоростью, поэтому мы должны принимать во внимание азимут, т.е. угол между направлением ветра и направлением на объект защиты. Мы полагаем, что форма лесного пожара симметрична по отношению к направлению наискорейшего распространения. Мы вычисляем азимут следующим образом:

$$c = \sin(\omega); d = \cos(\omega);$$

здесь c, d являются элементами единичного вектора, ω - угол направления ветра. Переместим начало системы координат в центр пожара следующим образом:

$$x_0 = x_2 - x_1; y_0 = y_2 - y_1$$

где (x_0, y_0) – новый центр системы координат, (x_1, y_1) - центр природного пожара, (x_2, y_2) - центр объекта защиты. Азимут находим следующим образом:

$$\varphi = \arccos\left(\frac{x \cdot c + y \cdot d}{\sqrt{(x^2 + y^2) \cdot (c^2 + d^2)}}\right)$$

После расчета азимута мы должны пересчитать скорость природного пожара в заданном направлении. Для выполнения данного расчета мы использовали специальные функции, называемые индикатрисы [2]. Выбор индикатрисы зависит от скорости ветра следующим образом:

$$\begin{cases} \xi(\phi) = e^{\alpha(w) \cdot (\cos(\phi) - 1)}, & w \leq 3m/s, \\ \xi(\phi) = \frac{1 - \varepsilon(w)}{1 - \varepsilon(w) \cdot \cos(\phi)}, & w > 3m/s \end{cases}$$

где $\alpha(w)$ и $\varepsilon(w)$ специальные коэффициенты, рассчитываемые следующим образом:

$$\begin{aligned} \alpha(w) &= 0.785 \cdot w - 0.06 \cdot w^2 \\ \varepsilon(w) &= 1 - e^{-0.4 \cdot w} \end{aligned}$$

Для того чтобы вычислить скорость лесных пожаров в определенном направлении:

$$v = v_0 \cdot \xi(\phi)$$

Несмотря на довольно удобный интерфейс, хорошую функциональность и быстродействие, программа оказалась мало востребованной в практической работе. Это связано с тем, что ранжируя пожары более точно, с учетом множества критериев, она не решала проблемы низкой автоматизации, более того, требовала дополнительных ручных операций.

Еще одной проблемой первой версии оказался неоптимальный выбор платформы. По ряду причин, таких как состояние парка компьютеров, квалификация персонала, расположение рабочих мест и т.п., новую версию ПО было решено делать браузерной.

Обновление системы поддержки принятия решений

Вторая версия системы была разработана в 2014 году в виде WEB-приложения. Функциональность и логика работы подобна первой версии, с некоторыми изменениями. Загрузка слоев с данными автоматизирована, в качестве подложки используются данные проекта OpenStreetMap. Для реализации ГИС-функциональности используется открытая библиотека OpenLayers, написанная на языке JavaScript. Загрузка данных погоды проводится с сервера проекта OpenWeatherMap.

Нововведением, по сравнению с первой версией программы, является алгоритм моделирования пожара. Модель распространения фронта пожара основана на агентном подходе, т.е. каждая точка (некоторый элементарный объем растительных горючих материалов) является агентом, с определен-

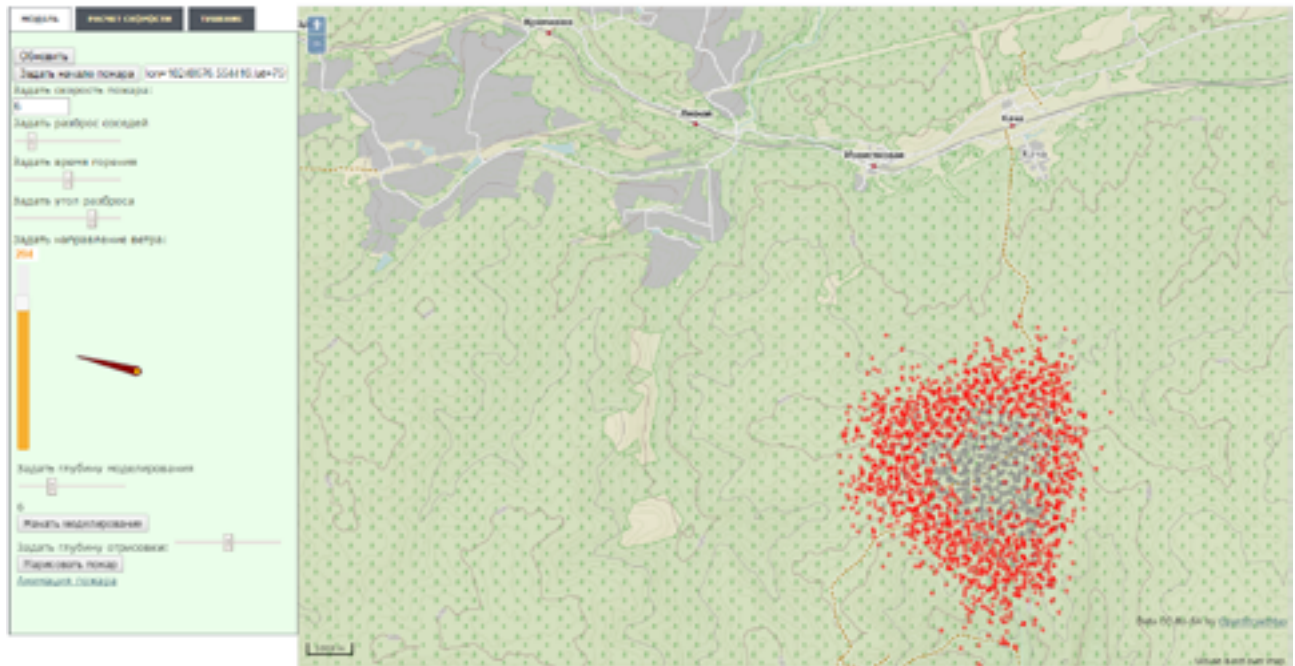


Рис. 4. Интерфейс второй версии системы

ным поведением и возможностью взаимодействовать с соседними агентами.

Одним из наиболее существенных преимуществ использования агентного подхода с точки зрения адекватности разрабатываемых моделей является следующее: мы можем не знать законы функционирования системы в целом, но можем иметь представление о том, как ведут себя её составляющие – индивидуальные объекты. Тогда мы задаём поведение этих объектов, объединяем их в систему, а поведение системного уровня выясняется в результате выполнения модели [3].

Отдельный агент (формальная единица растительных горючих материалов, например дерево) обладает следующими возможными состояниями: растёт, горит, сгорел. Переход из состояния растёт, в состояние горит, определяется в начальный момент времени в точке, указанной пользователем или загруженной из системы «Каскад». В дальнейшие моменты времени поджигание агентов определяется другим переходом, инициализируемым с помощью набора специальных функций. Выгорание определяется еще одним переходом. Основной процедурой моделирования является процедура определения координат агента.

В настоящее время ведется работа по уточнению и улучшению модели взаимодействия программной среды с пользователем, а также расширение геоинформационной функциональности и совершенствование агентной модели распространения пожара.

Для решения проблем недостаточной автомати-

зации, указанных выше, было разработано дополнительное программное обеспечение, в некотором смысле представляющее собой сервер системы поддержки принятия решений. Это консольное программное средство, без пользовательского интерфейса, осуществляющее сбор данных из системы «Каскад», сопоставление пожаров с районами выезда, формирование предварительных прогнозов распространения пожара и ранжирование прогнозов по степени опасности, а также подготавливающее информацию для рассылки по подразделениям.

После формирования серверной частью программы упорядоченного списка пожаров, каждый конкретный пожар может быть смоделирован оператором вручную, в браузерном компоненте информационной системы. Перенос информации между внутренней сетью МЧС России и внешней сетью Интернет происходит путем копирования ранжированного списка пожаров. Интерфейс браузерной части второй версии системы приведен на рис. 4.

Заключение

В ходе разработки системы поддержки принятия решений были проанализированы задачи, стоящие в течение пожароопасного сезона перед оперативными дежурными ЦУКС МЧС России и сформулированы основные требования к системе поддержки принятия решений. По результатам опытной эксплуатации первой версии системы были определены пути совершенствования применяемых методов и алгоритмов. Предложенные усовершенствования были реализованы во второй версии системы.

Полная автоматизация деятельности оперативного дежурного по природным пожарам ЦУКС не достигнута, скорее всего, это и невозможно. Однако значительную долю рутинных операций удалось автоматизировать, что, как мы надеемся, позволит повысить эффективность работы ЦУКС, а в конечном итоге, снизить ущерб от природных пожаров. В настоящее время браузерный компонент проходит опытную эксплуатацию в ЦУКС Сибирского регионального центра МЧС России, а серверный компонент находится на этапе внутреннего тестирования.

Литература

1. Андреев, Ю. А. Профилактика, мониторинг и борьба с природными пожарами (на примере Алтае-Саянского экорегиона): справочное пособие / Ю. А. Андреев, А. В. Брюханов. – Красноярск, 2011. – 272 с.
2. Коморовский, В. С. Методика расчета параметров лесных пожаров как динамических процессов на поверхности Земли с использованием данных космического мониторинга / В. С. Коморовский, Г. А. Доррер // Вестник Сибирского государственного аэрокосмического университета им. академика М.Ф. Решетнева. – Красноярск, 2010. – Вып. 3 (29). – С. 47-51
3. А. Борщев. Как строить простые, красивые и полезные модели сложных систем Материалы конф. «Имитационное Моделирование. Теория и Практика» ИММОД 2013 Казань Изд. «Фэн» АН РТ 2013. Т.1. с 21-34.