

УДК 630.43

## «Тайга - Аналитик» как инструмент при борьбе с лесными пожарами

### «Taiga-Analyst» as a tool in the fight against forest fires

**П.В. Ширинкин<sup>1</sup>,**

*канд.тех.наук,*

**С.В. Кобыжакова<sup>1</sup>,**

**С.В. Яровой<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО Сибирская  
пожарно-спасательная  
академия ГПС МЧС России

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Сибирский  
государственный университет  
науки и технологий имени  
академика М.Ф. Решетнева»

**P.V. Shirinkin<sup>1</sup>,**

*Ph.D. of Engineering Sciences,*

**S.V. Kobijzakova<sup>1</sup>,**

**S.V. Yarovoy<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>FSBEE HE Siberian Fire and  
Rescue Academy EMERCOM  
of Russia,

<sup>2</sup>FSBEE HE Reshetnev Siberian  
State University of Science and  
Technology

#### Аннотация:

Описан алгоритм принятия решений при борьбе с лесными пожарами и представлена возможность его оптимизации. Обоснована необходимость использования системы поддержки принятия решений при тушении лесных пожаров. Представлена система поддержки принятия решений «Тайга - Аналитик», которая позволяет моделировать распространение природного пожара на поверхности земли с учетом характеристик местности и применяемых для тушения сил и средств.

**Ключевые слова:** система поддержки принятия решений, лесной пожар, охрана леса, моделирование лесных пожаров.

#### Abstract:

The algorithm of decision-making in the fight against forest fires is described, and the possibility of its optimization is presented. The necessity of using the decision support system for forest fires extinguishing is substantiated. The decision support system "Taiga - Analyst" is presented, which allows modeling the spread of a natural fire on the earth's surface, taking into account the characteristics of the terrain and the forces and means used to extinguish it.

**Key words:** decision support system, forest fire, forest protection, forest fire modeling.

Ежегодно в течение пожароопасного сезона на территории Российской Федерации возникает около 11 тыс. лесных пожаров на общей площади более 4500 тыс. га. Пожары угрожают более чем 8800 населенным пунктам, более 2000 объектам социальной сферы, 800 объектам экономики.

Причиной большинства пожаров являются неосторожное обращение с огнем в лесу граждан, сельскохозяйственные палы и грозовые разряды.

Вследствие жаркой погоды и дефицита осадков чрезвычайная пожарная опасность в лесах Российской Федерации за последние 5 лет отмечается ежегодно с апреля по сентябрь (пожароопасный сезон). Наибольшее количество чрезвычайных ситуаций, возникших вследствие природных пожаров, зарегистрировано в Сибири. Наиболее сложная лесопожарная обстановка складывалась на территориях Забайкальского и Красноярского краев, республик Бурятия и Хакасия и Иркутской области. Именно там зафиксировано наибольшее количество переходов сельскохозяйственных палов и природных пожаров на населенные пункты и объекты экономики.

Готовность субъектов РФ к пожароопасному сезону затрагивает большой спектр направлений и определяется уровнем соблюдения требований условий охраны лесов от пожаров.

При анализе актов проверок готовности субъектов РФ к пожароопасному сезону, проведенных межведомственными и правительственными комиссиями [1] выявлены факторы, снижающие эффективность мер по предупреждению и ликвидации природных пожаров на территории Сибирского федерального округа:

1. Недостаточный размер бюджета. Текущее финансирование органов исполнительной власти и органов местного самоуправления, предназначенное на профилактику и тушение природных пожаров, не позволяет иметь в наличии достаточное количество средств пожаротушения, достаточную штатную численность лиц, участвующих в тушении природных пожаров, содержать леса в состоянии, указанном в требованиях действующих нормативных правовых актов.
2. Уровень урбанизации Сибирского федерального округа. Стремительное повышение уровня урбанизации ведет в перспективе к обезлюдению сельской местности. По этой причине в муниципальных образованиях с низкой плотностью населения уровень реагирования на природные пожары снижен до критического.
3. Природно-климатические характеристики муниципальных образований. Скорость распространения кромки пожара во многом зависит от рельефа, полноты насаждения, а также от погодных условий, таких как скорость ветра, температура и влажность воздуха. Погодные условия способствуют быстрому развитию природных пожаров.

Важным аспектом в борьбе с природными пожарами является подготовка реагирующих подразделений, которые должны не только обладать знаниями методов и способов тушения природных пожаров, но и обладать соответствующими навыками. Перечень лиц, входящих в реагирующие подразделения, достаточно велик и разнообразен. В него входят специалисты лесного хозяйства, специалисты космического мониторинга, диспетчеры единой дежурной диспетчерской службы, работники «Авиалесохраны», в том числе летчики-наблюдатели, ответственные лица функциональных подсистем единой системы по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций (далее – РСЧС), которые при необходимости входят в состав комиссий по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций и обеспечению пожарной безопасности (далее - КЧС) [2].

КЧС зачастую не адаптированы на быстрые и правильные решения, что подтверждается огромными площадями пожаров, сопровождающихся, к сожалению, человеческими жертвами и крупным материальным ущербом.

Как показал анализ актов проверок готовности субъектов Сибирского и Дальневосточного федеральных округов [1], как наиболее горимых, реальное состояние готовности к пожароопасному сезону не в полной мере соответствует нормативным показателям. Поэтому результат тушения зависит как от рационального использования имеющихся в наличии сил и средств, складывающихся обстоятельств, так и от принятого решения. Принятие решений в пожаротушении осуществляет человек, следовательно, большое влияние имеет человеческий фактор, который зависит от опыта, знаний и пр.

В мировой практике для минимизации влияния человеческого фактора используется большое количество разнообразных методов. Одним из таких методов является обеспечение системами поддержки принятия решений.

Система поддержки принятия решений предназначена для учета и анализа многокритериальных факторов для выработки решений в сложной информационной среде. При этом под многокритериальностью понимается тот факт, что результаты принимаемых решений оцениваются не по одному, а в совокупности многих показателей (критериев) рассматриваемых одновременно. Информационная сложность определяется необходимостью учета большого объема данных, обработка которых без помощи современной вычислительной техники практически невыполнима. В этих условиях число возможных решений, как правило, весьма велико и выбор наилучшего из них "на глаз", без всестороннего анализа, может приводить к грубым ошибкам.

По взаимодействию с пользователем выделяют три вида системы поддержки принятия решений (далее – СППР):

- активные, которые непосредственно вырабатывают решения. При борьбе с природными пожарами автоматический поиск решения не всегда актуален и уместен, т.к. при принятии решения зачастую используют понятие «целесообразность использования сил и средств»;
- кооперативные, предполагают взаимодействие СППР с пользователем. Выдвинутое системой предложение пользователь может доработать, усовершенствовать, а затем отправить обратно в систему для проверки. После этого предложение вновь представляется пользователю,

и так до тех пор, пока он не одобрит решение. Кооперативные СППР предполагают многоциклические комбинации, которые не актуальны в оперативной обстановке;

- пассивные, помогают в процессе принятия решений, но не могут выработать конкретного управленческого решения.

Для целей борьбы с лесными пожарами актуальна пассивная СППР в виде информационной справочной системы, учитывающей совокупность критериев, на основе которых в дальнейшем будут оцениваться и сопоставляться возможные решения. Система ППР помогает пользователю сделать такой выбор.

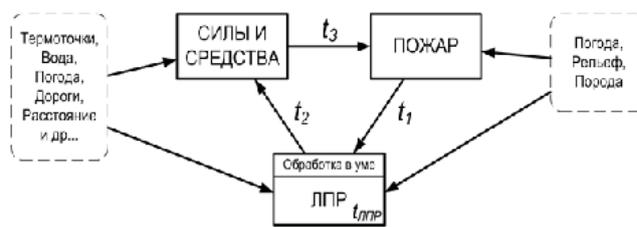
Модель управления действиями сил и средств РСЧС при угрозе и возникновении ЧС от природных пожаров с использованием СППР на основе имитационной модели распределенных динамических процессов является результатом слияния управленческих информационных систем и систем управления базами данных.

Процесс тушения природного пожара начинается с момента его обнаружения реагирующими подразделениями. На непосредственный процесс горения влияют многочисленные факторы такие как: погодные условия, рельеф местности, структура лесного горючего материала и пр. Лицо, принимающее решение, получает информацию о наличии возгорания и его характеристиках в течение времени  $t_1$ , (рисунок 1) посредством получения данных космического мониторинга, от летчиков – наблюдателей и других информаторов. Следующим этапом является процесс синтеза полученной информации о пожаре и справочной информации о факторах, влияющих на процесс. В результате обработки информации в течение времени  $t_2$  лицо, принимающее решение, дает указание на применение сил и средств с учетом различных факторов. На тактические решения влияют следующие факторы:

- наличие водоисточников, доступность их использования;
- погодные и лесорастительные условия;
- наличие объектов инфраструктуры;
- силы и средства, их удаленность от объектов защиты и от очага возгорания и пр.;
- рельеф территории.

Указанные факторы влияют на время реагирования руководящего аппарата и введения сил и средств на тушение пожара  $t_3$ . Далее последовательно повторяются процесс получения информации об изменении параметров пожара, анализ информации о результатах воздействия на процесс пожара и про-

цесс принятия решения о дальнейшей концепции применения или достаточности применения сил и средств (рисунок 1).



$$\Delta t = \sum_{i=1}^4 t_i + t_{лпр}$$

$t_{123}$  – время взаимодействия

○ – факторы, влияющие на процесс

$t_{лпр}$  – время на анализ, расчет, проверку, выбор

Рис. 1 - Алгоритм принятия решения и оценка затрачиваемого времени

В соответствии с указанным алгоритмом время принятия решения  $\Delta t$  состоит из суммы времен, потраченных на циклы  $t_1$ ,  $t_2$ ,  $t_3$  и  $t_{лпр}$ , где  $t_{лпр}$  – время необходимое на анализ, расчеты, проверки и выбор способа действий.

Из разработанных в Российской Федерации систем поддержки принятия решений при борьбе с природными пожарами по своим функциональным характеристикам можно отдать предпочтение системе «Тайга-Аналитик», которая предназначена для имитации лесопожарных ситуаций на карте местности и позволяет моделировать распространение пожара под воздействием мер по его тушению с использованием привязки к геоинформационной системе (ГИС).

Программной базой написания системы является «Агентно-ориентированная имитационная система «Тайга-3» [4-14].

Отличительной особенностью системы является возможность моделирования динамики как свободно распространяющегося пожара, так и находящегося под воздействием противопожарных сил в любом масштабе.

Система «Тайга - Аналитик» способна учитывать следующие факторы:

- скорость и направление ветра,
- высота над уровнем моря, характер ландшафта местности,
- температурный режим и осадки,
- привязка к геолокации (широта, долгота),
- наличие линейных, площадных и точечных объектов (нефтепроводы, дороги, инженерные сооружения),

- отдаленность от водных объектов, населенных пунктов,
- наличие и расположение реагирующего подразделения с указанием имеющихся сил и средств,
- классы пожарной опасности по условиям погоды и природной пожарной опасности,
- действующие термические точки и их характеристики.

Источниками данных для составления информационной базы для моделирования пожара в системе являются:

- данные от ближайших к месту возникновения пожаров метеостанций (скорость и направление ветра, температурный режим, давление и осадки);
- сервис Google Elevation API (высота над уровнем моря);
- справочная информация от Федерального агентства управления лесного хозяйства (характер ландшафта местности, привязка к геолокации – картографические сервисы (OpenStreetMap, Google, Yandex и др.), расположение подразделений «Авиалесохраны»), отдаленность от линейных объектов (нефтепроводы, дороги, инженерные сооружения), отдаленность от водных объектов, отдаленность от населенного пункта, классы пожарной опасности по условиям погоды и лесорастительным условиям и т.д.;
- данные органа управления, например, администрации (численность населенного пункта, плотность населения, категория земель отдаленность реагирующего подразделения с указанием имеющихся средств);
- координаты термоточек и площадь горения - системы космического мониторинга ИСДМ Рослесхоз и Каскад.

При применении системы «Тайга-Аналитик» алгоритм принятия решения выглядит следующим образом (Рисунок 2):

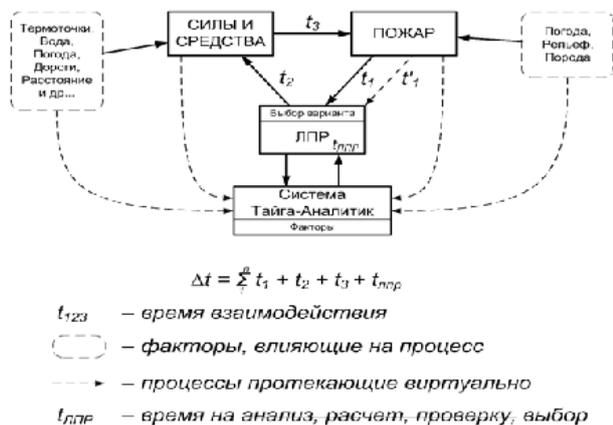


Рис. 2 - Алгоритм принятия решения с СППР

В базе СППР «Тайга–Аналитик» уже заложены данные, характеризующие постоянные параметры, необходимо ввести только переменные данные (погодные условия, координаты термических точек) и смоделировать распространение пожара с применением мер по его тушению. Система «Тайга – Аналитик» способна осуществлять моделирование как свободно развивающегося пожара, так и с учетом построения различных противопожарных барьеров, тушения подручными средствами людьми, а также сброса воды авиационными судами (самолет, вертолет). При использовании системы «Тайга – Аналитик» задача лица, принимающего решение, упрощается и сводится к выбору оптимального способа применения сил и средств, в результате чего значительно сокращается время на принятие решения. Время принятия решения  $\Delta t$  состоит из суммы времен, потраченных на циклы  $t_1$ ,  $t_2$ ,  $t_3$  и  $t_{лпр}$ , где  $t_{лпр}$  – время необходимое на анализ ситуации, выбор способа действий (нет необходимости анализа информации, проведения расчетов обстановки и проверки полученных результатов). При этом время наблюдения за изменением параметров пожара  $t^1$  корректируется в  $t_1^1$  – время наблюдения за изменением параметров развития виртуального пожара.

Практические испытания работы системы «Тайга-Аналитик» показали удовлетворительный уровень достоверности результатов моделирования пожара (расчетная погрешность до 20%). Система «Тайга-Аналитик» позволяет формировать отчетный документ в виде протокола событий, который может быть использован в дальнейшем.

Предполагается использование системы «Тайга-Аналитик» для:

- оперативного моделирования параметров распространения природных пожаров для поддержки принятия решений по борьбе с пожарами;
- оценки возможных рисков для объектов защиты;
- обучения персонала основам тактики борьбы с природными пожарами в качестве учебно-тренажерной системы;
- проведения расчетов сил и средств, необходимых для ликвидации и локализации природных пожаров;
- проверки математических моделей развития динамично развивающихся процессов;
- помощи в распределении реагирующих подразделений по необходимой территории;
- оценки пожарных рисков дисперсионно по территории и составления карты уровня пожарных рисков;
- расчета предлагаемых маршрутов патрулирования.

При работе в режиме учебно-тренажерного комплекса вышеуказанные параметры вводятся согласно условиям решаемой задачи. Изменение значений и выбор показателей могут быть настроены до начала моделирования.

Результатом применения данной системы будут являться:

- справочная база данных о ситуации на территории;
- визуализация контура пожара на карте на каждой итерации моделирования.

Расчетные характеристики на каждой итерации моделирования свободно распространяющегося пожара:

- время с момента обнаружения очага пожара;
- площадь пожара;
- протяженность кромки активного горения;
- периметр пожара;
- скорость движения фронта;
- расстояние до населенного пункта;
- скорость приближения к поселению;
- время до достижения пожаром поселения.

Результатом применения СППР должны стать продуманные решения, опирающиеся на информационный фундамент, адекватные действия, квалифицированное исполнение и, как результат, своевременное реагирование с минимальными человеческими и материальными потерями.

Ценой не своевременного принятия решений КЧС могут стать человеческие жизни. Поэтому

представители КЧС и, в общем, система по предупреждению и ликвидации ЧС, возникших вследствие лесных пожаров, должны быть готовы к реагированию в любой момент.

Какими бы не были составлены схемы и планы тушения пожара, при реальной ЧС, возникшей вследствие природного пожара, ее условия не выполняются, и она корректируется интерактивно. Для оптимизации системы принятия решений была разработана система поддержки принятия решений «Тайга - Аналитик» (URL: <http://u702972.s15.wh1.su/>) [3].

Система «Тайга–Аналитик» уже нашла применение в процессе подготовки специалистов в области техносферной безопасности и практической деятельности Центров управления в кризисных ситуациях МЧС России некоторых субъектов Сибирского федерального округа.

#### Литература:

1. Материалы актов проверок по оценке готовности субъектов Сибирского и Дальневосточного федеральных округов к действиям в пожароопасный период 2019 года
2. Постановление Правительства РФ от 17.05.2011 №376 «О чрезвычайных ситуациях в лесах, возникших вследствие лесных пожаров»
3. Georgy Dorrer, Alexandra Dorrer, Sergey Yarovoy. Modeling of dynamic process on the Earth's surface // IOP Conference Series: MIP: Engineering, 2019. Vol. 537.