

УДК 614.841.1:001.57

КОМПЬЮТЕРНАЯ СИСТЕМА МОДЕЛИРОВАНИЯ ПОЖАРОВ НА ОСНОВЕ КЛЕТОЧНЫХ АВТОМАТОВ

Н.Г. Топольский

Академия ГПС МЧС России

Россия, 129366, Москва, Бориса Галушкина ул., 4

E-mail: ntopolskii@mail.ru

А.О. Семенов

Ивановская Пожарно-Спасательная Академия ГПС МЧС России

Россия, 153040, Ивановская область, г. Иваново, Строителей проспект, 33

E-mail: ao-semenov@mail.ru

Д.В. Тараканов

Ивановская Пожарно-Спасательная Академия ГПС МЧС России

Россия, 153040, Ивановская область, г. Иваново, Строителей проспект, 33

E-mail: den-pgsm@mail.ru

К.А. Михайлов

Академия ГПС МЧС России

Россия, 129366, Москва, Бориса Галушкина ул., 4

E-mail: mihkir.94@mail.ru

Ключевые слова: информационное обеспечение, системы поддержки управления, пожары на открытых пространствах, клеточный автомат

Аннотация: Разработан клеточный автомат развития пожаров на открытых пространствах (на примере природных пожаров) для совершенствования информационного обеспечения управления пожарно-спасательными подразделениями. Разработанная дискретная модель реализована в виде информационно-аналитической подсистемы, совместимой с геоинформационными системами поддержки управления.

1. Введение

Крупномасштабные природные пожары и вызванные ими чрезвычайные ситуации на Европейской части России летом 2010 года со всей остротой определили проблему борьбы с ними. Анализ функционирующей Единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций (РСЧС) показал необходимость разработки и совершенствования инструментариев наполнения информационного пространства принятия оперативных решений. В результате на государственном уровне созданы и функционируют информационно-технические решения, реализующие всевозможные виды и формы мониторинга пожарной обстановки на территории Российской Федерации с геоинформационной привязкой для эффективного привлечения сил и средств РСЧС. Однако, с точки зрения общей теории управления известно, что инфор-

мация является одним из наиболее важных ресурсов для качественного управления, но ее избыток и противоречивость приводят к снижению оперативности управления, что в условиях борьбы с пожарами крайне недопустимо. Поэтому помимо средств сбора информации при мониторинге созданы и применяются аналитические системы, обеспечивающие обработку и представление информации в удобном виде для принятия оперативных решений [1, 2]. Реализация данных теоретических моделей предусматривает разработку специализированных программно-аппаратных комплексов (ПАК).

В качестве теоретической основы для разработки ПАК широко применяется сценарный подход [3], предусматривающий формирование тактических замыслов и оперативных планов ликвидации чрезвычайных ситуаций, позволяя рассматривать процесс управления как задачу перспективного планирования. В общей совокупности информационных компонент ПАК задача эффективного использования сил и средств пожарно-спасательных подразделений формально представлена методикой многокритериального выбора вариантов управленческих решений. В данной методике для выбора оптимального варианта управленческого решения используются процедуры ранжирования решений с использованием информации об относительной важности критериев выбора. Однако, для принятия решений необходима объективная информация о динамике развития чрезвычайной ситуации. При решении данной задачи могут быть использованы сложные вычислительные процедуры, базирующиеся на системах уравнений теплопереноса в совокупности с более простыми моделями клеточных автоматов (как в [4]). Таким образом, необходима разработка интеллектуальных механизмов моделирования процессов развития параметров пожаров (к примеру природных, а также пожаров розливов нефтепродуктов на открытых технологических установках нефтеперерабатывающих предприятий и др.) с учетом реализации процедур вероятностной имитации значений количественных параметров базисов моделирования.

2. Решение задачи

Модернизированные модели клеточных автоматов с окрестностью фон Неймана 2-го ранга имеют дуалистическую регулярную решетку с состояниями «норма» и «пожар» и две составляющих: ребра и узлы.

Общая структура ячейки автомата представлена на рисунке 1.

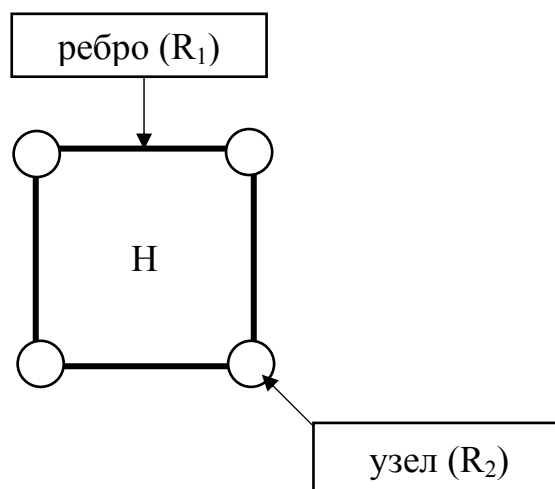


Рис. 1. Элемент равномерной сетки.

В клеточном автомате применяются только натуральные числа. Правило перехода ячейки из состояния «норма» в состояние «пожар» заключается в следующем: у ребра и узла конечно-разностной сетки имеется «вес» R_1 и R_2 соответственно. Состояние «пожар» ячейки происходит когда $\text{Random} > R$. Здесь Random – случайное равномерное распределенное натуральное число, а R – общий «вес» ячейки. Общий вес определяется исходя из условия

$$R = H - N_1 R_1 - N_2 R_2,$$

где H – исходный вес элемента сетки; N_1 и N_2 – количество ребер и узлов окрестности автомата.

Значения базисного параметра R получают путем имитации нормально-распределенной случайной величины. Для нормальной случайной величины справедливо следующее утверждение: если взять на оси ординат в интервале $(0,1)$ случайное число R и найти то значение X , при котором $F(X)=R$, то полученная таким образом случайная величина X будет иметь нужную нам функцию распределения $F(x)$.

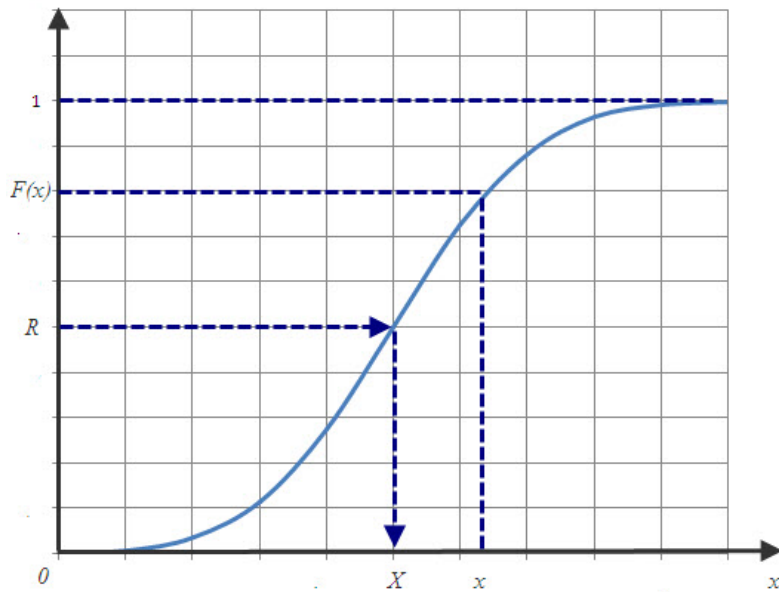


Рис. 2. Графическая схема имитации непрерывной случайной величины

Тогда плотность случайной точки с декартовыми координатами ($R_1 = \xi$, $R_2 = \eta$) на плоскости x, y равна произведению плотностей ξ и η :

$$p(x, y) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{x^2}{2}} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{y^2}{2}} = \frac{1}{2\pi} e^{-(x^2+y^2)/2}.$$

Окончательные формулы имитации двух случайных величин ξ и η :

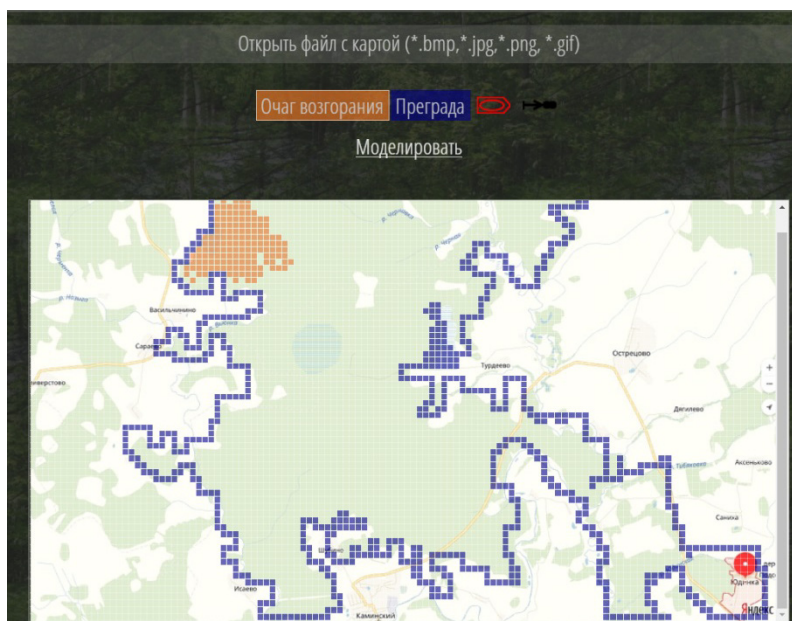
$$\begin{aligned} \xi &= \cos 2\pi\gamma_2 \sqrt{-2 \ln \gamma_1}, \\ \eta &= \sin 2\pi\gamma_2 \sqrt{-2 \ln \gamma_1}. \end{aligned}$$

Данные формулы позволяют по двум числам γ_1 и γ_2 вычислить два независимых значения нормальной случайной величины с параметрами.

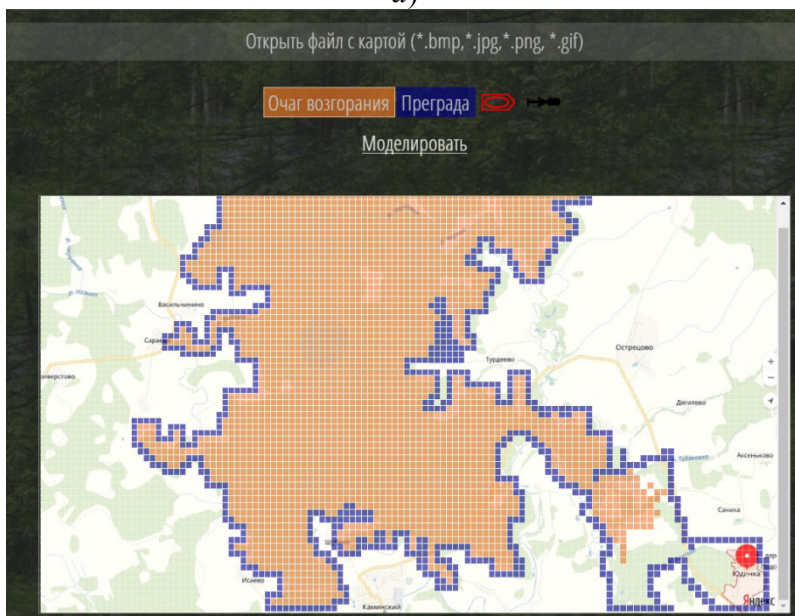
Разработанный клеточный автомат, имея две степени свободы, позволяет учитывать различные факторы в количественном виде при предварительной апробации на основе исследования произошедших пожаров в природной среде и на нефтеперерабатывающих предприятиях. Модель за счет «легкой» вычислительной основы в виде отдельной информационно-аналитической подсистемы может быть внедрена в геоин-

формационные системы поддержки принятия решений. Клеточный автомат реализован в виде программы для ЭВМ [5] и не требует мощной вычислительной аппаратной части, поэтому может быть реализован на компьютерах динамических средств мониторинга – беспилотных авиационных системах. На рисунке 3 представлены результаты моделирования с применением разработанного клеточного автомата.

Для принятия решений о возможности использования на практике результатов моделирования необходим подсчет частной энтропии Шеннона. Для модели клеточных автоматов энтропия Шеннона в первом приближении может быть оценена зависимостью 2^n , где n – множество значений исходного веса ячейки клеточного автомата.



а)



б)

Рис. 3. Клеточный автомат развития пожара на открытом пространстве
а) обстановка на момент τ ; б) обстановка на момент $\tau + \Delta\tau$.

3. Заключение

Предложены пути совершенствования информационного пространства принятия решений при борьбе с пожарами на открытых пространствах (на примере природных пожаров) на государственном уровне. Результаты решения данной задачи применимы во всех функциональных и территориальных подсистемах РСЧС. Практикой борьбы с пожарами определено, что детализация информации для принятия решений является основой при выборе информационных, технических и технологических решений в системе управления. Поэтому для принятия оперативных решений разработан простейший клеточный автомат развития пожаров на открытых пространствах. Разработана специальная программа ЭВМ «клеточный автомат» [5], которая используется в виде информационно-аналитической подсистемы, совместимой с геоинформационными системами поддержки управления.

Список литературы

1. Смирнов В.А., Тараканов Д.В., Черепанов Д.А. Математическая модель для выбора вариантов решений по расстановке пожарных подразделений при ликвидации лесных пожаров // Технологии техносферной безопасности: Интернет-журнал. 2011. № 3 (37). С. 6.
2. Тараканов Д.В., Смирнов В.А., Баканов М.О., Коробко В.Б. Методика анализа управленческих решений по распределению пожарно-спасательных подразделений при ликвидации лесных пожаров // Технологии техносферной безопасности: Интернет-журнал. 2017. № 3 (73). С. 91-96.
3. Шульц В.Л., Кульба В.В., Шелков А.Б., Чернов И.В. Управление региональной безопасностью на основе сценарного подхода. М.: ИПУ РАН, 2014. 163 с.
4. Топольский Н.Г., Тараканов Д.В. Моделирование динамики параметров мониторинга пожара в здании на основе клеточных автоматов // Системы безопасности – 2016: материалы 25-й Международной научно-технической конференции. М.: Академия ГПС МЧС России, 2016. С. 585-588.
5. Топольский Н.Г., Семенов А.О., Тараканов Д.В., Михайлов К.А. Модель развития пожаров на открытом пространстве с использованием клеточного автомата // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2018666496 от 18 декабря 2018 г.