

УДК 004.021: 519.876.5

Прогнозирование возможной площади пожара с применением клеточных автоматов

Cellular automata usage in fire computer modelling

Малютин О.С.

*ФГБОУ ВО Сибирская
пожарно-спасательная
академия ГПС МЧС России*

Malyutin O.S.

*FSBEE HE Siberian Fire
and Rescue Academy
EMERCOM of Russia*

Аннотация:

В статье приводится краткий обзор некоторых существующих систем моделирования пожаров. Дается описание существующей проблемы построения формы площади пожара с использованием принятого в Российской Федерации тактического метода. Описывается основа создания и использования клеточных автоматов в решении общенаучных задач, на основе чего предлагается использование данной технологии моделирования для решения проблемы построения площади пожара. Рассматриваются детерминированный и стохастический варианты создания клеточных автоматов. Дается их сравнительная оценка.

Ключевые слова: пожарная охрана, информационные технологии, программное обеспечение, ЭВМ, моделирование, клеточные автоматы.

Abstract:

The paper provides a brief overview of some existing fire modeling systems. The description of the existing problem of building the shape of the fire area using the tactical method adopted in the Russian Federation is given. The basis of creation and usage of cellular automata in the solution of general scientific problems is described, on the basis of which the use of this modeling technology for solving the problem of building a fire area is proposed. Deterministic and stochastic variants of cellular automata creation are considered. Their comparative assessment is given.

Key words: fire service, informational technologies, software, computers, modelling, cellular automata.

1. Введение

Анализ научно-технических публикаций из открытых источников [1, 2, 3] показывает, что несмотря на существенное развитие современных информационных технологий, вопрос создания простого и доступного программного обеспечения для компьютерного моделирования оперативно-тактических действий, и в первую очередь процесса развития пожара, по-прежнему окончательно не решен.

Одной из принципиальных задач такого рода является построение площади пожара с использованием тактического метода.

Данный метод изначально создавался для того, что бы максимально упростить задачу построения площади пожара, что было продиктовано необходимостью создания инструмента для быстрой оценки оперативной обстановки на пожаре. Для решения данной задачи в основе метода был принят ряд принципиальных допущений:

- принимается, что горючая нагрузка равномерно распределена по всей площади объекта пожара и имеет одинаковые характеристики (линейная скорость распространения огня, требуемая интенсивность подачи воды) в любой отдельно взятой точке;
- изначально фронт пожара распространяется радиально от очага пожара, но при достижении ограждающих конструкций он переходит к прямоугольной форме;
- никакие иные, кроме, площади пожара параметры не учитываются. Движение воздуха, пределы огнестойкости строительных конструкций, лучистый теплообмен и т.д. в расчетах не принимают участия;
- в качестве основного параметра для расчета требуемого расхода огнетушащих веществ принимается площадь тушения, определяемая условной глубиной тушения приборами подачи воды (5 метров для ручных пожарных стволов и 10 для лафетных).

Данный метод, в силу высокой степени допускаемых обобщений при расчете заметно уступает в точности существующим, более фундаментальным полевым и интегральным моделям расчета ОФП. Кроме того, будучи выработанным эмпирическим путем, он не обладает достаточным теоретическим обоснованием.

Вместе с тем, простота тактического метода, его доступность и общепринятость, сделали его самым распространенным (и единственным применяемым в подразделениях ГПС) способом проведения расчетов параметров тушения пожара.

Создание специального программного обеспечения, позволяющего строить площадь пожара с использованием тактического метода и на ее основе проводить пожарно-тактические расчеты, несмотря на кажущуюся простоту по сравнению с имеющимися решениями для расчета полевых и интегральных моделей, является одной из нерешенных до конца задач.

Необходимо отметить, что существует ряд решений касающихся моделирования развития пожара и боевых действий по тушению пожаров, однако они имеют серьезные недостатки с точки зрения удобства, простоты освоения и масштабируемости.

Xfirebrigade – программа-симулятор для обучения и тестирования руководителей тушения пожара по предмету «Пожарная тактика». Возможно использование программы для анализа произошедших пожаров и прогнозирования развития пожара на охраняемом объекте. В качестве начальных

данных в программу загружаются в векторном виде план помещения, план начальных очагов пожара и план неподверженных пожару участков. Также задаются точки расположения пожарных гидрантов и прибывших на место пожара автоцистерн [4].

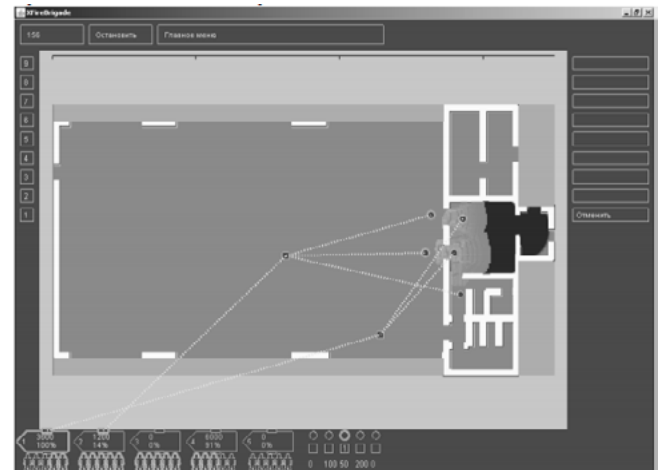


Рис.1. работа программы xfirebrigade

КИС РТП – программное обеспечение реализующее модель развития пожара на основе вероятностного клеточного автомата[5]. Данная программа ориентирована больше на сам процесс развития пожара, нежели на боевые действия по его тушению (Рис.2).

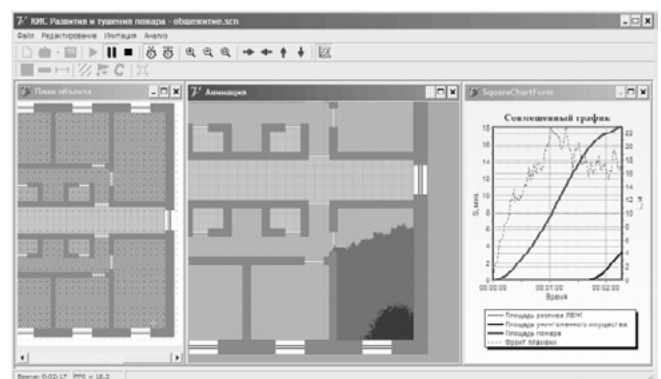


Рис.2. работа программы КИС РТП

Ключевым недостатком обоих приведенных решений является нереализованность перехода от сферической формы пожара к прямоугольной. Так же стоит отметить невозможность использования результатов работы программы в служебной документации, что существенно сужает сферу их применения.

В ФГБОУ ВО Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России разрабатывается информационно-графическая система ГраФиС-Тактик. Система реализована в виде расширения офисного программного обеспечения для составления блок-схем Microsoft Visio и представляет собой простую

в освоении и наглядную систему составления схем. Программное обеспечение среди прочего позволяет осуществлять и пожарно-тактические расчеты, однако в отличие перечисленных выше решений, ГраФиС позволяет проводить их только в статическом режиме, т.е. без учета возможного влияния тех или иных действий участников тушения пожара на последующий ход развития пожара.

Невозможность моделирования хода развития пожара и боевых действий, является существенным недостатком системы ГраФиС. Между тем, внедрение подобной системы позволило бы создать на базе АИГС ГраФиС удобный, наглядный, отвечающий всем требованиям сотрудников подразделений ГПС пожарно-тактический тренажер.

2. Клеточные автоматы

Одним из видов моделей пространственно-временной эволюции динамических систем, являются так называемые *клеточные автоматы*. Клеточный автомат описывает состояние системы в заданный момент времени путем задания состояний элементарных объектов системы – клеток, в этот момент времени. При этом понятие клетки может варьироваться в достаточно широком диапазоне. Например, это может быть настоящая биологическая клетка, или, применительно к вопросам организации тушения пожаров, это может быть элементарный фрагмент площади пожара. Главное состоит в четком определении клетки как элемента пространственной структуры [6, стр.448].

Эволюция системы клеток описывается последовательностью дискретных временных шагов. Для того, чтобы описать понятие шага по времени, необходимо определить понятие состояния клетки в заданный момент времени. Это достигается тем, что состояние клетки описывается дискретным набором переменных. Например, биологическая клетка может быть живой или мертвой, магнитный момент элементарной ячейки имеет определенную ориентацию, а элементарный объем жидкости — заданный химический состав. Ясно, что в одних случаях описание состояния клетки дискретным набором переменных будет точным, а в других лишь приближенным.

Эволюция клеточного автомата во времени определяется некоторым алгоритмом, который изменяет состояние клеток за один временной шаг. Главное требование, предъявляемое к алгоритму работы клеточного автомата, состоит в том, что он должен быть локальным и синхронным. То есть измерение состояния некоторой клетки за один временной шаг должно определяться только состояниями самой клетки

и ее ближайших соседей в текущий момент времени, а состояния всех клеток обновляются одновременно.

По способу задания алгоритма работы клеточные автоматы подразделяют на детерминированные и вероятностные. В детерминированных клеточных автоматах алгоритм имеет однозначный характер, то есть для одного и того же состояния клетки и ее ближайших соседей независимо от номера шага получается одно и то же ее следующее состояние. В вероятностных автоматах алгоритм его работы является многозначным в том смысле, что при одном и том же состоянии клетки и ее ближайших соседей последующее состояние клетки определяется еще и значением по крайней мере одной случайной переменной.

3. Моделирование пожара с использованием клеточных автоматов

Поскольку площадь пожара условно можно разбить на элементарные составляющие – клетки, то применение клеточных автоматов для моделирования площади пожара представляется весьма перспективной технологией.

Пример вероятностного клеточного автомата для моделирования пожара приведен в работе [3]. Суть его заключается в следующем:

Площадь этажа здания представляется в виде матрицы клеток (соответствующих 1 кв. м, 1 кв. см и т.д.), каждая из которых имеет свои характеристики горючей нагрузки: линейную скорость распространения пламени, теплоту сгорания, дымообразующую способность, удельное потребление кислорода и др.

Распространение пожара в том или ином направлении от источника зажигания определяется как вероятность загорания каждой клетки с учетом её характеристик, а также наличия и расположения соседних горящих элементов.

Перед перерисовкой каждого кадра анимации производится вычисление вероятности загорания каждого элемента матрицы:

$$p = \frac{V \cdot FP}{4}$$

где, V — линейная скорость распространения пламени, элемент/кадр анимации;

FP — параметр, характеризующий количество и относительное расположение соседних горящих элементов. Он может принимать значение в интервале $[0, \dots, 12]$, так как «удельный вес» горящих

пикселей, расположенных ортогонально по отношению к рассматриваемому, принимается в 2 раза большим, чем диагонально расположенных (Рис. 3):

$$FP = 2n_+ + n_x$$

где, n_+ — количество горящих пикселей, расположенных ортогонально по отношению к рассматриваемому; n_x — количество горящих пикселей, расположенных по диагонали относительно рассматриваемого [3, стр.31].

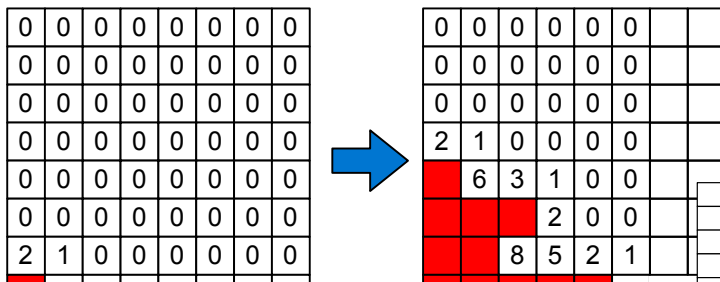


Рис.3. Распределение параметра FP в разные моменты времени моделирования

При моделировании по небольшому значению пути пройденного огнем, получаемые формы пожара имеют неправильную форму. Однако, при значительных показателях этого параметра, площадь приближается к равномерной сферической. На рисунке 4 фронт пожара обозначен красным цветом. Для сравнения пунктирной линией обозначена окружность.

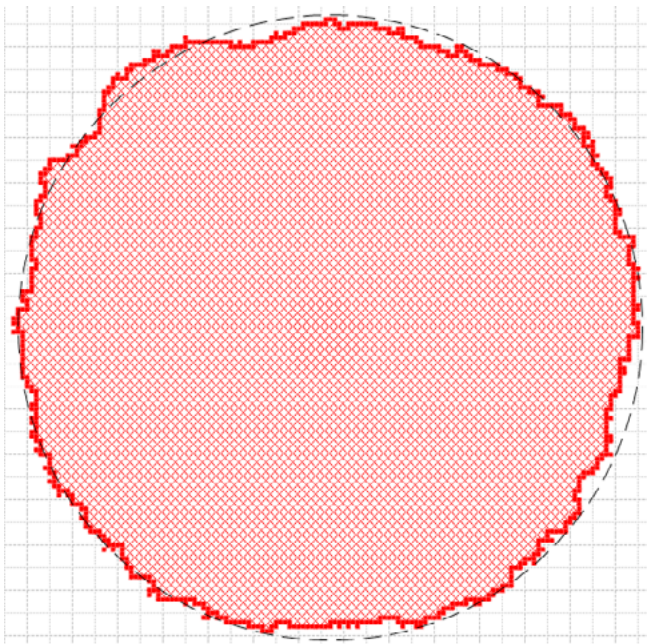


Рис. 4. Результат моделирования вероятностным клеточным автоматом для 90 шагов.

Такой алгоритм довольно прост и не слишком трудоемок при вычислении, что безусловно является большим плюсом при моделировании пожаров

на крупных объектах. Вместе с тем, подобный алгоритм все же не позволяет получить идеальный круг, что требуется при использовании тактического метода построения.

В качестве примера детерминированной модели клеточного автомата для построения площади пожара можно привести модель основанную на следующем правиле:

- на каждом следующем шаге клетка загорается только в том случае, если в ее окружении горящими являются три и более клеток (Рис. 5.). В качестве ближайшего окружения здесь рассматриваются клетки ортогонально и диагонально прилегающие к рассматриваемой.

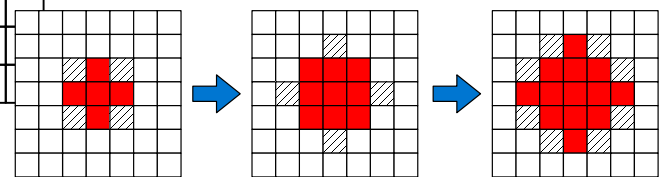


Рис.5. Пошаговое распространение площади горения при детерминированном алгоритме

В результате алгоритма результирующая фигура принимает вид восьмиугольника (Рис. 6.). Результаты моделирования показывают, что этот алгоритм несколько уступает по точности вероятностному.

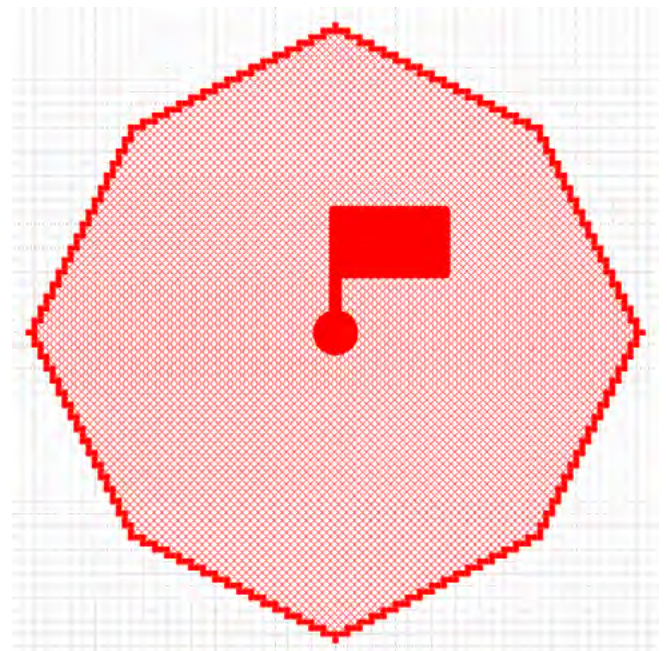


Рис. 6. Результат моделирования детерминированным клеточным автоматом для 90 шагов.

Для оценки точности и эффективности алгоритмов проведено сравнение результатов из работы при моделировании на матрице размером 3000 × 3000 клеток и количеством шагов моделирования 100. Результаты объединены в таблицу 1:

Таблица 1.

Алгоритм	Вероятностный	Детерминированный
Количество загоревшихся клеток	24541	7005
Количество клеток в периметре пожара	500	136
Средний путь клеток периметра пожара (путь пройденный огнем), клеток	87,7	46,5
Время моделирования, с	2	3

Как видно из таблицы, несмотря на необходимость определения случайных величин, вероятностный алгоритм работает существенно быстрее – площадь 24541 была получена им быстрее, чем детерминированным алгоритмом более чем втрое меньшая площадь. При этом путь, пройденный огнем при применении вероятностного клеточного автомата больше. Это необходимо учитывать при определении коэффициентов приводящих результаты расчетов от измерения в клетках к измерению в физических единицах длины.

Важно отметить, что результат, получаемый детерминированным алгоритмом всегда один и тот же, в то время как результаты получаемые вероятностным алгоритмом раз от раза будут незначительно отличаться друг от друга.

4. Заключение

Приведенные сведения показывают, что несмотря на некоторые неточности, в целом, применение моделирования клеточными автоматами представляется перспективной технологией для моделирования распространения пожаров с использованием тактического метода. Дальнейшее развитие и дополнение алгоритмов позволит включить в расчет такие параметры как плотность и характер горючей нагрузки, особенности ограждающих конструкций. Использование более сложных моделей клеточных автоматов позволяет как привести форму периметра пожара к форме максимально близкой к кругу, так и реализовать механизм перехода от сферической формы к прямоугольной, решив таким образом задачу автоматического построения площади пожара согласно тактического метода построения площади пожара.

Будучи реализованным на платформе приложения MS Visio, моделирование пожара клеточными автоматами позволяет существенно расширить возможности приложения ГраФиС-Тактик, фактически создав на его основе пожарно-тактический тренажер для личного состава подразделений пожарной охраны.

Кроме того, относительная простота реализации клеточных автоматов позволяет использовать их в качестве примера решения прикладных задач в учебном процессе, при изучении дисциплины «Информатика и вычислительная техника».

Литература

1. Информационные системы, банки данных, реестры, регистры, [Электронный ресурс], URL:[http://www.mchs.gov.ru/ministry / infosystems](http://www.mchs.gov.ru/ministry/infosystems), (дата обращения: 2.07.2018)
2. Информационные системы МЧС России зарегистрированные в Роскомнадзоре по состоянию на 23.03.2015, [Электронный ресурс], <http://www.mchs.gov.ru/document/3614622>, (дата обращения: 1.07.2018)
3. Фонд алгоритмов, программ, баз и банков данных государственной противопожарной службы. Информационный бюллетень. Выпуск 12. М.: ВНИИПО. 2014. 63с.
4. Разливанов И.Н., Математическое моделирование процессов развития и пожаротушения в условиях ограниченности сил и средств // диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук, Санкт-Петербург 2009.
5. Субачев С.В., Субачева А.А. Имитационное моделирование развития и тушения пожаров в системе подготовки специалистов противопожарной службы // Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. Всероссийский институт научной и технической информации РАН, №2, 2008, стр.102-106.
6. Алексеев Д.В. Компьютерное моделирование физических задач в Microsoft Visual Basic – М.: СОЛОН-Пресс, 2004. – 528 с.: ил. – (Серия «Библиотека студента»).