УДК 614. 84

Ю.А. Абрамов, д-р техн. наук, проф., гл. научный сотрудник, УГЗУ,
А.А. Тарасенко, к.т.н., докторант, УГЗУ

КОНТИНУАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ДИНАМИКИ КОНТУРА ПРИРОДНОГО ПОЖАРА

Предложена процедура перехода от дискретной итерационной модели контура природного пожара, заданного в i-ые моменты времени, к континуальной модели с непрерывным временем. Данная модель может быть использована при построении описания процесса активной локализации природного пожара.

Постановка проблемы. Локализация кромки природного пожара может осуществляться пассивными и активными методами [1]. Первая задача нашла свое решение в [2]. Вторая решена лишь в частных случаях [3]. Моделирование процесса активной локализации природного пожара в общем случае требует знания положения контура пожара в произвольный момент времени. Существующие континуальные модели не могут описать динамику произвольного контура в неоднородных ландшафтно-метеорологических условиях, тем самым, оставляя открытым решение проблемы моделирования процесса активной локализации.

Анализ последних исследований и публикаций. Получение континуальных моделей динамики контура природного пожара [4] возможно лишь в условиях пространственной однородности ландшафтно-метеорологических параметров. В этом случае возможно построение модели активной локализации кромки пожара [3]. Практическая ценность данных идеализированных моделей ограничена.

В случае учета пространственной неоднородности ландшафтных условий неизбежен переход к дискретной модели динамики контура [5], что, в свою очередь, приводит к нефизичным результатам при моделировании процесса активной локализации кромки – траектория движения подразделений может пересекать кромку пожара, в то время как необходимо ее внешнее огибание.

Кроме того, модели [4] в силу задания контура в полярных координатах, не позволяют описать произвольный контур.

Последняя проблема может быть устранена при описании контура параметрически. При получении модели [6] динамики контура в неоднородных ландшафтно-метеорологических условиях, в виду невозможности интегрирования, осуществлен переход к конечным приращениям с временным шагом Δt, что, соответственно, исключило возможность получения континуальной модели с непрерывным временем. Полученные дискретные наборы параметрически заданных контуров $L(m;t_i)$, где $m \in [1;M]$ - параметр; t_i $(i = 0,1,2...)$ - моменты времени, не позволяют осуществить построение модели активной локализации области пожара.

Постановка задачи и ее решение. Необходимо осуществить переход от модели контура пожара с дискретным временем к модели с непрерывным временем. Воспользуемся дискретной итерационной моделью контура области пожара [6].

Пусть известны параметрически заданные контуры пожара в дискретные (узловые) моменты времени t_i

$$L(m;t_i)=\begin{cases} X(m;t_i); \\ Y(m;t_i), \end{cases}$$

где $m\in[1;M]$; $X(1;t_i)=X(M;t_i)$, $Y(1;t_i)=Y(M;t_i)$ $\forall i=0,1,2...I$.

Необходимо получить контур пожара в произвольный момент времени $0\le t\le t_I$, т.е. перейти от дискретной модели контура к континуальной.

Осуществим данный переход с помощью линейной сплайн-интерполяции. Рассмотрим произвольный временной интервал между двумя дискретными моментами времени $t\in[t_i;t_{i+1}]$. Зададим на данном интервале континуально заданный контур $L(m;t)$ в виде линейной интерполяции по времени

$$L(m,t)=L(m;t_i)+\frac{t-t_i}{t_{i+1}-t_i}\left[L(m;t_{i+1})-L(m;t_i)\right]=$$

$$=\begin{cases} X(m;t_i)+\dfrac{t-t_i}{t_{i+1}-t_i}\left[X(m;t_{i+1})-X(m;t_i)\right]; \\ Y(m;t_i)+\dfrac{t-t_i}{t_{i+1}-t_i}\left[Y(m;t_{i+1})-Y(m;t_i)\right]; \end{cases} \qquad t\in[t_i;t_{i+1}].$$

Легко видеть, что в случае равенства $t=t_i$ данное выражение переходит в $L(m;t_i)$, а при $t=t_{i+1}$ - в $L(m;t_{i+1})$.

Проведя данную интерполяцию на каждом из временных интервалов $[t_i;t_{i+1}]$, $i=0,1,2...I-1$, получим линейные сплайны, объединение которых в виде

$$L(m;t)=\sum_{i=0}^{I-1}\left(L(m;t_i)+\frac{t-t_i}{\Delta t}\left[L(m;t_{i+1})-L(m;t_i)\right]\right)\left(\eta(t-t_i)-\eta(t-t_{i+1})\right),$$

где $t\in[t_0;t_I]$; $\Delta t=t_{i+1}-t_i$ - шаг дискретизации; $\eta(t)$ - функция Хэвисайда; позволяет получить единое аналитическое выражение для контура динамической области ЧС в произвольный момент времени t.

На рис. 1 приведено изображение контура в дискретные моменты времени и результат их интерполяции в виде контуров в произвольные моменты.

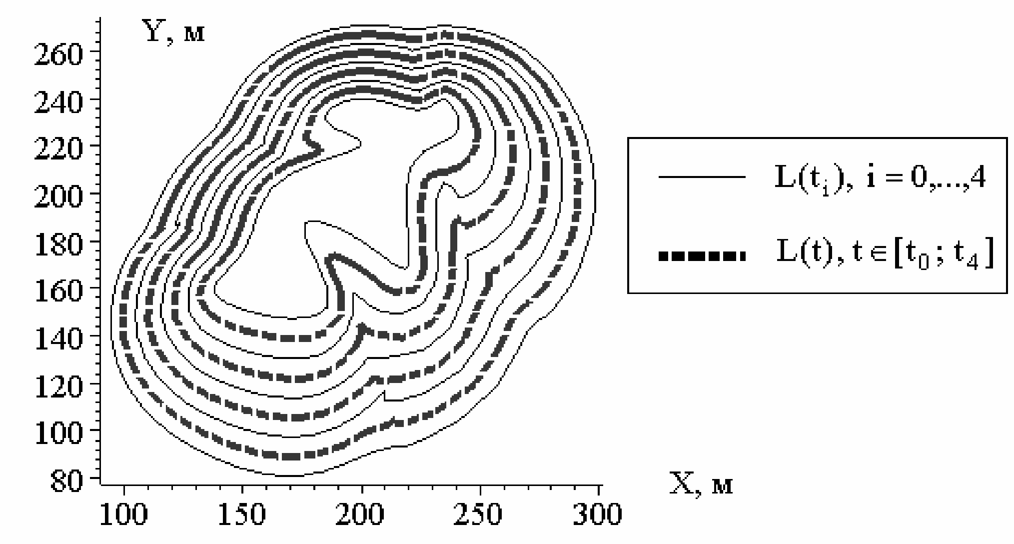

Рисунок 1 – Изображение контуров в дискретные моменты времени и результат их интерполяции в произвольные моменты

Выводы. Использование процедуры интерполяции позволяет по ранее полученным контурам области пожара в дискретные моменты времени получить модель контура с непрерывным временем и в дальнейшем создать описание активной локализации пожара.

ЛИТЕРАТУРА

1. Курбатский Н.П. Техника и тактика тушения лесных пожаров. М.: Гослесбумиздат, 1962.- 154 с.
2. Доррер Г.А. Математические модели динамики лесных пожаров. – М.: Лесная промышленность, 1979. – 161 с.
3. Калиновский А.Я., Кривошлыков С.Ф., Тарасенко А.А. Математические модели процессов локализации простого ландшафтного пожара // Проблемы пожарной безопасности. - 2005. – Вып. 17. – С. 61 – 65.
4. Созник А.П. Геометрическая модель движения кромки низового лесного пожара // Проблемы пожарной безопасности. Сб. науч. тр. – Харьков: Фолио, 2002. – Вып. 11. – С. 188 – 191.
5. Калиновский А.Я., Созник А.П. Модель распространения ландшафтного пожара с учетом изменения влажности горючего материала // Науковий вісник будівництва: Сб. науч. тр. – Харків: ХДТУБА, ХОТВ АБУ, 2005. – Вип. 31. – С. 291-295.
6. Абрамов Ю.А., Тарасенко А.А. Аналитическая математическая модель контура зоны локальной чрезвычайной ситуации // Науковий вісник будівництва: Сб. науч. тр. – Харків: ХДТУБА, ХОТВ АБУ, 2007. – Вип. 42. – С. 171-174.

Статья поступила в редакцию 18.03.2009 г.