

МЕТОДЫ, СРЕДСТВА, ОТДЕЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ НИЗОВЫХ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ

Таранчук В. Б., Баровик Д. В

Кафедра компьютерных технологий и систем, Факультет прикладной математики и информатики,

Белорусский государственный университет

Минск, Республика Беларусь

E-mail: taranchuk@bsu.by, barovikd@gmail.com

Обсуждаются текущие итоги и результаты работ по созданию и применению компьютерных моделей лесных пожаров.

ВВЕДЕНИЕ

Из множества природных и антропогенных факторов негативного влияния на состояние и динамику лесных экосистем доминирующими являются пожары, которые наносят значительный материальный и экологический ущерб. Для обоснованных, успешных действий по предупреждению, ликвидации лесных пожаров требуется разработка соответствующих компьютерных моделей и программных средств, их включение в состав систем поддержки принятия решений по предотвращению чрезвычайных ситуаций в лесах и окрестностях. В докладе будут отмечены основные результаты создания компьютерных моделей лесных пожаров. При этом, как в ряде научных публикаций ([1, 2]), принята следующая классификация моделей лесных пожаров: теоретические (математические), эмпирические (статистические), полуэмпирические.

I. О РАЗРАБОТАННЫХ И ИСПОЛЪЗУЕМЫХ АВТОРАМИ КОМПЬЮТЕРНЫХ МОДЕЛЯХ

Теоретические модели базируются на законах газовой динамики, горения, теплопереноса и других фундаментальных законах физики и химии; записываются, как правило, в виде системы дифференциальных уравнений в частных производных. Верификация таких моделей весьма затруднительна, однако только они описывают развитие лесного пожара с учетом общих и территориальных факторов, текущего состояния окружающей среды и позволяют отвечать на весьма широкий круг вопросов. Развитие традиционных моделей этой категории, предложенный численный метод решения соответствующих краевых задач для моделирования верховых и низовых пожаров можно проследить по статьям [3 – 6], результаты моделирования обсуждаются, в частности, в [7, 8, 5].

В эмпирических (статистических) моделях систематизируются данные по скорости распространения лесного пожара при изменении выбранного количества контролируемых параметров, определяются коэффициенты корреляции для каждой независимой переменной. При таком подходе не изучается механизм явления;

полученные соотношения, строго говоря, не могут быть распространены за пределы применимости использованных статистических данных, а в рамках их делается прогноз с определенной вероятностью. С вопросами развития и примерами применения таких моделей можно ознакомиться в [9, 10].

В полуэмпирических моделях для определения характеристик распространения пожара привлекаются общие законы (сохранения энергии, массы и количества движения), которые записываются в виде упрощенных зависимостей, а соответствующие коэффициенты подбираются путем обобщения экспериментальной информации. Полуэмпирические модели адекватны в ситуациях, похожих на те, при которых были собраны опытные данные. Такие модели значительно проще в верификации по сравнению с теоретическими. По сравнению с эмпирическими (статистическими) полуэмпирические модели более адекватны. Примеры, возможности развития и обобщения традиционных моделей такого типа обсуждаются в [9, 11].

Программные реализации, технические аспекты разработки, возможности предлагаемых компьютерных моделей перечисленных выше типов излагаются в [12 – 16].

II. ПРИМЕРЫ РЕЗУЛЬТАТОВ ДЛЯ ОБСУЖДЕНИЯ

Пример результатов моделирования распространения низового лесного пожара приведен на рис. 1. В последовательных кадрах показаны иллюстрации карт плотности распределения температуры на площади. Кроме поляна и прилегающих к ним узким полосам (переходная зона) на площади задается одинаковая плотность лесного горючего материала. Очаг возгорания – круговой фрагмент с центром в центре участка площади моделирования, размер очага – до границ поляна. Поляны (почти нулевая плотность лесного горючего материала) – 3 одинаковых по конфигурации фрагмента (участки показаны штрихованными, расположены слева, справа, сверху от центра), причем полянам предшествует кустарник (переходная зона), в кото-

ром плотность лесного горючего материала примерно вдвое ниже окружающей территории. Направление ветра – слева направо, скорость ветра 2 м/с. Пример подобран специально, чтобы пока-

зать, что вариант, когда фронты огня после прохождения полей сверху и справа смыкаются (до какого-то момента наблюдаются по 2 отдельных языка пламени).

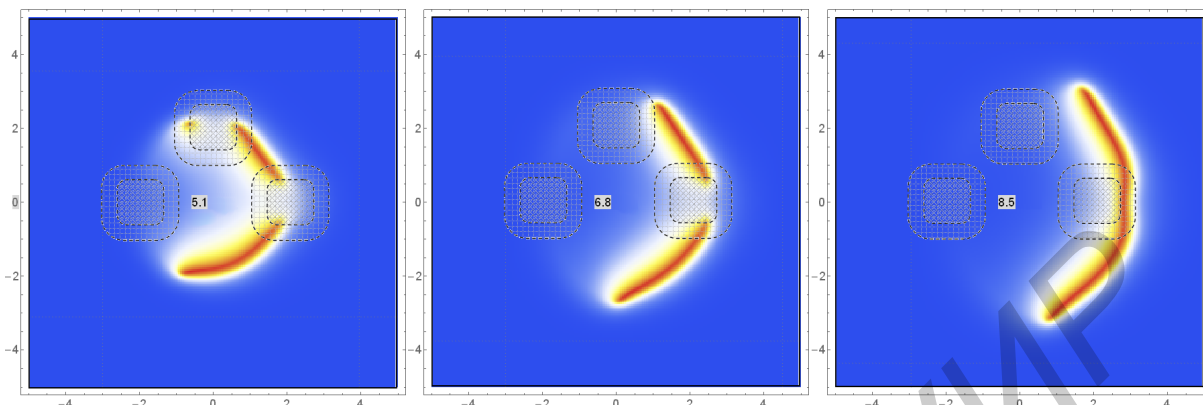


Рис. 1 – Карты плотностей распределения температуры для трех моментов времени

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Обсуждаются итоги и результаты работ по созданию и применению компьютерных моделей лесных пожаров.

1. Mathematical models and calculation systems for the study of wildland fire behaviour / E. Pastor [et al] // Progress in Energy and Combustion Science. –2003. – Vol. 29. –P. 139–153.
2. Баровик, Д. В. Состояние проблемы и результаты компьютерного прогнозирования распространения лесных пожаров / Д. В. Баровик, В. Б. Таранчук // Вестник БГУ. Серия 1, Физика, Математика, Информатика. –2011. –№ 3. –С. 78–84.
3. Баровик, Д. В. Об особенностях адаптации математических моделей вершинных верховых лесных пожаров / Д. В. Баровик, В. Б. Таранчук // Вестник БГУ. Серия 1, Физика, Математика, Информатика. – 2010. –№ 1. –С. 138–143.
4. Barovik, D. V. Mathematical modelling of running crown forest fires / D. V. Barovik, V. B. Taranchuk // Mathematical Modelling and Analysis. – 2010. – Vol. 15, № 2. –P. 161–174.
5. Баровик, Д. В. К обоснованию математических моделей низовых лесных пожаров / Д. В. Баровик, В. И. Корзюк, В. Б. Таранчук // Тр. Ин-та матем. – 2013. –№ 21:1. –С. 3–14.
6. Barovik, D. V. Crown Forest Fire Mathematical Model Realization in Wolfram Mathematica / D. V. Barovik, V. B. Taranchuk // Computer Algebra Systems in Teaching and Research. Vol. Mathematical Modeling in Physics, Civil Engineering, Economics and Finance: Wydawnictwo Collegium Mazowia. Siedlce, Poland. – 2011. –P. 5–15.
7. Баровик, Д. В. Численная реализация математической модели верховых лесных пожаров / Д. В. Баровик, В. Б. Таранчук // Весці БДПУ. Серия 3, Физика, Математика, Информатика. –2010. –№ 2. –С. 40–44.
8. Barovik, D. V. Results of Crown Forest Fires Mathematical Modelling / D. V. Barovik, V. B. Taranchuk // Computer Algebra Systems in Teaching and Research. Vol. Mathematical Modeling in Physics, Civil Engineering, Economics and Finance: Wydawnictwo Collegium Mazowia. Siedlce, Poland. – 2011. –P. 16–22.
9. Баровик, Д. В. Адаптация модели Ротермела для реализации в программном комплексе прогноза распространения лесных пожаров / Д. В. Баровик, В. Б. Таранчук // Научный интернет журнал Технологии

- техносферной безопасности. –2011. –№ 6. –С. 1–8. – Режим доступа: <http://ipb.mos.ru/ttb/2011-6>.
10. Баровик, Д. В. Алгоритмические основы построения компьютерной модели прогноза распространения лесных пожаров / Д. В. Баровик, В. Б. Таранчук // Вестник ПГУ. Серия С. Фундаментальные науки. –2011. –№ 12. –С. 51–56.
11. Баровик, Д. В. О развитии методики Ротермела и реализации двумерной компьютерной модели прогноза распространения лесных пожаров / Д. В. Баровик, В. Б. Таранчук // ВЕСНИК Віцебскага дзяржаўнага ўніверсітэта. –2011. –№ 6(66). –С. 5–11.
12. Баровик, Д. В. О развитии методики Ротермела и реализации двумерной компьютерной модели прогноза распространения лесных пожаров / Д. В. Баровик, Д. А. Горбачевич, В. Б. Таранчук // Информатизация образования – 2010: педагогические аспекты создания информационно-образовательной среды: материалы Междунар. науч. конф., Минск, 27-30 окт. 2010 г. / Беларус. гос. ун-т. Минск. –2010. –С. 54–58.
13. Баровик, Д. В. Методические и алгоритмические основы программного комплекса «Расчет и визуализация динамики лесного пожара» / Д. В. Баровик, В. И. Корзюк, В. Б. Таранчук // Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация. –2011. – № 2(30). –С. 22–33.
14. Баровик, Д. В. Основы разработки и возможности программного комплекса «Расчет и визуализация динамики лесного пожара» / Д. В. Баровик, В. И. Корзюк, В. Б. Таранчук // Научное обеспечение защиты от чрезвычайных ситуаций : основные результаты выполнения государственной научно-технической программы «Чрезвычайные ситуации» (2005-2010 гг.): сб. науч. трудов / Министерство по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь. –2012. –С. 114–129.
15. Научно-техническая продукция. Белорусский государственный университет. Интегрированный программный комплекс расчета и визуализации динамики лесного пожара. – Минск, 2014. – Режим доступа: <http://www.product.bsu.by/katalog/informacionnietehnologii>. – Дата доступа: 10.09.2017.
16. Таранчук, В. Б. Об инструментах Wolfram Mathematica для распараллеливания вычислений в компьютерных моделях лесных пожаров / В. Б. Таранчук // Проблемы и перспективы инновационного развития университетского образования и науки: материалы Междунар. науч. конф., Гродно, 26–27 февр. 2015 г. / ГрГУ им. Я. Купалы. Гродно. –2015. –С. 351–352.