

基于多智能体的森林火灾人员疏散仿真^①

章 振^{1,2}, 孙丙宇^{1,2}, 李文波²

¹(中国科学技术大学 自动化系, 合肥 230026)

²(中国科学院 合肥智能机械研究所, 合肥 230031)

摘 要: 森林火灾发生时, 对在林火蔓延过程中灾区人员疏散进行建模与仿真能够检查疏散方案是否合理, 从而为合理救灾提供指导意义. 目前对人员疏散模拟与仿真虽然有很多研究, 但对于森林火灾下人员疏散尚缺乏合适的仿真模型, 给科学救助决策带来很大困难. 为此, 提出将多智能体引入森林火灾蔓延及灾区人员疏散模型研究中, 并借助于 Repast 平台进行仿真, 实验结果表明本文方法能够为森林火灾人员疏散模拟与仿真提供正确的解决途径.

关键词: 多智能体; 人员疏散; 森林火灾; 建模; 仿真

Simulation for Person Evacuation during Forest Fire Based on Multi-Agent

ZHANG Zhen^{1,2}, SUN Bing-Yu^{1,2}, LI Wen-Bo²

¹(Department of Automation, University of Science and Technology of China, Hefei 230026, China)

²(Institute of intelligent machine, Chinese Academy of Sciences, Hefei 230031, China)

Abstract: Modeling and simulating the evacuation of people in disaster area during the spread of the forest fire when forest fire occur can inspect whether the evacuation is reasonable, which could provide directive significance for reasonable salvation. At present, different methods have been proposed in modeling and simulating of person evacuation, but few work is focused on the research of modeling and simulating for person evacuation in forest fire. To solve this problem, we apply multi-agent on the modeling and simulating of the spread for forest fire and the person evacuation. We utilize the "Repast" platform to simulate the model. The experimental results show that the proposed method can provide reasonable solution for the modeling and simulation for the evacuation of person in forest fire.

Key words: multi-agent; person evacuation; forest fire; model; simulation

中国是世界上森林火灾发生频繁的国家之一, 1950 年至 2005 年间, 我国因森林火灾死亡人数达到 3 万多人, 人员烧伤情况更为严重, 由此带来的损失极大, 在火灾发生后如何及时预测火灾的蔓延趋势并快速准确的引导受灾人员进行合理疏散是个非常重要、亟待解决的问题之一.

目前国内在火灾人员疏散模拟仿真方面研究偏少, 董晓非等人提出了一个整合地形、风因子、树种因子以及数目水平分布因子的多智能体模型, 应用此模型可以在特定的条件下实现林火的蔓延模拟并预测林火发展的趋势^[1]. 在人员疏散方面, 陆卓谟等人通

过分析个体对火灾警报的不同响应时间, 个体在疏散过程中采用的不同运动速度, 个体间的组运动方式, 个体的出口选择等因素对人群疏散的影响, 建立了个体行为特征与元胞自动机相结合的人群疏散模型^[2]. 任书君等人主要就疏散模型中最重要的人员模型进行了分析, 提出了人体模型、人员感知模型、人员推理模型和人员执行模型^[3].

由以上的研究可以看出, 将多智能体引入到火灾模型和火灾下人员疏散模型中是一种比较科学可行的方法, 引起大家的普遍关注和运用. 然而存在的问题是这些疏散模型都是基于室内环境或者相对封闭的

① 基金项目:国家自然科学基金(91024008,41101516)

收稿时间:2012-11-05;收到修改稿时间:2012-12-04

较小环境下对人员进行疏散的研究, 而没有在室外的自然大环境下对人员进行疏散的研究, 显然在后者下的疏散更没有规矩路线可循, 更不好控制人员的行踪.

基于此, 本文以室外的大片森林为背景初步研究了人员疏散模型. 对森林火灾蔓延下人员疏散进行了模型分析, 并在 Repast 平台上进行了仿真实验, 通过引入多智能体的思想可以在没有先验知识的情形下较准确的对该模型进行研究, 同时借助此模型的仿真过程可以为受灾人员和涉灾部门提供一些建设性参考, 具有一定的现实意义.

1 多智能体建模

Minsky 在 1986 年出版的“思维社会”中首次提出 Agent(智能体)^[4]. Casti(1997)提到, 智能体应该既包含行为的基本规则又包含能够改变规则的高级规则, 基本规则提供对于环境的反应, 而高级规则提供对环境的适应^[5]. 作为第三代系统理论, 多智能体以其智能性和社会性异军突起, 其核心是通过局部交互实现全局行为的自下而上的建模思想, 它突破了传统人工智能存在的局限, 为计算机应用提供了一种新的问题解决方案^[6].

正是由于多智能体的以上特点, 将多智能体的方法应用到森林火灾下人员疏散模型的研究中便是本文接下来要阐述的内容.

本文的模型中分为两种智能体(树智能体和人智能体)分别建模, 每个智能体模型有状态、所处的环境、转换规则三个定义格式:

$$M = \{State, Context, Rule\}$$

State 为模型中智能体的状态, Context 为智能体所处的环境, Rule 为智能体自身决策和与环境交互过程中遵循的规则.

1.1 树智能体

① 树智能体状态:

$$State = \langle Attribute, TreeState \rangle = \langle \{PB, PW, PN, PD\}, \{Fresh, Burn, Ash\} \rangle$$

属性分别为: 燃烧概率、因风燃烧概率、邻域燃烧百分比、各方向上的燃烧概率

树状态分别为: 未燃烧的树、燃烧的树、燃烧至灰烬的树;

② 树智能体所处的环境:

$$Context = \{Space, Grid, ValueLayer\}$$

分别代表一个连续空间、网格形式以及网格层的状态的, 本文将森林中的每棵树映射到一个 100×100 的二维网格中, 以一个个树智能体的形式表现出, 以随机分布初始化未燃烧的树智能体, 每个树智能体可以感知周边的环境以及邻域内其他智能体的状态;

③ 树智能体的转换规则:

$$Rule = DONE(Context, State, R, State')$$

表示在 Context 环境下, 初始状态 State 完成规则 R 的执行到达目标状态 State';



图 1 状态图

初始状态是未燃烧的树, 被点燃后成燃烧的树, 最后变为灰烬. 状态图如图 1, 开始我们在一个的二维网格中初始化一定树密度的未燃烧的树, 由于树木分布情况比较复杂, 本文采用随机数来生成树, 具体算法如下:

用户输入树木数: Initial Trees, 如 1000 系统产生 1000 以内的随机数: random(10000) if(random(10000) ≤ 1000) 设置为树, 否则为空

在网格中间处设定初始火源, 即为 Burn 状态. 因为森林大火时火大风盛, 所以本文中只考虑有风的因素.

在邻域半径为 2 的 Moore 邻域内, 一棵树燃烧了, 它周围八个方向上的树都有可能被点燃, 但也不一定全会被点燃, 本文设定 50% 的燃烧百分比, 接下来再确定这 50% 的树中各自的燃烧概率. 在有风情形下, 风向和 wind 强度将是决定树燃烧概率的主要因素, 风向分为东南西北、东南东北、西南西北八个方向, 风强度分为强劲、一般、弱三个级别, 分别有 0.9、0.5、0.1 的燃烧概率, 即在正风方向上, 所有的树有这么大的燃烧概率, 风越大燃烧概率越大, 而在逆风方向, 我们把方向概率设的很小, 而两侧的概率设为正风向和逆风向之间, 这样比较符合实际情况. 以强劲正北风向为例, 各方向上的概率如图 2.

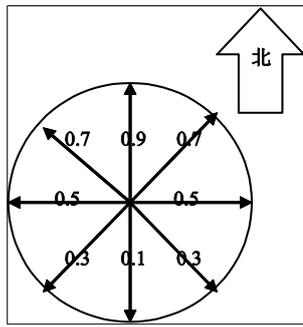


图 2 方向概率

各方向的树就以这样的燃烧概率被点燃, 实现火势蔓延.

1.2 人智能体

① 人智能体的状态

$$State = \langle Attribute, PersonState \rangle \\ \{ \{ DirEvacuation \}, \{ Stop, Move \} \}$$

属性为疏散点方位;

状态分别为静止状态、移动状态;

② 人智能体所处的环境

$$Context = \{ Space, Grid \}$$

将真实世界中人映射到一个 100×100 的二维网格中, 表现为一个人智能体, 每个人智能体可以感知周边的环境以及邻域内其他智能体的状态;

③ 人智能体的移动规则

$$Rule = DONE(Context, State, R, State')$$

为简单起见, 本文中将根据预先设置的紧急疏散点进行疏散, 一般紧急疏散点附近肯定是能够隔断火灾蔓延的, 所以林中人员要第一时间以最短路径赶往疏散点. 当火源开始蔓延时, 即树智能体开始有状态变化时, 人智能体感知到变化, 开始移动, 根据感知到的疏散点的方位朝疏散点方向移动, 在每一步的移动过程中按以下算法进行:

① 以每个人智能体为中心的 Morro 邻域内, 算出邻域中每个栅格单元距离火源中心的欧式距离:

$$Distance = \sqrt{\sum (X_{i1} - X_{i2})^2} \quad (1)$$

其中 X_{i1} 表示第一个点的第 i 维坐标, X_{i2} 表示第二个点的第 i 维坐标;

② 通过迭代得出最小的距离 $Min(Distance)$;

③ 人智能体往最小 $Distances$ 所在的栅格单元移动.

2 仿真实验

搭建好 Repast 仿真平台后, 首先初始化 1000 个树智能体(Initial Trees), 设置 Morro 邻域为 2 格 (Neighbor Size), 燃烧百分比为 50%(Percentage to Burn), 由于各个方向的燃烧概率不同, 所以 Probability All Direction 设为 0, 接下来依次是各个方向上的燃烧概率, 本文初始风向为向北 north(Wind Direction), 所以顺风方向 Probability North(PN)的概率较大为 0.9, 而逆风方向 PS 的概率较小为 0.1, 其他方向则介于这两者之间. 然后初始化火源的位置、人智能体的数目和位置以及疏散点的位置, 本文将火源设在正中间处, 疏散点设在左下角处, 人智能体设在离火源较近的位置.

初始化完成后运行:

第一次设定 2 个人智能体: (图中正方形方块代表树, 十字架代表人, 左下角直角处代表疏散点, 三角形代表疏散路线)如图 3, 图 4, 图 5, 第二次设定 20 个人智能体, 运行 50 步后如图 6.

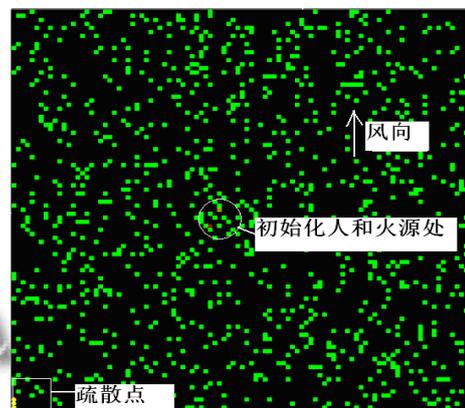


图 3 开始状态

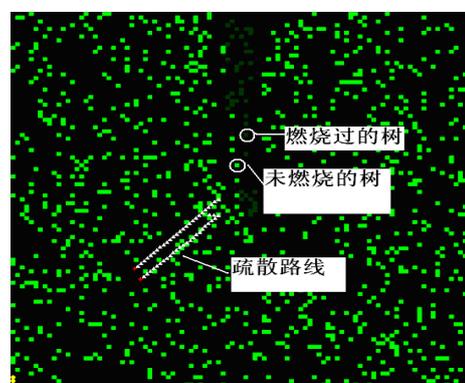


图 4 运行 26 步后

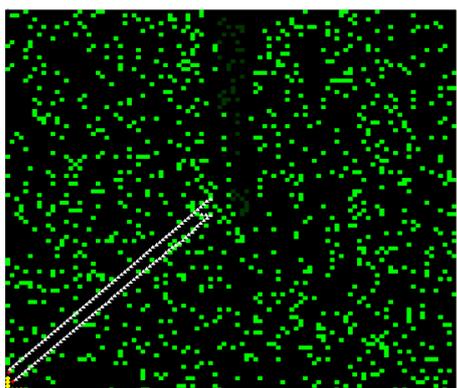


图5 运行64步后

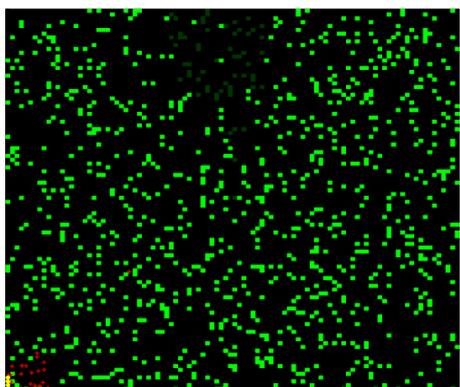


图6 20人运行50次后

实验基本完成了模型的仿真,疏散点位置作为人智能体的属性是人事先知道的事实,在火源开始蔓延后,树智能体按照规则点燃、燃烧,人智能体感知到树智能体的变化后即刻向疏散点移动,最终到达疏散点处。由实验还可以看出在人比较多的情况下,移动过程中会出现个别震荡现象,这是由于在选择下一步移动位置时出现了两个欧式距离相等的路径位置,从而使智能体在两个栅格位置处来回移动,出现震荡现

象,这是该实验不足的地方,后续工作还要优化人智能体移动算法。

3 结语

本文将多智能体思想应用于森林火灾下人员疏散的模型中,对森林火灾情形下牵涉到的两大主体人和树进行了建模,并借助于 Repast 平台进行了仿真,通过实验结果可以看出各智能体局部范围的协作交互便能很好的反映出整体大环境下的趋势。本文在建模的过程中没有考虑很复杂的现实情况,简化了各智能体的属性和动作,后续的工作是将更多的实际因素考虑进去,切实为森林火灾下人员疏散工作提供更多可行性的指导意见。

参考文献

- 董晓非.基于多智能体的森林火灾蔓延模拟.安徽农学通报,2010,16(9):202-208.
- 陆卓谟,秦文虎.火灾中基于个体行为的人群疏散仿真.东南大学学报,2011,41(6):1295-1299.
- 任书君,汪波,欧阳朝辉.基于 Agent 和元胞自动机的人员疏散过程中建模与仿真.福建电脑,2011,(2):99-101.
- 李海刚,吴启迪.多 Agent 系统研究综述.同济大学学报,2003,31(6):728-732.
- Macal CM, North MJ. Agent-based modeling and simulation. Agent-based modeling and simulation. In: Rossetti MD, Hill RR, Johansson B, Dunkin A, Ingalls RG, eds. Proc. of the 2009 Winter Simulation Conference. 2009: 86-98.
- 黎夏,叶嘉安.地理模拟系统:元胞自动机与多智能体.北京:科学出版社,2007.

(上接第163页)

- 2009,6(9):1154-1156.
- 南江霞,李登峰,张茂军.直觉模糊多属性决策的 TOPSIS 方法.运筹与管理,2008,6(17):34-37.
- 李军,刘颖.基于直觉模糊集的 ELECTRE 方法.装甲兵工程学院学报,2011,8(25):92-96.
- 刘秀梅,赵克勤.基于集对分析联系数的信息不完全直觉模糊多属性决策.数学的实践与认识,2010,1(40):67-77.

- Deng JL. The control problems of gray systems, System & Control Letters, 1982,5:288-294.
- 徐泽水.直觉模糊信息集成理论及应用.北京:科学出版社,2008.
- 徐旭东.直觉模糊信息集成方法及其应用研究[硕士学位论文].南京:中国人民解放军理工大学,2010.