

基于 agent 的防汛决策模型的方案研究

刘军民¹, 刘志诚², 汪妮³, 周文韬⁴

(1. 西北大学 城市与资源学系, 陕西 西安 710069; 2. 宝鸡市土木建筑勘察设计院, 陕西 宝鸡 721001;
3. 西安理工大学, 陕西 西安 710048; 4. 陕西省气象局, 陕西 西安 710015)

摘要: 防汛决策是一个智能化的决策过程。agent 是人工智能中的重要技术, 借助 agent 建立防汛决策模型, 能够把防汛决策过程的复杂性进行分解, 并抽象成为能完成不同功能的 agent。agent 按其作用不同主要有协议 agent、任务 agent 和模型 agent 这 3 类, 这些 agent 间的互相协作使得防汛决策这一过程的完成成为可能。以洪水预报系统这一任务 agent 的组织结构的实例说明了基于 agent 的防汛决策模型在开发和应用上的优越性。

关键词: agent 技术; 防汛决策; 模型

文献标识码: B

文章编号: 1000-288X(2007)04-0092-04

中图分类号: TV122

Design of Flood Prevention Decision-making Model Based on Agent Technique

LIU Jun-min¹, LIU Zhi-cheng², WANG Ni³, ZHOU Wen-tao⁴

(1. Department of Urban and Resource Sciences, Northwest University, Xi'an, Shaanxi 710069, China;

2. Baoji Design Institute of Civil Engineering and Architecture, Baoji, Shaanxi 721001, China;

3. Xi'an University of Technology, Xi'an, Shaanxi 710048, China;

4. Meteorological Bureau of Shaanxi Province, Xi'an, Shaanxi 710015, China)

Abstract: Flood control decision-making is an intellectualized decision process. The agent is an important technology in artificial intelligence. A flood control decision-making model constructed by dint of an agent is able to decompose the complexity of flood control decision process, and the abstract makes the agent being able to accomplish the different functions. According to the effects, the agent may have three types of protocol agent, mission agent and model agent. Mutual cooperation makes the accomplishment of flood control decision process feasible. This paper takes the flood forecasting system as an example, and explains the advantages of the flood control decision-making model based on the agent.

Keywords: agent technique; flood control decision-making; model

防汛决策支持系统是多系统、多数据源的复杂的决策问题。该系统由多个组成部分协作构成, 这些组成部分之间有许多交互。

在基于面向对象的系统分析与设计中, 研究人员需要一种具有主动的行为机制, 灵活的行为模式和独立的控制机制的计算实体来建立更复杂的模型, 设计和实现功能更强大的应用系统。

agent 是人工智能中的重要技术, 它们对于解决传统防汛决策系统智能化不足, 对于复杂系统求解等都有重要的作用。因此, 复杂的防汛决策问题的解决归

根到底就是一个智能化的决策支持系统的建立问题。

1 agent, 多 agent 系统及其特点

agent 的概念出现于 20 世纪 70 年代的人工智能 (Artificial Intelligence, AI) 中, 在计算机领域, agent 被认为是授权的“个人软件助理”, 是一种在分布式系统或协作系统中能持续自主地发挥作用的计算实体, 常简称为智能体^[1]。agent 是由一组非共享的对象所组成的自主的个体, 但不同于对象。agent 是具有目标、知识和能力的独立实体, 其能力主要包括知识

获取与应用能力, 与环境通信能力和事务处理能力等。agent 可以看成是人的助手, 能够按照人的意图去独立自主地为人完成某些任务。它具有自主性、反应性、主动性、交互性等特点。

多 agent 系统是分布式人工智能 (Distributed Artificial Intelligence, DAI) 研究领域的一个重要分支。它是指一些自主的 agent 通过协作共同完成某些任务的计算系统, 侧重于研究如何协调一组 agent 的行为, 即研究这组 agent 为了联合采取行动或求解某个复杂问题时, 如何协调各自的知识、目标、策略和计划等。防汛决策支持系统涉及到多个行为、多个个体之间的协调与合作, 因此属多 agent 系统, Multi-Agents System 研究范畴。防汛决策的问题域非常复杂庞大, 解决这样问题的合理方式就是将其分成多个功能专一的模块进行处理, 每个模块专长于解决问题的一个特定方面, 在 MAS 中, 这些功能专一的模块就是 agent。分解, 可使每个 agent 使用最适当的模式来解决特定问题; 与系统中的其它 agent 协同, 可解决存在相互依赖的问题。与单个 agent 相比, MAS 能够完成更为复杂更广泛的功能, 各 agent 能够在完成自己独立的任务的同时, 给整个 MAS 产生增值作用。

2 基于 agent 的防汛决策模型的建立

2.1 复杂防汛系统的分解

防汛决策支持系统是复杂系统, 其复杂性呈现出一定的规律性。

MAS 就是一个可以对复杂问题进行分解、抽象和组织的强有力的工具。基于系统的复杂性及规律性, 分解就是将防汛决策系统中相关的功能封装在一起, 划分为较小的、更容易管理的子模块, 如信息收集、洪水预报、调度方案和决策会商等问题。并使每一个子模块都可以相对独立地被加以处理。“分解”有助于处理复杂性, 因为它限定了设计者只需要考虑一部分问题; “抽象”就是定义系统的一个简化模型, 它考虑重点的细节或者属性, 忽略次要的细节和属性; “组织”是识别和管理多个子问题求解组成部分之间的关系, 使一些基本部分可以组合起来, 作为更高层次的分析单元, 它提供了一种描述多个单元之间关系的途径, 是求解复杂问题的关键。

在防汛决策中采用面向 agent 的方法意味着把防汛决策问题分解为多个相互交互的, 自主的组成部分(agent), 每一个组成部分完成一个特殊的目标。面向 agent 思想的关键是定义 agent 模型, agent 间的交互和组织

2.2 基于多 agent 的防汛决策模型的建立

防汛决策的过程可分为 4 个阶段: (1) 情报活动阶段。主要完成气象、水雨情、工情、险情、灾情等防汛信息的收集、整理, 并提供信息服务。信息是决策的基础, 它构成了决策的环境。(2) 预测预报活动阶段。主要完成暴雨预报、洪水预报、工程安全状况预测、洪灾发生发展预测等。防汛决策属事前决策, 没有预测就没有事前决策, 预测预报结果是调度的依据。(3) 方案设计活动阶段。依据决策目标和可供使用的防洪手段设计出实现决策目标的可行方案集, 以及每个可行方案的风险及后果评价。(4) 方案选择(决策)阶段。进行方案调整, 选出满意方案予以实施及反馈修正。

由决策过程可知, 遍布于各 Web 节点上的信息是支持决策的核心。本文在防汛决策多 agent 系统的设计中, 把决策中数据、知识、方法和模型等相对不变的部分设计为服务器端的 agent, 而与决策者的决策意愿有关的问题和方案的生成过程设计为客户端的 agent。防汛决策的 MAS 结构如图 1 所示。

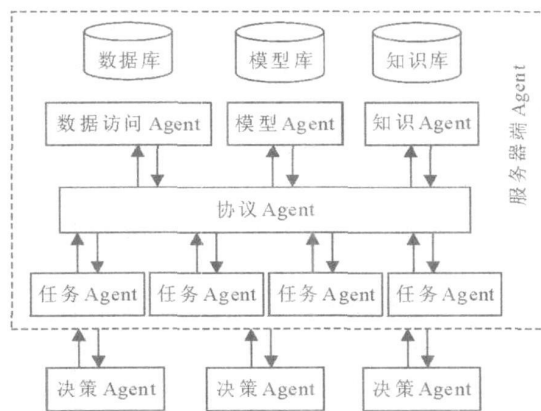


图 1 防汛决策 MAS 结构

在防汛 MAS 中, 服务器端设置了一个数据访问 agent, 一个模型 agent, 一个知识 agent 分别完成对后台数据库、模型库及知识库的管理, 还设置多个任务 agent 以响应决策者的信息需求。为了解决不同 agent 间的通信问题, 服务器端还设置了一个协议 agent 以管理和沟通不同 agent 的交互与合作。客户端设置了决策 agent 代表不同决策对象的决策过程。

(1) 协议 agent。协议 agent 是所有 agent 进行信息交换的中心枢纽。它的作用是负责 agent 间消息的发送及解释。所有 agent 在工作前要注册到协议 agent 中, 才能与其它 agent 进行通讯。协议 agent 在消息处理机制方面采用消息队列方式以保证消息的成功发送。协议 agent 使各个 agent 不需要

记住其它 agent 的实际地址,能有效简化 agent 的行为,这些特点有利于 Internet 环境下的分布式应用。

协议 agent 还是其它 agent 的控制中心,它负责协调各个 agent 的工作关系,它收集并解释决策 agent 传递来的信息,然后根据需要向任务 agent 分配任务,随后将任务 agent 完成的任务结果传递回用户端决策 agent,协助决策者完成决策活动。

(2) 任务 agent。任务 agent 主要是用来完成特定求解任务的,根据任务的不同,系统在服务器端设置了多个任务的 agent,它们在协议 agent 的指导下协调工作。任务 agent 是根据防汛决策过程事先设置的,也可以在决策过程中根据需要建立新的 agent。防汛决策信息包含来自于信息源的信息和经计算获得的信息 2 种,无论哪种信息获取方式,都可看作是一个任务 agent。因此,服务器端的任务 agent 主要有信息处理 agent,洪水预报 agent,防洪调度 agent,灾情评估 agent,信息服务 agent 等。各任务 agent 都是防汛系统中的一个子系统,同时其本身也具有复杂的结构。

(3) 数据访问 agent,模型库 agent,知识库 agent。这 3 个 agent 的作用是对库中的数据、模型和知识进行管理。以数据访问 agent 为例,它相当于面向对象技术中对外提供的统一的数据平台,但具有 agent 所独有的主动性和学习性。

(4) 决策 agent。一个决策 agent 可以包括 3 个内部 agent,即界面 agent,事件 agent 和求解方案 agent。

界面 agent 根据用户对系统的使用情况建立用户模型,推理机运用模型库和知识库中的知识,推理得出适用于该用户的界面工作方式,进而触发事件 agent 的事件生成系统对决策者的决策意向进行识别。事件 agent 能根据知识库中有关知识围绕着决策意向进行推理,向决策者返回一系列的启发性信息(如可选问题),启发决策者的思路。两者的交互进一步明确决策者的意向,最后得出一个对应于决策者决策意向的事件描述。求解方案 agent 根据事件 agent 提供的事件,用分析推理机调用模型库和知识库中的知识,推理生成适用于该事件的方案求解策略,并根据通讯协议将求解策略发送到服务器端的协议 agent。

以防汛调度为例,决策者以用户名和口令登陆系统后,界面 agent 确定决策者的身份和工作方式,事件 agent 根据自身的知识库和模型库为决策者提供一系列的待选问题,决策者选择关注的防洪工程调度问题,系统驱动求解方案 agent 基于以往的知识 and 模

型给出不同的可选调度方法,决策者根据决策目标选择调度方法,求解方案 agent 帮助生成一个求解策略,例如根据水雨情信息进行洪水预报—建立调度模型—制定优化调度方案—方案计算。求解方案 agent 将这一策略传递给协议 agent,通过它的通信与管理功能,把这一求解策略分配给不同的任务 agent。通过它们的合作完成防洪调度计算,并将结果返回给决策 agent 以辅助决策。当每位决策者都获得决策结果后,系统根据一定的集结方法对决策结果进行综合,以获得最终的决策。

2.3 任务 agent 的组织结构

任务 agent 是获取防汛决策信息的工具,这个工具可以是针对信息源的搜索引擎,也可以是获取防汛决策信息的任一应用子系统。下面分别以智能搜索引擎和洪水预报子系统来说明任务 agent 的组织结构。

2.3.1 洪水预报 agent 在分布式网络环境下,洪水预报系统作为防汛决策系统的任务 agent,它本身就是一个多 agent 系统,包括交互 agent,管理 agent,协作 agent 和模型 agent 4 类。利用多 agent 理论构建任务 agent,能较好地处理任务 agent 内部复杂的求解问题。各类 agent 在预报系统中的合作过程如图 2 所示,其中用户 1 和用户 2 表示 2 个不同的应用过程。

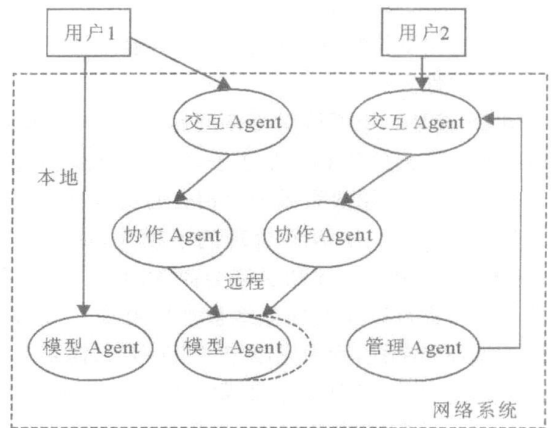


图 2 洪水预报 agent 系统的内部结构

(1) 交互 agent。是由人和计算机通过人机界面组成的一个有机的整体。它在系统中充当人机交互界面的角色,它代替传统的人机交互界面,强调 agent 的自主性和学习性。利用它用户可以打开和维护数据,显示数据曲线,查询其它 agent 的信息和调用模型 agent 运行并显示运行结果等。

(2) 管理 agent 保存着模型系统中各个 agent

的相关信息,如名称、地址、类型和功能等,还负责系统的管理和有关 agent 的信息查询等。

(3) 协作 agent。是定义 agent 之间的协作关系的,包括各种协作协议、策略、对协作的处理和评估。

(4) 模型 agent。是用定性或定量的方法或模型封装而成的 agent,是执行方法计算或模型运行的主体。用户利用交互 agent 来远程调用其运行,它将得到的结果发送给交互 agent。

由图 2 可知,用户可利用交互 agent 远程调用模型 agent,两个 agent 之间通过协作 agent 进行通信。利用交互 agent 可以从管理 agent 那里查询到系统中有哪些模型,以便选择需要的模型。模型 agent 需要数据和参数才能运行,所以交互 agent 首先要询问该模型 agent 需要哪些必要的参数,模型 agent 将所需要的参数信息通过协作 agent 传送到交互 agent 并由它显示给用户,用户输入必要的参数发送给模型 agent 或调用参数计算 agent 获得参数发送给模型 agent,模型 agent 便开始运行。在模型运行的过程中,用户可以利用交互 agent 同模型 agent 进行必要的交互以指导它运行。

2.3.2 智能信息服务 决策用户在进行信息检索时,总是抱有 2 种期望,一是希望找到与感兴趣的主题相关的所有文档,同时又不希望包含与主题无关的文档,也就是要提高检索率和检索精度。传统的搜索引擎只能把信息源提供的与搜索关键字相匹配的信息无序返回,并罗列在决策者界面上,而不考虑决策者对信息的偏好和意愿。这一点对决策是极为不利的,因为防汛决策通常发生在非常情况下,对时间和准确性要求都比较高。

智能化信息服务是建立在 agent 技术及搜索引擎技术基础之上的。它将 agent 技术应用于信息检索中,并利用其特性,为用户提供个性化的信息服务。基于 agent 的信息检索系统主要由如图 3 所示的 5 个部分组成。

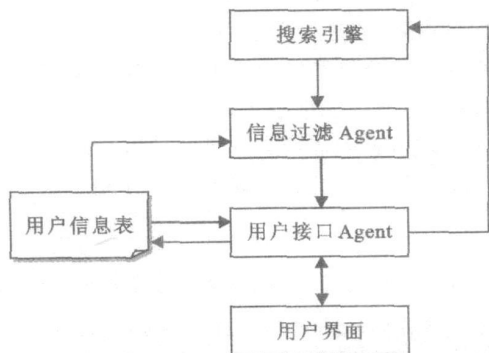


图 3 智能 agent 信息检索系统结构

(1) 用户接口 agent。用户接口 agent 接受用户界面的输入,并对用户的意愿和偏好进行分析,并将分析结果存储在用户信息表中,把输入传递给搜索引擎,使其遍历防汛网站的信息源并从中获取相关信息;接受过滤 agent 的过滤结果并主动通知给用户,接收用户对结果的评价反馈,并以此动态地修改用户信息表,从而更精确地描述用户的个性化信息。

(2) 信息过滤 agent。信息过滤 agent 利用用户信息表提供的个性化信息对搜索结果进行过滤,其目的是提高检索精度。它能过滤掉搜索引擎返回的用户不感兴趣的部分,把用户感兴趣的信息按重要性级别排序并以列表形式发送给用户。

(3) 用户界面与用户信息表。用户通过输入界面发出检索请求,并将请求传递给用户接口 agent,同时也接收用户接口返回的查询信息。用户信息表建立的关键是机器学习功能,其主要思想是将用户在 Web 上的活动情况记录下来,作为系统已学习到的使用经验。用户信息表中包括有 3 个部分内容:即用户的注册信息,用户的以往查询信息记录和用户对搜索结果的评价反馈信息。

3 结论

以 agent 及多 agent 系统为基础建立智能化的防汛决策支持系统及其子系统,已成为当前对防汛决策模型研究的一个新的热点。基于 agent 及多 agent 系统的防汛决策模型为大范围、多部门的复杂防汛决策提供智能化的决策流程,使决策过程充分体现决策者的决策意图,其优越性表现如下。

(1) 面向 agent 方法把应用系统分解成若干个相对独立的子系统,它们一般是拥有一定资源并能自主的控制这些资源的实体 agent,这样可以很好地解决资源、能力、数据的分布问题。

(2) 每个 agent 都可以采用适合自身的方法独立的设计,而不必局限于同一种方法。这样一方面大大减小了设计的复杂度,另一方面也提高了开发子系统的效率。

(3) 采用面向 agent 的方法可以把已开发的模块进行封装,很容易的加入到新系统中来,利于系统的更新。

(4) 多 agent 系统中每个 agent 都可以被设计成为满足自己的最大利益而进行决策的实体,当整个应用系统涉及到多个利益实体时, MAS 天然地支持多 agent 的协商与合作,每个 agent 不必再单独实现此机制。

(下转第 99 页)

根据观测数据的单因素方差分析及多重比较,不同边坡的香根草小区径流量差异不大,但与对照边坡小区的差异显著($P=0.05$),与对照边坡相比,第3级和第4级边坡的径流量分别减少50.85%,60.34%,可见,种植香根草能够拦截坡面径流。

2.2.3 边坡的稳定性 根据香根草的力学特征,其根系的抗拉强度平均为75~85 MPa,相当于钢极限强度的 $1/6^{[5]}$ 。

在香根草种植1 a后,抽样量测根系长度,平均为36.2 cm,最大根长为41.5 cm。发达的根系及其强大的抗拉强度,增强了弃土堆积边坡松散土体的抗蚀能力,保护边坡土体不至于下滑或塌方。3 a的跟踪观测表明,供试弃土场堆积边坡种植香根草以来,经历了当地亚热带季风气候区每年4—9月的雨季,在降雨集中、短历时大雨或暴雨频繁的情况下,整个边坡处于稳定的状态,坡面未出现明显的冲刷沟槽,或坍塌、滑坡等严重水土流失现象,其稳定性与浆砌片石拱架植草的第1,2级边坡相当。

3 结论

(1) 高速公路弃土场在未实施水土保持措施前,土壤侵蚀可达到剧烈程度,按类比法分析结果,平均

侵蚀模数为 $3.24 \times 10^4 \text{ t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ 。坡面沟蚀现象明显,沟蚀强度约为 $1.69 \text{ kg}/\text{m}^2$ 。

(2) 在高速公路弃土场堆积边坡种植香根草治理水土流失的实践证明,该方法水土保持效果显著,可使坡面土壤侵蚀得到有效控制,边坡稳定性与浆砌片石拱架植草的相当,在一定程度上可以代替工程护坡措施。

致谢:参加本试验工作的还有项目组的其他成员,香根草苗由华南植物园夏汉平研究员提供,降雨数据由广东省气象局提供,在此一并致谢。

[参 考 文 献]

- [1] 凌云,王玲.生态恢复与水土保持技术在高速公路临时用地中的应用[J].广东公路交通,2004(4):16—18.
- [2] 高玉华,林海鹰,王晓惠.开发建设项目水土流失预测方法探讨[J].黑龙江水利科技,2002(1):25.
- [3] 水利部国际合作与科技司编.水利技术标准汇编·水土保持卷[M].北京:中国水利水电出版社,2002.9—10.
- [4] 刘震主编.水土保持监测技术[M].北京:中国大地出版社,2004.40—42.
- [5] 冯子元.香根草技术在道路边坡中的应用与成本分析[J].公路,2003(4):136—139.

(上接第95页)

(5) 面向 agent 与面向对象不是互相排斥的。在面向 agent 的方法中,完成 agent 内部的各任务模块时,也要利用面向对象的方法来分析设计与实现。与对象相比,agent 粒度更大,是具有自主性的实体。

[参 考 文 献]

- [1] 何炎祥,陈莘萌.agent和多agent系统的设计与应用.[M]武汉:武汉大学出版社,2001.
- [2] 吴元斌.面向agent技术[J].现代计算机,2001(6):

32—34.

- [3] 高长元.基于Internet高新技术产品评价群决策支持系统研究[D].哈尔滨工业大学博士学位论文,2002.
- [4] 毛海军,唐焕文.基于agent的决策支持系统研究[J].计算机工程与应用,2003,37(15):12—13.
- [5] 胡代平,王浣尘.基于多agent的模型系统研究[J].系统工程理论方法应用,2001,10(2):89—92.
- [6] 岳新利,汪妮,张永进,等.基于智能Agent的防汛决策模型[J].西安理工大学学报,2004,20(3):240—248.