

面向对象流团模型的应用研究

管 群, 卢晃安

(四川大学 计算机学院, 四川 成都 610065)

摘 要:为提高流团模型算法的可扩展性和适应性,在泥石流数值模拟的计算机实现中结合面向对象思想,分别将流团力学参数算法和节点的参数统计算法进行封装建立面向对象的流团模型。并以云南蒋家沟泥石流灾害数据为例,在泥石流数值模拟过程中成功应用了面向对象的程序设计方法。

关键词:面向对象程序设计;流团模型;数值模拟;泥石流

中图分类号:TP311

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2007)12-0184-03

Study and Application of Oriented Object Flow Model

GUAN Qun, LU Huang-an

(Computer School, Sichuan University, Chengdu 610065, China)

Abstract: Flow model arithmetic can be extendible and adaptability for the exaltation, combine to object oriented thought in the debris-flow numerical simulation of the calculator realization, flow mechanics parameter calculate way and the parameter of the node to statistics calculate way to carry on sealing to pack an establishment to object to flow model respectively. Take the disaster data of Jiangjiagou debris-flow in Yunnan province as an example, applied to the program design method of object oriented method successfully in the debris-flow numerical simulation the process.

Key words: object oriented programming; flow model; numerical simulation; debris-flow

0 引言

近年来,数值模拟技术越来越广泛地被应用到减灾防灾领域。考虑到以往根据泥石流多因子综合定量判定模式及其计算公式,使用系统方法统计分析评估泥石流的危险度。通常只能简单地定量分析某一特定地区的泥石流的危险度,没有对泥石流的运动性质进行精确表述,分区精度不高,且不容易进行推广应用。采用了王光谦等基于拉格朗日数值方法提出的、能适应复杂地形的流团模型来计算泥石流在堆积扇上的泥深和速度分布,并结合面向对象思想,对流团模型的计算机应用进行了对象化处理,使基于流团模型的泥石流数值模拟算法具有更好的可扩展性和适应性。

1 流团模型

流团模型是泥石流堆积模型。根据王光谦等提出的固液两相流理论,以两相流模型为基础,结合泥石流

本身的物理特性,建立泥石流的两相流计算模型。泥石流流动主要危害地区是下游的堆积扇区,在堆积扇区的泥石流运动具有平面二维的流动特性,而且产生堆积的主要因素是本身所具有的势能不足以克服其所受阻力。流团模型首先建立在两个假设的基础上,即认为泥石流由大量体积相等且形状、性质完全一致的流团组成,并且流团之间是连续和无空隙的;流团与流团之间有动量和力的传递但无物质交换。在时间和空间上进行离散化,将时间分为若干个时间步长,空间则划分为等大的网格坐标,并在整个计算时间域内对每个网格运用统计原理将位于该网格的所有流团的运动参量表述在网格节点上,这样就得到了整个堆积扇区泥石流的总体运动规律。

流团模型是一种进行泥石流模拟的数学方法,为了保证流团模型的适应性和可靠性,需对流团模型规定约束如下:

(1)流团体积约束准则。

单个流团的体积在数值上应该不大于网格单元面积的 $1/10$ 。

(2)流团连续性准则。

在整个计算时间域上,每个网格内的流团数必须

收稿日期:2007-03-01

基金项目:国家自然科学基金资助项目(40201009)

作者简介:管 群(1959-),女,浙江黄岩人,博士,副教授,硕士生导师,研究方向为AI、ICAI、VR-GIS、网络技术和智能化信息处理等。

不小于 40。

(3) 流团位移准则。

所有流团在单个时间步长内的位移不能大于网格单位长的 1/4。

而且流团的体积的大小应该符合宏观足够小,微观足够大的原则。将各个流团作为刚体运动,流团之间仅有动量和力的传递,在这个基础上结合牛顿力学运动定律,可以得到流团的加速度、速度和空间位置。

2 面向对象的流团模型应用

描述流团运动规律最重要的参数是速度 (Velocity) 和位置 (Position)。由于泥石流在堆积扇区的运动在平面上是二维的,所以描述速度的参数也应该是二维的,即 X 方向 (Velocity X) 和 Y 方向 (Velocity Y)。考虑到流团模型所使用的速度计算公式是一个迭代公式,所以这里的速度记录的应该是两个时刻的速度,即当前时刻和前一时刻的速度。位置参数主要存放的是当前流团所处网格的行列号,即行号 (Position X) 和 (Position Y)。

以时间步长 Δt 离散化动量方程得到流团加速度公式(1):

$$\begin{cases} \frac{u_k^{n+1} - u_k^n}{\Delta t} = gS_{gx}^{n,k} - gS_{fx}^{n,k} \\ \frac{v_k^{n+1} - v_k^n}{\Delta t} = gS_{gy}^{n,k} - gS_{fy}^{n,k} \end{cases} \quad (1)$$

可进一步变形为流团速度迭代公式(2):

$$\begin{cases} u_k^{n+1} = (gS_{gx}^{n,k} - gS_{fx}^{n,k})\Delta t + u_k^n \\ v_k^{n+1} = (gS_{gy}^{n,k} - gS_{fy}^{n,k})\Delta t + v_k^n \end{cases} \quad (2)$$

在计算时间域上的每个时间步长都进行一次迭代就可以得到每个流团在泥石流堆积过程中的速度。

在流团模型中除了要得到流团在各个时间步长内的速度参数外,还需要得到每个流团在各个时刻的位置参数,假设已知流团在某个时刻的位置坐标,则可以通过速度的迭代得到下一个时间步长该流团的位置,见公式(3):

$$\begin{cases} x_k^{n+1} = x_k^n + \frac{u_k^{n+1} + u_k^n}{2} \Delta t \\ y_k^{n+1} = y_k^n + \frac{v_k^{n+1} + v_k^n}{2} \Delta t \end{cases} \quad (3)$$

通过以上三个公式就可以完整描述所有流团在整个计算时间域上的运动规律,但是泥石流是一个整体性的运动,单单知道流团的运动规律还不足以反映整个堆积过程,这就还需要结合对空间位置的网格节点的参数进行综合分析。

在整个计算域中除了使用流团来计算泥石流流动运

动参数外,还需要在整个泥石流堆积区域布置一个平面二维的固定网格,应用统计的方法把网格节点附近所有流团的运动参数体现在网格单元的节点量上。其中每个网格单元都是以边长为 Δl 的正方形, Δl 的大小可以从该地区的地理数据当中获取 (如在 SuperMap 中可以提取该地区的栅格数据)。

节点量用来表达整个堆积区域的特性,主要包括节点流深和节点流速,并可以由这两个参数得到该节点所具有的动能、动量等危险性分区参数。需要计算节点流深和节点流速。最后节点流速分布由 X 和 Y 方向的速度叠加而得。网格节点的其他参数可以由流速和流深两个参数通过基本物理公式计算得到。

高程数据描述的是节点的高度,一般地,将该节点的高度作为整个节点单元区域内的高度。为了提高精度,需要对节点区域内的点进行插值运算,这里使用双曲抛物面插值算法。节点单元如图 1 所示。

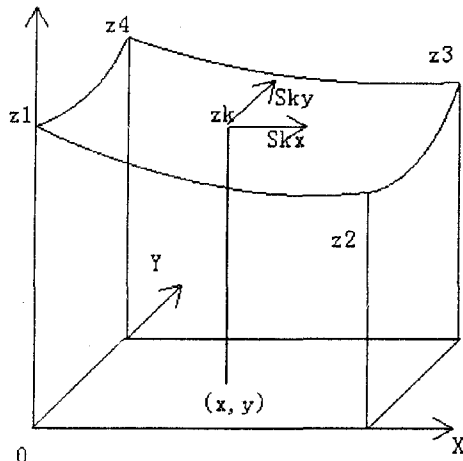


图 1 节点的描述

Z_1, Z_2, Z_3 和 Z_4 分别是四个角点的高程, Z_k 是网格节点内的任意点,且其坐标为 (x_k, y_k) 。则 z_k 的插值公式为:

$$Z_k(Z_1, Z_2, Z_3, Z_4, x_k, y_k) = Z_1(1 - x_k)(1 - y_k) + Z_2x_k(1 - y_k) + Z_3x_ky_k + Z_4(1 - x_k)y_k$$

通过上面的插值公式可以得到网格节点内任意一点的高程数值。

除了属性之外还应该把牵涉到流团的计算也封装到流团类中,牵涉到流团的计算主要包括:流团速度的计算、流团位置的计算、重力坡降的计算和摩擦坡降的计算。

节点的地理信息主要是该节点的高程数据,即该网格的地面高程 (Elevation),在这里是指该网格点的海拔高度。节点量主要存放的是该节点附近所有流团运动规律的统计量。

因为节点量的主要作用是为危险性分区提供数量

依据,所以节点量中的统计数据应该是整个计算时间域上的最大值,即最大流速(Max Velocity)、最大流深(Max Depth)以及分区所需的最大动能(Max Kinetic Energy)和最大动量(Max Momentum),并且这些属性在数值模拟过程中是实时更新的。

流团的初始化在数值模拟过程中是一个动态的过程。在整个计算时间域上,出口节点处的流团数、流深,以及流团的初始速度均可通过计算得出,那么 t_0 时刻开始就可以对每个初始化后的流团开始进行迭代计算,即每个时间步长进行一次计算并实时更新流团类中的数据,主要是更新流团的当前速度、位置以及其他数值模拟所需的参数,并为下一次迭代运算做准备。当流团的当前速度衰减为 0 时则停止迭代,表示该流团已经停止。在每次迭代运算之后都要进行分布属性的计算,并且计算的结果将由节点类进行统计和更新。

节点量由一个全局的二维节点对象数组来表示,并且该节点对象数组在数值模拟算法之前就已经完成了初始化。这里定义全局的一个静态二维数组而不是使用动态的二维数组主要是出于提高算法运行效率的目的,因为在算法运行过程当中需要大量进行节点量的读取。

利用面向对象的方法对数值模拟算法进行封装,并结合 SuperMap 提供的地图分析控件构建了一个基于面向对象的泥石流数值模拟系统。采用云南东川蒋家沟泥石流的实测数据对当地泥石流数据进行可视化模拟,得到与实际测量数据相符合且较为直观的泥石流堆积分布图,图 2 是进行泥石流数值模拟的范例。

3 结 论

综上所述,采用面向对象的流团模型,利用计算机

的快速数据处理能力针对泥石流灾害数据进行拟合、模拟,并进而进行科学预测是一种行之有效的方法。考虑到引发泥石流灾害的因素十分复杂,而且各个灾害区域的地貌特征与性质的差异较大,不同地方的气候变化条件也不能一概而论,所以以上所讨论的方法有待于进一步完善,以期达到更大的适用范围。

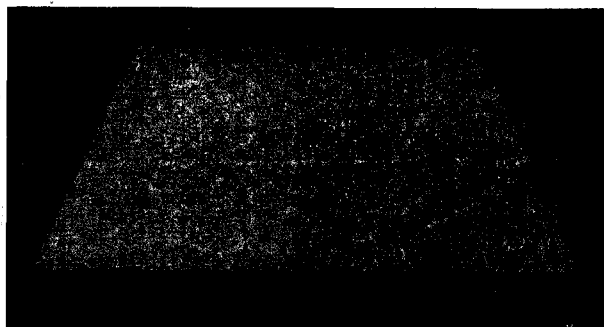


图 2 泥石流模拟范例

参考文献:

- [1] 王光谦,倪晋仁.泥石流的颗粒流模型[J].山地研究,1992,10(1):1-10.
- [2] 倪晋仁,王光谦,熊育武,等.泥石流的结构两相流模型:II.应用[J].地理学报,1998,53(1):77-85.
- [3] 韦方强,胡凯衡,Lopez J L,等.泥石流危险性动量分区方法与应用[J].科学通报,2003,48(3):298-301.
- [4] 管群,韦方强,胡凯衡.基于实时数值模拟的泥石流危险性分区系统研究[J].计算机应用研究,2006(12):54-55.
- [5] 王光谦,邵颂东,费祥俊.泥石流模拟:1-模型[J].泥沙研究,1998(3):1-13.
- [6] 唐军,管群.基于 SuperMap 的泥石流数值模拟实时显示技术研究[C]//第五届海峡两岸山地灾害与环境保护学术研讨会.[出版地不详]:[出版者不详],2006:164-168.

(上接第 183 页)

4 结束语

基于 J2ME 的手机软件具有移植性好和其它很多优势,可以让移动通信设备发挥出最大的潜能,应用前景非常广阔。它不仅适用于手机,还适用于双向寻呼机、手持设备、蜂窝电话等无线通信设备及个人管理器、销售点终端等。此外,因为 J2ME 技术可以支持从 GSM, GPRS, WCDMA, CDMA 等多种无线网络,所以不管是未来的 3G 网络,还是基于 J2ME 的 Java 手机软件都有自己的发展空间,并将在移动互联网的发展过程中发挥重要作用。文中通过对手机软件开发的相关基础知识的阐述,设计了基于 J2ME 的实时监视系统,并得到了验证,这将为扩展手机业务提供一定的技术支持。

参考文献:

- [1] 焦祝军,张威武. J2ME 无线通信技术应用开发[M].北京:北京希望电子出版社,2002.
- [2] Keogh J. J2ME 开发大全[M].潘颖,王磊译.北京:清华大学出版社,2004.
- [3] 王森. Java 手机程序设计入门与应用[M].北京:中国铁道出版社,2003.
- [4] 魏冬健,高济.基于 J2ME 平台的无线设备应用系统的开发[J].计算机应用研究,2002(10):146-148.
- [5] 郭春雷,李祥.基于 J2ME 平台的手机远程监控系统的研究与实现[J].计算机系统应用,2005(11):86-88.
- [6] 庄东,刘晓华. JBuilderX 无线应用开发[M].北京:电子工业出版社,2004.