

基于超图的生态环境修复模型的研究与应用

罗 静¹,毛其智²,党安荣²

LUO Jing¹,MAO Qi-zhi²,DANG An-rong²

1.清华大学 建筑与城市研究所,北京 100084

2.清华大学 建筑学院,北京 100084

1.Institute of Architecture & Urban Studies,Tsinghua University,Beijing 100084,China

2.School of Architecture,Tsinghua University,Beijing 100084,China

E-mail:rudy_luo@126.com

LUO Jing,MAO Qi-zhi,DANG An-rong.Study and application of ecological rehabilitation model based on hyper-graph theory.Computer Engineering and Applications,2007,43(31):188-191.

Abstract: Through analyzing the influencing factors of biological repair area,according to the spatio-temporal features of occurrence and distribution of soil and water loss,combining the features of HBDS,USLE equation and link mechanism,applying GIS technology,we reasoned the spatio-temporal rule of ecological rehabilitation,and then constructed a hyper-graph spatio-temporal reasoning model based on moving objects.After applying this model in the system of ecological rehabilitation,we realized the effective monitoring,management and prevention and acquired the anticipative effect.

Key words: GIS;ecological rehabilitation;spatio-temporal model

摘 要:通过对生态环境修复过程中对各种影响因素的分析,根据水土流失的发生和分布的时空特性,结合超图数据结构的运算特点、USLE 方程以及连接机制,利用 GIS 技术,对生态环境修复的时空变化规律进行了推理,建立了基于移动对象的超图时空推理模型,通过该模型在生态环境修复系统中的应用,可以对水土流失进行有效的监测、管理和防治,取得了良好的应用效果。

关键词:地理信息系统;生态环境修复;时空模型

文章编号:1002-8331(2007)31-0188-04 **文献标识码:**A **中图分类号:**P28;TP391

1 引言

近几十年来,由于社会的粗放式发展,导致国内大部分地区生态环境严重破坏,水土流失严重,造成严重的资源浪费和经济损失。以云南省为例:由于大量的开发建设活动,不合理的土地利用以及自然因素的影响,水土流失极为严重,由此造成了人均耕地减少,耕地质量较差,同时也造成了水土污染面积扩大,土地质量下降,土地的后备资源潜力不足等问题,大大制约了云南社会经济的发展。近年来,随着我国社会经济发展模式的转变,云南省大力加强生态环境保护与修复工作,生态环境有了较大改善,水土流失的趋势得到了初步控制。但是如何使受到破坏的生态环境得到科学的修复,就需要我们提出一个切实可行的方案。

2 生态修复中的移动对象

2.1 生态环境修复概述

生态环境修复是使用综合方法,使因受到人类活动的干扰而丧失或退化自然功能的修复区得到修复。生态环境修复是一个复杂的过程,它需要掌握破坏生态系统结构和功能或阻止其

恢复的自然或人为因素,调查修复区生态系统的结构和功能的变化,以及对生态系统有影响的物理、化学和生物过程。任何修复方案都应该承认现状,而且,在任何情况下,修复的结果都不会恢复到其原始状态。因此,建立具有自修复功能的系统应该成为修复的目标。

2.2 移动对象简介

美国科学家 Michael.F.GoodChild 教授曾经说过:“GIS 是受应用需求驱动的”。社会的加速发展造成了对环境、资源、数字地球、全球变化以及水土保持工作中数据分析和处理的需求,对数据的处理和分析就提出了新的要求,要求现代数据的管理不仅要满足自身业务管理的需要,还需要进行跨区域操作和对历史情况进行查询并对发展情况进行预测。经过近几年的快速发展,GIS 技术已逐步从静态数据的管理发展到对动态数据的管理。

面向对象技术通过对象的概念把时间和空间作为属性完美地集成到了一个对象中,为人们更好地认识和描述时空数据提供了有效的手段。而移动对象概念的出现,是对对象概念的一个突破,是对象语义的一个扩充,移动对象与普通对象的区

作者简介:罗静(1978-),女,博士,清华大学建筑学院建筑与城市研究所博士后,主要从事地理信息系统、遥感及“数字城市”的研究与应用;毛其智(1952-),男,教授,博士生导师,研究方向:城市与区域规划,城市基础设施,GIS/RS 在城乡规划中的应用;党安荣(1964-),男,教授,博士生导师,主要从事 RS 与 GIS 在人居环境、城乡规划、数字城市等方面的研究与教学工作。

别就在于它的移动特性。因此,如何定义和描述移动对象的特征就引起了人们的普遍关注。与描述普通对象相比,需要对移动对象的如下特征进行描述:(1)对象的方向;(2)移动距离;(3)对象的形状;(4)对象的属性变化特征。

移动对象的定义有广义和狭义之分,基于本研究的需要,把移动对象定义为图1所示的形式。

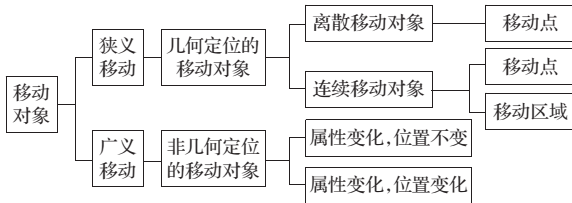


图1 移动对象定义

从图1可以看出,狭义移动对象是指对象的空间位置随时间的变化而不断发生变化的对象,也就是通常意义上的运动着的对象,研究移动对象时通常把它们分为两类:移动点和移动区域[Erwi99, Guti2000]。这样的例子在现实生活中有许多,如车辆、洪水、飓风等。狭义移动对象又可以按照运动的速率进一步细分为连续变化的移动对象和离散变化的移动对象,如汽车之类的交通工具的移动称之为连续变化的移动对象;而人在某个场景下的运动则看作是有离散变化特征的移动对象。

广义的移动对象是指含有不断变化的属性的数据对象,不特指对象的运动。从这个意义上来说,如果静止的对象属性在不断地发生变化,可以用移动对象的概念来定义这类对象。这一类的对象也经常出现在生活中,如某个房间里温度的变化,但从研究的具体对象来说,房间是一个静止的对象,本身并没有发生位置的变化,而温度作为房间的属性,却在随着时间的变化而不断地发生着变化^[1]。

移动点描述的是点的位置随着时间发生变化的点对象。对移动点的描述,主要集中在路径、方向或与移动点临近的两点之间的距离关系。移动区域则是指位置和形状都随着时间发生变化的面对象。描述移动区域,除了要描述移动对象的方向、移动距离之外,还要描述移动区域对象的形状。

根据上面描述的移动对象的特征,把移动对象的属性分为静态属性和动态属性两类。静态属性表征的是其固有的,不受其它条件影响的属性。动态属性则可以通过其影响因子的函数计算得到^[2]。

在本研究中,把生态环境修复区范围的变化看作是移动对象,并结合超图理论,建立一个基于移动对象的超图时空推理模型,模型中使用超图的原因有如下几个方面:

(1)超图理论是基于集理论的,因此,它首先是面向对象的理论。

(2)其次,集理论本身在数学上是严格的,因此,超图也就具有严格的数学计算特征。

(3)超图具有连接、超连接以及超多连接等连接关系,利用超图的连接关系可以建立地理信息的层次和非层次关系,并可以利用这些连接关系进行推理。

(4)超图具有模糊计算的特点,可以对复杂的地理现象和信息进行模糊分析。

因此,采用灵活的超图模型来描述地理现象并对地理现象的变化和特征进行预测和推理是非常有前景的。

3 生态环境修复模型的建立

在建立模型前,需要把研究的生态修复区进行分解。首先,把生态修复区看成是一个纵横交错并涵盖时间尺度的生态系统。纵向上,生态区内的生物物种和群落是在区域物理条件下连续变化的,而且是不不断地进行调整和自适应的。它是一个动态的生态系统,因此,在建立模型时,尽可能地保持区域研究的连续性,并特别关注因人类活动所产生的连续性的中断。生态环境修复区涉及到的各种地理类型之间都有着直接的联系,有机物的数量和时空分布沿修复区纵向变化,以及生物群落的结构状况,使得有可能对于修复区生态系统的特征及变化进行预测^[3]。

横向上,修复区与其周围区域也存在重要的横向联系。它们和周围的生态环境一起共同构成了小且复杂的生态系统,并通过能量流、物质流的交换等方式来发生联系和作用,这些方式的存在也是影响生态修复效果的因素之一。

3.1 生态环境修复区的时间因子

每一个生态环境修复区都有它自己的历史。因此,从时间尺度上来说,研究修复区的演进历史和特征,就需要对历史资料进行收集、整理,以掌握长时间尺度的生态修复区的变化过程与现状的关系。生态系统的成长是一个过程,从较长时间来看,自然生态系统的进化需要数百万年时间。进化的趋势是结构复杂性、生物群落多样性、系统有序性及内部稳定性都有所增强和提高,同时对外界干扰的抵抗力有所增强。从较短的时间尺度来看,生态系统的演替,即一种类型的生态系统被另一种生态系统所代替也需要较长的时间^[4]。

3.2 生态环境修复区的空间因子

根据不同的工作目的,生态环境修复区的空间因子也可能不同。如,对于规划、评估、监测这些不同的任务,监测和评估工作可以在流域甚至是跨流域的尺度上进行。

3.3 移动对象的时空一体化描述

地理信息的空间成分同样包括特征属性、特征函数和在空间域中某个值上对应的空间关系。空间是空间特征关系中的一个元素,是在关系中占主要位置的关系。空间特征函数是动态的,它们描述一个和多个属性值随时间变化的方式。空间关系是与空间位置相对应的空间特征关系。

在基于上述时间模式和空间模式的基础上,在时间函数中建立对应的空间因子,同时在空间函数中建立对应的时间因子,通过移动对象的演变发展找出时间和空间之间的关系,并建立两者之间的连接关系,实现时空一体化模式。

3.4 超图理论概述

超图和图是一致的。著名数学家 Berge 于 1970 年给出了超图的定义,指出一个超图是在图中两个和两个以上端点,被同一边缘所连接^[5]。

在建立模型之前,先对超图数据结构进行简要介绍,超图数据结构是法国巴黎大学 Francois Bouille 教授 20 世纪 80 年代初向欧洲航天研究发展局提交的新的数据结构理论。该理论以超图和数据集理论为基础,具有如下特征^[6]:

- (1)层次结构特征;
- (2)非层次结构的特征;
- (3)超图数据结构的提取和分解;
- (4)超图数据结构的 ADT 运算;
- (5)超图数据结构的传送;

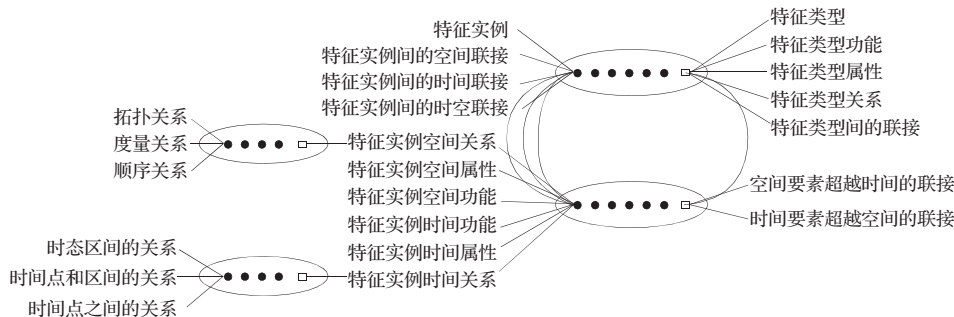


图2 超图时空数据概念模型

- (6)对模糊数据的处理;
(7)多连接、超类、超连接、超多连接。

由此可见,超图数据结构具有深厚的数学理论基础,而它的特点使得对数据的处理能力大大增强。

3.5 基于超图的生态环境修复时空概念模型

生态环境修复区可由时间特征、属性特征和空间特征共同表征。在对生态环境修复区的研究中,主要考虑7种关系:(1)空间关系;(2)时态关系;(3)属性关系;(4)时空关系;(5)空间属性;(6)时态属性;(7)时空属性。这些关系是建立时空推理模型的基础。基于超图理论对特征的描述能力,结合超图数据结构可以按层传送及对数据进行提取和连接的特点,在崔伟宏^[3]教授的超图时空数据概念模型的基础上进行了发展,建立了如图2所示的超图时空数据概念模型。在该数据模型中,对特征实例的空间关系和时间关系进行了分类,该模型反映了时空数据模型中各抽象数据类型之间的相关关系及内涵,方便了对数据的分析和处理。

这样描述的优点在于:

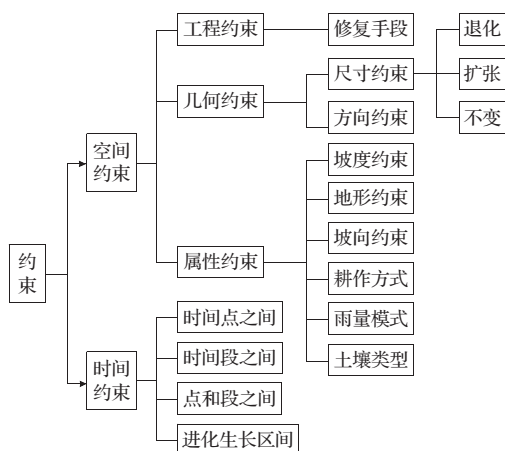
(1)当对抽象数据类型进行处理时,可以充分发挥超图数据结构按层传送的能力。如,原有类的属性可以提取成新类,新类又可以赋予新的属性。

(2)在数据结构内部,对类进行提取时,意味着可以通过“连接”传送把低层特征值传送到一个对用户隐藏的层次子结构中。这样的连接可以在对象与对象,类与类以及对象与类别之间进行。对象和类别间的连接、对象和类别间的属性被同一方法传送,一个对象间连接的属性是一个弧的值。如果此值被传送为端点,则这个值变为端点的值,这个端点也成为类别(隐藏类别)。此外,对象连接的属性成为隐藏类别的隐藏对象的属性,从而图又可以看成连接的属性要素。

3.6 基于移动对象的超图时空推理模型的建立

在对影响环境修复区的约束条件进行分析之后,建立了图3所示的时空约束图。在超图中,通过连接可以从数据结构中提取和分离数据,时空数据可以通过隐藏结构中的联接进行传递和提取。该图明确表述了生态环境修复中的详细时空约束条件,这样的表述使得时空约束在符合超图数据结构模型的特征的同时又可以充分发挥超图数据结构模型对数据的处理能力。这种抽象机制提供了更丰富更有表达力的概念,对于表达时空因子的层次关系是十分有用的。同时,它又很好地吻合了面向对象的五种抽象概念:分类、概括、特殊化、聚集和联合。在图3中,修复的空间约束由几何约束和工程约束构成,工程约束主要指的是修复过程中采用的修复手段;而几何约束则受修复区本身的各种要素影响。时间约束的四个维度基本概括了时间分析的可能情况,在这里需要特别描述的是进化生长区间,它是

从修复区的发展角度来进行的,关注的是修复区状态变化的周期或过程。



在图4描述的推理模型中,利用图3对时空约束因子描述的层次结构的特征,首先对各层数据进行了提取和分解,接着利用超图数据结构的传送能力和连接机制把生态环境修复区特性中包含的前面提及的7种关系与时空约束中的约束发生联系,同时使用超图的多连接把生态修复区与横向对象在纵向尺度上发生联系。简单连接机制可以解决简单情况的推理问题;对于在修复过程中同时受多个因子支配的情况,则采用超图多连接机制来进行处理。多连接可以理解为不同的类别被相同的关系所连接,这里所指的相同关系就是进行推理判断的条件,利用多连接手段分析这些作用在生态环境修复的横向和纵向以及时空因子时,就可以实现对影响因子的完整分析。

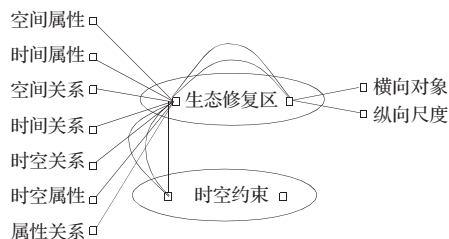


图4 超图时空推理模型

4 生态环境修复模型应用

生态环境修复模型在云南省数字水保信息系统中得到了较好的应用,在模型中重点对属性因子进行了分析,通过引入USLE方程来计算水土流失量,并以此结果作为生态环境修复的基本依据。USLE方程可以通过作物、管理实验、土壤类型、雨量模式以及地形来预测土壤侵蚀的平均速度,并准确地测定地

面流失量,USLE 方程如下^[7]:

$$PSL=R \times K \times LS \times C \times P$$

其中,PSL(Potential Sediment Loading)是潜在的沉积物运载量, R 为雨量因子, K 为土壤侵蚀因子, LS 是长度坡度因子, C 是覆盖因子, P 为实验因子。

R 以气象局发布的雨量计算出的月平均雨量为标准,图5就是全年月雨量在地表造成的水土流失状况示例图。 LS 可以通过实验 DEM 数据库中取得高程数据计算出来, K 可以从土壤图中提取,覆盖因子 C 和实验因子 P 则是根据不同的用地类型来决定的。根据陕西安塞进行的实验:林地 $C_p=1$;耕地 $C_p=0.55$;草地 $C_p=0.15$ 。 P 为 1,代入 $C=1/C_p$ 。决定 C_p 因子的人类活动因素主要包括如下几个方面:耕地轮作方法,不同的轮作对于减少或加剧水土流失可能产生不同的影响;耕作操作方法,不同的机械、犁地深度和方向等;耕作周期;作物种类和覆盖度等对水土流失的作用。

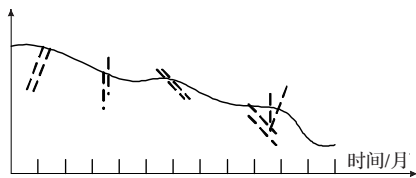


图5 水土流失在地表上的变化

综合对 USLE 方程的考虑得知,其计算因子与图3中描述的属性约束因子相对应。因此,通过图4描述的推理模型实现遥感数据和非遥感数据的逻辑连接,并对模型中的多种要素进行复合空间分析,以 USLE 方程计算得到的水土流失量来推测水土流失的程度,水土流失的程度本身就是对生态修复的最好反应。同时,结合利用遥感图像覆盖分析得到的生态修复结果:退化、扩展、不变对模型进行检验。因此,该推理模型描述的推理形式提供了进行推理的逻辑条件和判断手段,对生态环境修复区的时空变化进行分析和预测提供了有效手段,从而更科学地对生态环境修复区的生态变化进行了分析和预测。

(上接 155 页)

类成 R2L,在很多情况下,二者无本质区别,在这个意义下,U2R 的检出率为 86.08%,比 KDD CUP99 获胜者分析 U2R 的不到 14%检测结果好。

4 结论

本文讨论了 Naïve Bayes 原理以及在网络入侵检测中的应用,将 Naïve Bayes 分类学习应用到文本数据——KDD CUP99 安全审计数据的分析中。为了提高分类准确率,根据分类的效果对数据的属性进行选择,使用能提高分类准确性的属性作为分类的依据;对 KDD CUP99 数据集的不同属性集数据进行了分类实验,发现了与分类结果相关的属性,可以指导将来的数据收集;分类效果和 KDD CUP99 比赛结果相比,效果良好。实验结果表明,Naïve Bayes 分类对正常网络连接和对网络最具有威胁性的 DoS 攻击具有很好的检测准确率。

(收稿日期:2007 年 3 月)

(收稿日期:2007 年 7 月)

参考文献:

- [1] 孙旭光.基于移动对象数据库的索引方法研究[D].燕山大学,2004.
- [2] Keun Ho Ryu, Yun Ae Ahn. Application of moving objects and spatiotemporal reasoning[R]. A Time Center Technical Report, 2001.
- [3] 孙东亚,赵进勇,董哲仁.流域尺度的河流生态修复[J].水利水电技术,2005,36(5):11-14.
- [4] 崔伟宏,史文中,李小娟.基于特征的时空数据模型研究及在土地利用变化动态监测中的应用[J].测绘学报,2004,33(2):138-145.
- [5] 崔伟宏.空间数据结构研究[M].北京:科学出版社,1995.
- [6] 杨子生,王云鹏.基于水土流失防治的云南金沙江流域土地利用生态安全格局初探[J].Journal of Mountain Science,2003,21(4):402-409.
- [7] 崔伟宏.微机资源与环境信息系统研究[M].北京:中国科学技术出版社,1990.
- [8] 沟口理一郎,石田亨.人工智能[M].北京:科学出版社.
- [9] 刘大有,胡鹤,王生生,等.时空推理研究进展[J].软件学报,2004,15(8):1141-1149.
- [10] Lyamin V N, Selivanov B I. Random hypertrees and hyperforests[J]. Mathematical Notes, 1974, 15: 380-385.
- [11] Collatz L. Different types of hyper-graph and several applications[C]//捷克斯洛伐克第三届图论专题会议录:Graph and Other Combinatorial Topics, Aug 24-27, 1982: 30-49.
- [12] Usery E L. Feature-based geographic information system model[J]. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 1996, 62(7): 833-838.
- [13] ISO/TC211 Final text of CD 19115 geographic information, part 7: spatial schema, part 8: temporal schema[R], 2001.
- [14] Boros E. On shift stable hyper-graph[J]. Discrete Mathematics, 1991, 87: 81-84.
- [15] Rerge C. Graph and hypergraph[M]. Amsterdam: North Holland, 1973.
- [16] Fraenkel A S, Scheinerman E R. A deletion game on hypergraphs[J]. Disc App Math, 1991, 30: 155-162.

参考文献:

- [1] Lane T, Brodley C E. Detecting the abnormal: machine learning in computer security, Available as Technical Report ECE-97-1[R], 1997.
- [2] Lee W, Stolfo S J, Mok K. Data mining in work flow environments: experiences in intrusion detection[C]//Proceedings of the 1999 Conference on Knowledge Discovery and Data Mining (KDD99), 1999.
- [3] Peddabachigari S, Abraham A, Grosan C, et al. Modeling intrusion detection system using hybrid intelligent systems[J]. Journal of Network and Computer Applications, Elsevier Science, 2005.
- [4] 王旭仁, 许榕生, 张为群. 基于 Rough set 理论的网络入侵检测系统研究[J]. 计算机科学, 2004, 31(11): 80-82.
- [5] Domingos P, Pazzani M. On the optimality of the simple Bayesian classifier under zero-one loss[J]. Machine Learning, 1997, 29: 103-130.
- [6] Borgelt C. Bayes classifier induction[EB/OL]. (2004)[2006-12-13]. <http://fuzzy.cs.uni-magdeburg.de/~borgelt/software.html>.
- [7] Results of the KDD'99 classifier learning contest[EB/OL]. [1999]. <http://www.cs.ucsd.edu/users/elkan/clresults.html>.