

基于时态 GIS 的植被 $NDVI$ 动态监测的模拟方法研究

刘少军, 李天富, 陈汇林, 张京红, 田光辉, 蔡大鑫

(海南省气象与生态研究所, 海口 570203)

摘要:提出了以归一化植被指数 $NDVI$ 作为变量, 通过比较短期内的植被指数变化, 来实现植被的动态监测, 同时借助强大的时态 GIS 来探讨适合短时间内进行植被动态监测的时空索引模型方法, 解决动态监测过程中的时间和空间的对应关系问题, 同时对植被动态监测结果进行模拟显示。

关键词:时态 GIS; 归一化植被指数; 动态监测; 索引模型

中图分类号: TP79; S717

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2006)04-0165-02

Research on the Simulation of $NDVI$ Dynamic Monitoring Based on Temporal GIS

LIU Shao-jun, LI Tian-fu, CHEN Hui-lin, ZHANG Jing-hong, TIAN Guang-hui, CAI Da-xin
(Hainan Meteorology and Ecology Institute, Haikou 570203, China)

Abstract: $NDVI$ (Normalized Difference Vegetation Index) was taken as a factor to monitor the vegetation by compared with the difference of $NDVI$ in short time. At the same time, the dynamic evolution model was built to adopt the short time vegetation monitoring supported by the mighty temporal GIS, so the model can resolve the corresponding relation of time and spatial and can simulate the results of vegetation monitoring.

Key words: temporal GIS; $NDVI$ (Normalized Difference Vegetation Index); dynamic monitoring; evolution mode

植被由于在地圈-生物圈-大气圈交叉研究中所具有的特殊作用, 被认为是进行人类环境评价和监测的最重要参数。在各种植被指数中, 归一化植被指数 $NDVI$ (Normalized Difference Vegetation Index) 能较准确的反映植被的覆盖程度、生长状态、生物量、光合作用强度等, 是能反映植被状态的活跃要素之一。目前国内外的研究大都限于全球或某一区域植被指数的平均活动状况, 忽视了区域植被的短期或季节性差异的研究^[1], 达不到对区域性植被进行短期准确动态监测的目的, 所以采用植被 $NDVI$ 作为变量, 通过比较短期内的植被指数变化, 来实现植被的动态监测具有相当重要的意义。

本文充分利用 GIS 的时态性来探讨开发适宜短时间内进行植被动态监测的 GIS 方法, 并对研究区植被 $NDVI$ 的空间变化规律在两维空间格局上进行时间维的动态演化分析, 更好的体现植被在空间上的变化差异。

1 时态 GIS

时态 GIS (Temporal GIS, T-GIS) 最早是由 Thrift 在 1977 年提出的, 认为时间可以作为除 2 维或 3 维空间外独立的 1 维。此后, 便有许多学者在该领域进行了大量的研究。时态 GIS 就是在传统 GIS 基础上, 引入时间和时间管理机制的一门 GIS 新技术。20 世纪 90 年代以来, 随着 GIS 应用的深入, 在地籍管理、资源管理、环境监测、地下工程、地质、矿山、海洋等应用领域, 时态 GIS 成为研究热点^[2]。

时态 GIS 技术能真正实现空间数据的时间有效管理 (重建历史状态、跟踪变化、预测未来等), 能真正演化植被 $NDVI$ 时空变化, 实现对不同时期植被的历史分析和趋势分析, 从而真正达到植被指数动态监测的目的。

2 植被指数动态监测流程

要进行动态的监测分析, 首先必须进行变化检测, 而变化检测的难度主要取决于时间差与地物变化速率; 其次是根据需要进行数据处理过程, 通过索引模型进行监测结果的动态显示。

2.1 变化检测

目前根据图像配准和变化检测的数据源两个因素可以将变化检测方法分为两大类方法。第一类是先进行图像配准的变化检测方法; 第二类是变化检测与图像配准同步进行的方法^[3]。根据区域植被动态变化的特点, 可以使用较简单的方法逐像元进行变化检测, 但它没有利用原有地理空间信息中关于特征、地物和属性的先验知识, 于是, 提出了采用时态 GIS 的思想来解决植被指数变化的空间和属性同时管理的模式。从功能上讲, 除了具备静态 GIS 的所有功能外, 还应该提供: (1) 档案功能: 记载 GIS 数据随时间的演变, 回溯历史是时态 GIS 最基本的功能要求; (2) 分析功能: 以原始为基准, 考察变化, 预测未来, 提供辅助决策功能; (3) 更新功能: 保持 GIS 数据的现势性, 失去了“实时”更新的时态 GIS 就成了普通的静态 GIS; (4) 查询功能: 以动态方式, 回

* 收稿日期: 2005-08-09

作者简介: 刘少军(1980-), 男, 湖北省天门人, 硕士, 主要从事遥感与地理信息系统应用研究。

答用户的关于“何时”、“何地”、“怎样”的询问; (5) 其它功能: 包括逻辑容错、时态安全性等^[5]。

2.2 动态监测过程

针对植被动态监测的特点, 基本对象可表达为以下几个方面: 地理坐标对象; 矢量对象; 栅格对象; 时空索引对象; 图例对象和背景图层对象。地理坐标对象主要是控制空间坐标的一致性, 确保不同时像的矢量和栅格数据的配准和减少差异运算的误差。矢量图层和栅格图层主要处理和控制在植被变化差异要素, 时空索引对象主要处理和控制在动态监测模拟过程中时间和空间信息的对应关系以及动态演示的进程。

由于基于 GIS 的模拟结果的抽象数据以连续变化的图形图像是关于系统的结构与功能, 本质与现象深层与表层的关系, 所以可以通过颜色、符号、线条等的视觉表现特性的丰富变化, 在不同的选择、不同的侧重决策下通过人机交互的手段, 透过表层与现象, 获取关于系统的新时空关系, 新的认识^[4]。然后根据动态的图形图像形成的信息流, 使其在信息动力机制下开始演化, 直到结果的模拟显示, 具体流程图见图 1。

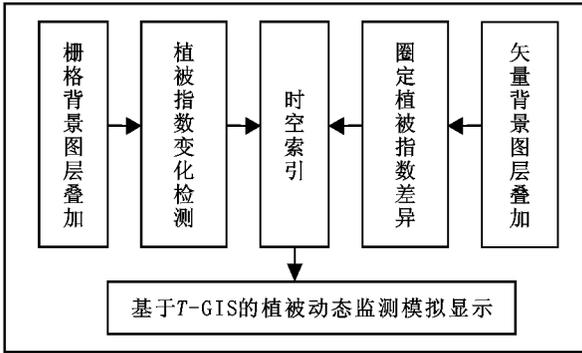


图 1 植被动态监测结构图

2.3 索引模型的建立

目前, 时态 GIS 的实现模型主要有两类: 一种是扩展传统的关系模型, 另一种是面向对象模型。由于传统关系模型语义丰富, 理论成熟, 高效灵活, 所以在该模型中加入时间维, 扩充关系模型、关系代数及查询语句以处理时态数据, 从而直接或间接地基于关系模型支持时空数据的存储、表示和处理。基于这一思想, 主要有以下模型: 归档保存模型; 基态修正模型; 链式记录级元组模型, 利用面向对象方法提供的四种数据抽象技术(分类、概括、联合、聚集)和两种数据抽象工具(继承与传播)建立的数据模型比传统的数据模型丰富有力, 更适于定义复杂的地理实体和对复杂对象的直接操作^[9]。但是, OODB 技术等原因很少被应用在时态 GIS 模型上。因此本文选取了扩展传统的关系模型来实现植被动态监测显示。

本模型的基本思路首先分析和确定植被指数动态演化的基本空间格局, 即植被指数差异背景信息, 然后按照适宜的时间步长记录数据随时间的变化, 利用记录的变化植被指

数数据来绘制各个时间片的状态数据。可以表示为: $F(S_i, T) - F(S_{i-1}, T)$; 其中(S)为空间系统(T)为时间系统。主要包括两个部分: (1) 获取同一区域的相同类型的不同时间段的遥感数据; (2) 表示连续段内的植被指数间的差异(图 2)。利用该索引对象来解决空间对象及其属性描述信息在时间的信息查询、显示和叠加, 较好地处理了动态演示和空间信息查询与分析之间的问题, 能够直观形象, 方便、快捷地获得植被指数动态变化模拟中动态演化的信息, 并抓住其本质特征及规律。

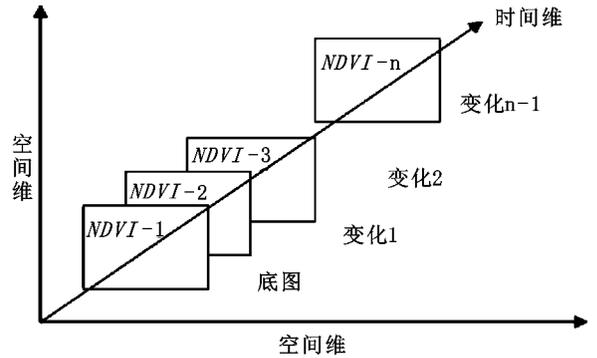


图 2 植被指数差异图

3 动态监测的显示

3.1 数据前处理

栅格数据的计算: 主要采用是植被的归一化运算, 获取不同时段的植被指数图像, 即 $F(S_i, T)$ 的内容, 运算在进行植被覆盖变化及绿波推移研究中, 采用了标准差植被指数 ($NDVI$), 又称标准绿度 (ND)。 ND 的计算公式为: $NDVI = (IR - R) / (IR + R)$ 式中, R 与 IR 分别为卫星数据的可见光与近红外波段植被可见光 (R) 和近红外 (IR) 波谱有着截然不同的吸收和反射特性, 近红外波段对植被差异和长势反映敏感, 指示植物光合作用是否正常进行, 可见光红外波段被植被叶绿素强烈吸收, 进行光合作用, 是光合作用的代表性波段。由可见光和近红外构成的标准差植被指数 ($NDVI$) 不仅与植被的长势、生物量及覆盖度, 而且与植被的季相变动都有良好的相关关系^[6]。

矢量数据的叠加: 首先进行坐标校正和投影转换, 是其与获得的遥感图像具有统一的坐标体系, 圈定区域界线, 为区域内的植被变化指数范围圈定及渲染作准备。

3.2 动态监测的模拟显示实现

动态监测的具体实现是采用帧模式双缓冲区技术可以解决这一问题, 绘制一组动画时采用两个缓冲区逐个被显示, 另一个绘制当绘制缓冲区动画处理结束后缓冲区调换位置。同时结合时态 GIS 的特点, 可以对演化过程进行空间和时间属性的查询, 动态地显示区域的植被在短期内的变化规律(图 3)。

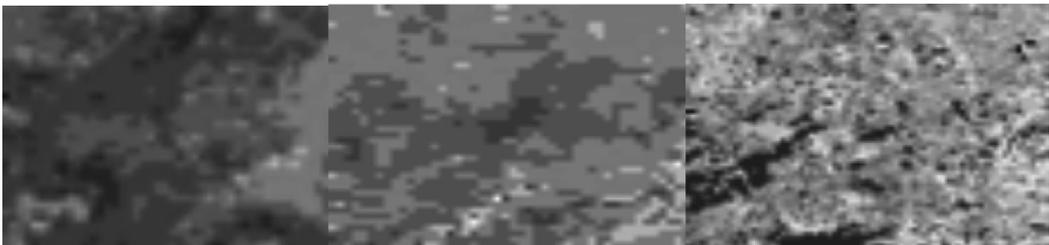


图 3 模拟显示图

指数和破碎度指数^[5-7]作为土地利用空间格局指数,对陇东黄土高原土地利用的空间格局进行定量分析。

(1) 土地利用多样性指数(H) 用来描述土地利用类型的丰富和复杂程度,它反映了土地利用类型的多少和各种类型所占比例,当土地利用各种类型所占比例差异减小时,多样性上升,算式为:

$$H = - \sum (p_i) \log_2(p_i)$$

(2) 土地利用优势度指数(D) 用于测度土地利用结构中一种或几种类型支配整个土地利用的程度,其表达式为:

$$D = H_{\max} + \sum (p_i) \log_2(p_i)$$

$$H_{\max} = \log_2(m)$$

(3) 土地利用均匀度指数(E) 是描述土地利用类型的分配均匀程度,可用 Romme 相对均匀度计算,其表达式为:

$$E = (H' / H'_{\max}) 100\%$$

$$H' = - \ln(\sum p_i)^2 \quad H'_{\max} = \lg(m)$$

(4) 土地利用破碎度指数(C) 用于测度土地被分割的破碎程度,其计算公式如下:

$$C = \sum n_i / F$$

上列各式中: p_i ——第 i 种土地利用类型 占总面积的百分比; m ——土地利用类型的种类; H' ——修正的 Simpson 指数; H'_{\max} ——在给定丰富度 T 条件下的最大可能均匀度; n_i ——土地利用所有类型斑块的总个数; F ——土地总面积。

空间格局指数的大小反映了人类活动对土地利用的干扰程度,随干扰强度增加,土地利用的多样性、均匀度、破碎度提高,优势度减少。陇东黄土高原土地利用总的优势度较高(表 6),尤以环县为最大,其次为合水、华池,在环县主要是荒地和草地为主,华池和合水以林地为主;而正宁、宁县、镇原、西峰的土地利用多样性指数较高,这与其人类活动强烈,居民点和工矿用地、交通用地所占比例相对较高有关;土参考文献:

- [1] 张希彪. 陇东黄土高原土地资源特点与可持续利用对策[J]. 中国农业资源与区划, 2004, 25(4): 23- 26.
- [2] 刘闯. 区域土地数量结构分析模型及其应用[J]. 中国土地科学, 1989, (3): 31- 38.
- [3] 张素兰, 姚士谋. 小城镇土地利用结构、布局与可持续发展—以吴江市梅堰镇总体规划为例[J]. 城市发展研究, 1997, (3): 42- 45.
- [4] 朱凤武, 彭补拙, 丁建中, 等. 温州市土地利用空间格局研究[J]. 经济地理, 2001, 21(1): 101- 104.
- [5] 王胜. 景观结构特征数量化方法概述[J]. 河北林果研究, 1999, 14(2): 126- 132.
- [6] 唐礼俊. 余山风景区景观空间格局分析及其规划初探[J]. 地理学报, 1998, 53(5): 429- 437.
- [7] 傅伯杰. 黄土区农业景观空间格局分析[J]. 生态学报, 1995, 15(2): 113- 120.

(上接第 166 页)

4 结 论

根据动态监测目前的情况,本文结合当代的 T -GIS 技术,建立了一套植被 $NDVI$ 动态监测的模拟方法,它既可以对演化过程进行空间和时间属性的查询,也能动态地显示区域的植被在短期内的变化规律,使研究人员能从中获取新的

参考文献:

- [1] 朴世龙, 方精云. 1982~ 1999 年我国陆地植被指数活动对气候变化响应的季节差异[J]. 地理学报, 2003, 58(1): 119- 125.
- [2] 高金萍, 陆守一, 徐泽鸿. 现森林资源动态更新管理的时态 GIS 技术[J]. 业资源管理, 2005, (3): 20- 21.
- [3] 李德仁. 利用遥感影像进行变化检测[J]. 武汉大学学报·信息科学版, 2003, 25(特刊): 7- 12.
- [4] 赖格英, 于格. 基于时态 GIS 的古气候动力模拟动态演化的分析与实现[J]. 地理信息科学, 2004, 6(2): 12- 15.
- [5] 袁国斌, 李三玉, 张洁. 时态 GIS 模型研究[J]. 计算机工程与科学, 2004, 26(112): 105- 107.
- [6] 王长耀, 牛铮, 张庆员. 利用 $NOAA NDVI$ 数据集分析中国植被绿波推移规律[J]. 中国图象图形学报, 1999, 4(11): 976- 979.

土地利用的均匀度指数、破碎度指数为庆城、正宁、宁县最高,环县、华池、合水最低。

表 6 陇东黄土高原各县(市、区)土地利用空间格局指数值

分析指标	全市	庆城	环县	华池	合水	正宁	宁县	镇原	西峰
多样性指数(H)	1.54	1.5505	1.2983	1.3528	1.328	1.6719	1.5469	1.5839	1.5259
优势度指数(D)	0.5394	0.5289	0.7811	0.7266	0.6974	0.4075	0.5325	0.4955	0.5535
均匀度指数(E)	0.6286	0.6193	0.4909	0.4946	0.5063	0.5931	0.6569	0.647	0.6174
破碎度指数(C)	0.52	0.89	0.91	0.31	0.33	0.78	0.85	0.79	0.65

另从该区土地利用现状图可知,其土地利用空间格局的基本构型以大斑块为主,树枝型、散布型斑块镶嵌其中,反映了研究区的自然条件(低山丘陵为主的地貌及众多的河流水系)和人类活动对土地利用空间格局的影响。

5 结 语

由于受地理位置、地形地貌、经济条件与历史文化等因素的影响与制约,陇东黄土高原土地利用格局存在差异,主要表现在如下两个方面:在经济发达地区,随着人类干扰的加强,城市建设侵占耕地现象严重,土地利用多样性及破碎化呈上升趋势,而优势度与集中化程度不断下降,如正宁、镇原、宁县、西峰、庆城,但这是以削弱农业基础,减少耕地为代价的,降低了农业集中化程度,虽提高了地区的经济效益,却降低了生物多样性,有可能制约农业的可持续发展。地处丘陵山区的环县、华池、合水人类干扰相对较少,土地多样性低,集中化程度高,土地利用以草地或林地为主。在实际工作中,应通过科学合理的规划,加强对土地开发和利用的管理,挖掘各种用地的内部潜力和不断地改造,提升现有土地的效率,使各区域的土地发挥出区位和功能优势。

信息和新的判断关系。

同样,该方法存在如下几个方面的问题,有待进一步的完善:(1)要实现的是短期的植被指数变化的模拟,必然会需要扩大动态属性和空间数据库容量;(2)时空索引方法的改进,进一步提高系统检索的速度;(3)模拟结果可视化显示的能力。