

文章编号: 1007-6301 (1999) 04-352-08

物候信息化及物候时空变化分析

李胜强¹, 张福春²

(1. 中航勘察设计研究院, 北京 100086; 2. 中国科学院地理研究所, 北京 100101)

摘要: 物候信息具有明显的地方性和时间性, 是全球环境变化研究所需的一类典型的时空数据, 同时物候现象的变化也是全球环境变化的一个重要方面。要发挥物候信息在全球变化研究中的作用, 必须提高物候信息化的水平, 并在此基础上加强物候时空变化分析研究。本文分析了物候信息化的必要性, 以及地理信息系统时空变化分析方法在物候时空变化研究中的应用。并利用我国近 30 年的植物物候数据, 借助 GIS 方法, 进行了物候信息时空查询、面向区域的物候时空变化总体规律研究和面向物候时空对象的时空变化研究。

关键词: 物候信息化; 地理信息系统; 时空变化分析

中图分类号: P467 **文献标识码:** A

1 物候信息时空变化分析研究的意义

物候学是研究自然界的植物(包括农作物)、动物和环境条件(气候、水文、土壤条件)周期性变化间相互关系的科学^[1]。物候学的研究目的是认识自然季节现象变化的规律, 揭示生物活动的季节性和时间性^[2]。因此, 物候学与全球环境变化研究具有非常重要的联系。

(1) 物候信息为全球环境变化研究提供了非常重要的研究数据

一方面世界各国都有众多的古物候资料和记载, 通过与现代物候观测资料的对比, 有助于揭示古今气候及环境的变化, 对历史时期的全球变化研究具有重要意义。竺可桢先生于 1972 年发表的“中国近 5 000 年来气候变迁的研究”一文就是物候学及其分析方法在气候变化研究方面的典型应用。另一方面全球变化是区域尺度环境变化的综合, 全球变化研究目前所要解决的最主要的问题是近百年尺度上国家一级的环境变化, 因为它与现实生活关系最为密切。近现代的物候观测形成了“年”一级时间尺度上, 具有完整时间序列的物候观测信息, 是揭示前 50 年的环境变化并预测后 50 年的变化趋势最好的时空数据。

另外物候观测资料还是进行土地利用/土地覆盖变化等研究中的重要分析数据源。

国际生物学计划(BP)专门成立了物候学委员会, 其目的是在生态系统层次上应用物候学的资料和研究方法加深对生态系统变化的研究^[7]; 在国际全球变化研究计划的一个重要组成部分《全球气候研究计划(WCRP)》中, 物候资料是其“资料计划”的一部分。这些都是物候信息重要性的有力证明。

收稿日期: 1999-03; **修订日期:** 1999-10

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (49771076)

作者简介: 李胜强 (1970-), 男, 博士, 1997 年 7 月毕业于中国科学院地理研究所, 现在中航勘察设计研究院工作。

(2) 物候时空变化与全球环境变化的关系

物候现象时空变化是地理现象变化的一个典型方面。物候现象的出现是区域自然地理条件、生态环境和气候条件综合性影响的反映,反过来,物候变化又反映了动植物生命现象对外部环境条件变化的响应。这种响应的时间序列,对于揭示全球环境变化具有重要意义。

物候现象不仅反映了当年、当地的气候和环境状态,也反映了气候和环境变化在此前相当长一段时间的累加效应。因此在揭示环境变化的状态和反映环境变化的趋势两个方面都具有重要的指示意义。

另外,物候数据在分析局部环境污染方面也具有明显的指示作用。

2 物候资料的信息化

就目前的状况看,物候资料和物候学方法的重要性的和它在全球环境变化研究中所发挥的作用还很不相当,其中一个主要原因是物候信息化的水平不够。

(1) 物候资料的信息化水平不高,带来资料处理的困难

物候资料一般都有较长的时间序列,同时由于物候观测项目多,因此数据量非常大。传统的手工处理方法,在数据的有效管理,以及为数据分析工作提取和输出所需数据等方面都无法满足要求。完整的时间序列性是物候资料有价值的一个重要因素。数据管理手段的滞后对于数据本身产生的一个最大的危害是由于传统的数据管理方法容易造成数据的丢失(数据存储介质、人为因素等),从而影响到物候资料时间序列的完整性。

(2) 数据分析的信息水平不高

首先,物候资料的分析过程中涉及较大的数据量和计算量,缺乏信息技术的支持,会使大量的时间浪费在数据准备阶段。

其次,常规气候观测数据与物候观测数据在数据处理和分析方法的某些方面是相同的,而前者的信息化水平已经很高,而物候资料的分析却仍然停留在手工处理阶段,这就使得对两者都适用的研究方法由于信息化水平的差距而无法真正应用到物候数据的研究中,从而影响了物候资料分析的效率、水平和精度。

最后,全球变化研究中很多资料的处理和分析需要物候信息的支持。例如在利用遥感图像分析土地覆盖时,需要了解成像时刻地面植物处于何种物候期(这将影响植被覆盖在影像上的成像)。如果物候数据数字化水平不高,就无法更有效地为全球环境变化研究提供物候信息方面的支持。

(3) 物候时空综合分析和可视化表现不足

物候学是带有明显地方性和时间性科学。所谓地方性,即强调空间概念。要完整地认识物候现象变化的规律性并反映全球环境变化,除了研究物候的时间序列变化,还必须研究与之相关的空间变化。只有进行物候数据的时间序列和空间变化的综合分析和表现,才能完整体现区域自然季节变化的规律性。众所周知,物候学在时间序列研究方面是走在前面的,如果引入GIS技术的时空变化分析方法,将大大提高物候资料时空综合分析的效率和水平。

3 GIS 时空变化分析方法的应用

3.1 地理信息系统的时空变化分析方法

地理信息系统时空变化分析方法的核心是通过建立持续记录地理现象各阶段状态及其变化的时空数据库,一方面可以随时提取时空数据库中地理现象的状态和已存储的变化,另一方面还可以通过对地理对象间时空关系的分析来推导时空数据库中并未存储的地理现象的变化,从而更完整地揭示和分析地理现象变化的时空过程。

要建立各种地理现象变化的时空数据库还有较大的困难,主要原因有四条:

(1) 多数地理现象的研究在数据采集方面,存在数据采集的时间频率远远低于地理现象变化的时间频率。比如,土地利用现实变化的时间频率在“年”或“月”一级上,而土地利用调查则往往五到十年才进行一次。

(2) 从数据采集到数据数字化可供利用之间存在较长的时间间隔

以上两条都会导致在建立时空数据库时,无法捕捉地理对象的关键变化。

(3) 由于数据采集和数据处理过程中必然存在的误差,导致建立时空数据库时无法区分两个状态间的变化是数据的空间匹配误差还是地理对象的真实变化。

(4) 目前状况下利用数据库存储地理现象的复杂变化还存在技术方面的不足。

尽管如此,通过以下对物候数据时空特性的分析,我们就会发现,利用物候数据建立时空数据库,并在此基础上进行时空变化综合分析是完全可能和有效的。

3.2 物候数据的时空特性分析

(1) 时空特征明显

时空数据是对对象空间特征、时间特征和专题属性特征的描述。物候数据是一类典型的时空数据,它的时间特征由观测年来体现,空间特征由观测点的经纬度和高程信息来体现,而其专题属性信息则由动植物及自然现象的物候期来决定。

(2) 数据采集的时间频率与物候现象变化的时间频率一致

物候现象的变化一般都在“年”一级的时间尺度上发生,而物候现象的观测也正是在“年”的时间频率上进行的,因此,数据采集过程捕捉了物候现象的每一次关键变化。

(3) 完整的时间序列

物候观测要求持之以恒,其目的是强调多年的连续观测。物候观测的时间越长,其价值越大。这些保证了物候数据与其它数据相比较具有更完整的时间序列。

(4) 时空可比性高

物候观测过程都是按照明确规定的观测方法进行的。选定观测点后,首先要将观测点处的自然地理环境条件记录下来,包括经纬度、高程、生态环境、地形(平地、山地、凹地、坡地等)和土壤等有关内容,作为档案保存。同时强调在多年连续观测中要做到定员(同一人观测)、定点(非万不得已,不能改变观测地点)和定株(同种植物的多年物候观测对同一株进行)。这样就在一定程度上消除了观测过程给物候时间序列数据带来的误差,进而在时空变化研究中避免了其它时空数据(例如土地利用数据)存在的无法区分时间序列数据的数据误差和地理现象的真实变化的困难。

在同一规范下实现严格的科学观测,使进行地区间重要物候期的对比分析和空间变化

规律的研究建立在较高时空可比性的基础上。

3.3 物候时空数据库的建立

(1) 物候时空对象的确定

如何在信息系统环境中表现物候数据的时空特征, 并将时间序列的物候数据作为时空对象来处理, 是将 GIS 时空变化分析方法应用于物候数据中首先要解决的问题。本文在研究中用“物候期类型”+“物候观测对象”+“空间对象标识”的组合键来标识物候时空对象。

“空间对象标识”以 1988 年公布的《中华人民共和国行政区划代码》为标准进行编码, “物候观测对象”和“物候期类型”以《中国物候观测方法》的划分为标准进行编码。

“物候期类型”+“物候观测对象”+“空间对象标识”的每一种组合都唯一地标识一个物候时空对象。如果出现新组合键, 就意味着新的物候时空对象的产生, 这可能是开始对以往没有观测的物候现象的观测, 或者是新的物候观测点的产生; 而在组合键保持不变的情况下, 不同年份的物候期观测数据只是同一个物候时空对象的不同版本而已, 这种变化属于同一时空对象范围内的变化。同一对象的不同版本的排列就构成了物候时间序列。

(2) 物候时空数据库的建立

建立物候时空数据库主要有两个目的, 一方面是利用 GIS 的数据库功能实现物候数据的信息化管理, 另一方面利用 GIS 时空分析方法加强物候信息的时空综合分析及表现能力。物候时空数据库的组织采用双重库结构: 当前状态库和历史状态库。考虑到物候数据的特点和物候学研究中的实际需求, 当前状态库并不是存储最近观测年的物候数据, 而是存储对应物候时空对象多年平均物候期信息。历史状态库则存储所有时间序列的物候数据。

时空数据库中的时空对象通过“空间对象标识”实现空间定位, 同时每条记录都有一个时间标识来实现时间定位。当前状态库记录的时间标记取一个特定值“9999”。通过链接方式, 当前状态库的时空对象可与历史状态库中的对象建立联系, 实现了从当前状态到物候时空对象时间序列的联接。

有了时空数据库, 就不需要为每个观测年同类物候期数据建立一个空间数据层, 因为空间数据层可以仅生成一层, 即在物候学分析中经常要用到的多年平均物候期(当前状态库)空间数据层, 如果需要其它时刻的空间数据层, 可以实时生成, 因为物候时空对象的空间特性是十分明确的, 以现有的 GIS 技术, 实时生成空间数据层是完全没有问题的。这种机制大大减少了存储空间开销, 同时又不影响运行效率。

4 我国植物物候时空变化应用研究

本文选取我国大多数观测点近 30 年(1963~1988)和个别观测点(北京)近期 50 年(1950~1996)间的刺槐和其它几种植物的物候观测数据, 建立物候时空库, 不仅实现了物候学分析方法的计算机处理, 而且在此基础上进行了物候时空变化的综合分析和研究。

4.1 物候时空查询

4.1.1 时间序列物候期的空间分布查询

物候学研究中经常需要随时提取任意年代特定物候观测对象某个物候期的空间分布, 以了解物候期空间分布的历史状态。在我们的实例研究中, 用户只要确定了观测年代、植

物类型和物候期，系统就可以根据三者的组合从时空数据库中提取相关空间和专题属性数据，生成特定年代某种植物特定物候期的空间分布图。当用户指定了年代为“9999”时，系统将提取或生成多年平均物候期的空间分布图。

4.1.2 物候时空对象时间序列查询

物候学研究中，面向对象层次上的查询也是经常进行的，一个最典型的例子是查询特定观测点某个物候期的时间序列变化数据。本文实现了用户根据样点空间分布图点选查询样点，然后指定植物和物候期，系统实施检索，并将检索结果以曲线图的形式表现出来。

这种查询还可以推广到由物候期数据推导出来的植物休眠期（落叶末期与芽始膨大期之间的间隔日数）和光合作用期（展叶期至叶变色期的间隔日数）等等物候时空数据的时间序列查询。

我们还从物候学研究的具体需要出发，扩展开发了以下两类时空查询。

4.1.3 物候时空对象时间序列变异特征查询

同一观测点同种植物的同一个物候期，每年都会因为外部环境条件的变化而有不同幅度的波动。物候学研究中，经常需要了解特定物候期在整个时间序列变化中处于何种角色，即物候期的变化属于正常范围内的自然波动，还是属于说明环境变化的异常波动。

根据对全球各地自然历的研究，刺槐开花盛期基本代表初夏的来临，那么就可以利用该物候现象出现的早晚来推断初夏来临的早迟。图1是对1979年全国范围内刺槐开花盛期变异特征的查询结果图，从中可以判断1979年哪些观测点的开花盛期在30多年的时间内是偏早异常，哪些是偏晚异常，而哪些观测点该物候期的波动在整个时间序列上属于正常范围内的波动。



图1 物候现象变异特征时空查询

Fig. 1 Spatio-temporal query on variation of phenological phenom enon

4.1.4 物候季年内分配图的查询

如果需要了解观测点物候季的分配, 只需用鼠标点选查询地区所对应的物候观测点, 系统就可以根据时空数据库中的信息, 自动生成当地物候季的分配图 (图略)。

4.2 面向区域的物候时空变化总体规律

主要是利用 GIS 工具, 研究我国范围内植物物候期的空间分异特点。植物物候期的空间变化可以用地面上的专题特征的连续变化来表示和分析。本文研究了全国范围内刺槐开花盛期物候现象的空间分异规律, 实现了人机交互方法绘制物候等值线 (图 2), 并以广义概念上的数字地形模型 (DTM) 方式, 利用 GIS 工具以 TN 模型形象地表现了物候期在全国范围内的空间变化特征。

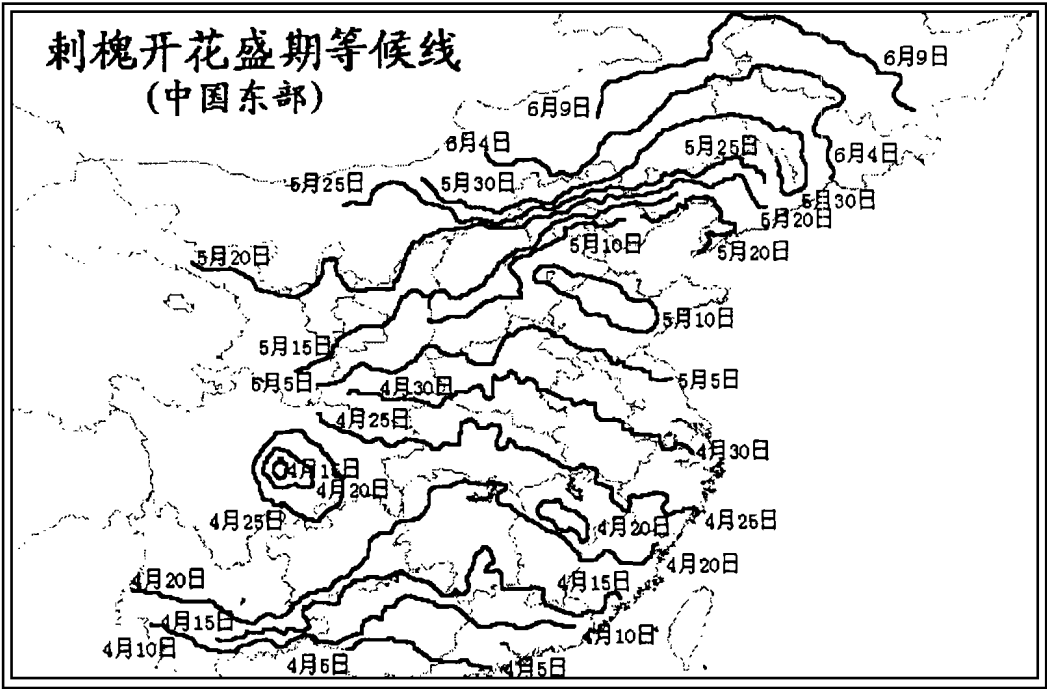


图 2 物候等值线图

Fig. 2 Contour map of phenological phenomenon

另外, 还研究了刺槐生长期、中国东部自然季节持续期比例关系的空间变化和分布规律, 并制作了相应的图幅。

4.3 面向物候时空对象的时空变化研究

物候现象时空变化的研究不仅要研究区域范围内变化的总体规律, 还应该深入到每一个物候时空对象的层次进行研究, 这样才能完整的揭示物候现象的时空变化。

4.3.1 物候时空对象时间序列变异特征分析

这里的研究与 4.1.3 的分析是相对应的, 此处不再重复。

4.3.2 物候时空对象的趋势分析

物候期的变化可能源于随机因素 (观测误差、数据处理误差), 也可能由物候现象自身存在的趋势性引起。本文采用移动平均法消除年际间物候期限的波动, 进行了北京市近

50 年来刺槐开花盛期物候现象的多年变化和 6 年移动平均趋势分析。

4.3.3 物候现象的周期性分析

本文采用“功率谱”分析方法,以北京市自然季节划分的物候指标,共计 11 种植物 47 年的物候数据,研究了北京市自然季节各季段中存在的时间序列的周期性。数据来源为《中国动植物物候观测年报》中 1963~ 1988 年的数据和 1988~ 1996 年未发表的数据,以及以竺可桢先生 1950~ 1973 年的观测数据,并对时间序列上的缺测的年份(主要是文革期间的几年),采用插补法补足。

表 1 是功率谱分析后得到的周期和有关参数。

表 1 北京市物候季周期性功率谱分析

Tab. 1 Power spectrum analysis on periodicity of phenological season in Beijing									
季段	初春	仲春	仲夏		仲秋		季秋	初冬	
功率谱	0.177 4	0.114 1	0.132 2	0.130 1	0.121 9	0.072 6	0.124 2	0.133 6	0.123 5
显著性	0.128 3	0.106 4	0.125 1	0.101 0	0.121 6	0.064 2	0.098 6	0.106 2	0.096 1
周期/年	15.33	2.71	7.67	3.54	6.57	2.42	4.18	15.33	4.18

5 结语

本文旨在突出物候信息对于全球变化研究的意义和地理信息系统时空分析方法在物候学分析研究中的应用。事实上,在物候信息化和物候信息的时空变化分析方面还有许多工作可做。如果条件成熟,可以建立全国范围的物候观测计算机网络,各观测点的物候观测可通过网络及时地输入到网络中心的数据库中,这样会大大提高数据采集和整理的速度,更大地发挥物候数据的作用。另外,在建立完善的物候数据管理和分析系统方面也还有很多工作需要深入做下去。

参考文献:

[1] 竺可桢, 宛敏渭 物候学[M] 北京: 科学出版社, 1980

[2] 宛敏渭 中国自然历选编[M] 北京: 科学出版社, 1986

[3] 张福春 物候[M] 北京: 气象出版社, 1985

[4] 张福春 北京春季的树木物候与气候因子的统计学分析[J] 地理研究, 1983(2).

[5] 宛敏渭, 刘秀珍 中国物候观测方法[M] 北京: 科学出版社, 1969

[6] 中国科学院地理研究所 中国动植物物候观测年报(1963—1988) [M] 北京: 科学/地质出版社

[7] H·利思 物候学与季节性模式的建立[M] 北京: 科学出版社, 1980

[8] 陈效逖 华北地区春夏季的物候季节节奏研究[J] 地理科学, 1990(1).

[9] 李胜强 时空变化信息分析及其物候学应用[A] 中国科学院地理研究所博士论文[C], 1997.

Phenological Informationizing and Phenological Spatio-temporal Change Analysis

LI Sheng-qiang¹, ZHANG Fu-chun²

(1. AVIC Institute of Geotechnical Engineering, Beijing 100086;

2. Institute of Geography, Chinese Academy of Science, Beijing 100101)

Abstract: Phenological Information is strongly characterized by its Locality and Temporality. It is one of the typical spatio-temporal data, which plays an important role in global environmental change research. Strengthening the Informationizing process and spatio-temporal change analysis of phenological information are needed to exert its role in the global environmental change to the best. The article points out the necessity of phenological informationizing. Then with plant phenological information about 30 years, and by using GIS method, we have carried out the studies on spatio-temporal query, spatio-temporal change analysis on phenological information.

Key words: phenological informationizing; GIS; spatio-temporal change analysis