

DOI :10.3876/j.issn.1000-1980.2009.05.010

基于时间切片模型的设施农业时空数据研究

王维瑞¹, 黎昭咏², 史明昌², 郑国柱³, 王 磊²

(1.北京市农业局信息中心,北京 100029;2.北京林业大学省部共建森林培育与保护教育部重点实验室,北京 100083;
3.北京地拓科技发展有限公司,北京 100084)

摘要:为实现北京市设施农业信息管理系统由静态 GIS 向时态 GIS 的转变,解决设施农业时空数据动态存储与表达的问题,针对设施农业数据的时空动态变化特征与情况,结合时间切片模型的思想与方法,提出了设施农业时空数据模型,以实现设施农业时空数据的重组与管理.阐述了设施农业时空数据的组织、存储结构与查询方法.研究表明,设施农业时空数据模型能很好地表达设施农业时空对象的空间信息、属性信息以及变化关系,为设施农业时空数据管理提供了新的思路与方法.

关键词:设施农业;时间切片模型;时空变化;面向对象

中图分类号:TP311,S316 文献标识码:A 文章编号:1000-1980(2009)05-0545-05

农业设施建设是北京都市型现代农业的重要组成部分,是长期和连续的过程,因此其建设情况的动态管理很重要.应用 GIS 技术建立管理信息系统是对设施农业信息进行准确、全面采集,管理与规划的必要手段.当前,北京市的设施农业信息管理系统是传统的 GIS 应用系统,采用静态图层表达方式和传统的空间分析方法,没有考虑时间属性,不能准确表达具有四季变化的设施农业时空分布特征;只能保存某个时间点上的设施农业属性信息,不能表达设施农业的在某个时间段内的时空动态变化现象.因此,有必要在该系统中增加对时间信息的管理和处理功能,使静态系统升级为时态 GIS-TGIS(temporal GIS)系统,多维动态地描述空间信息的变化^[1-2].

TGIS 的关键是时空数据模型的建立.数据模型是一种有效组织和管理时空数据的模型.以 Langran1992 年发表《地理信息系统中的时间》作为时空数据模型研究开始的标志^[3],经过十几年的发展,研究者们已提出多个时空数据模型.当前理论与技术相对成熟的模型有空间时间立方体模型、序列快照模型、基态修正模型、基于事件的时空数据模型、空间时间组合体模型、面向对象的时空数据模型等,并已在一些领域得到应用^[4-6].其中,面向对象的时空数据模型以其数据结构简单、能充分利用面向对象软件技术、利于时空数据模型的扩展与时态操作等优点成为当前时空数据模型研究的热点^[7-8].

随着面向对象技术的日趋成熟,建立面向对象的时空数据模型组织管理时空数据具有广泛的发展前景.本文通过研究面向对象的时空数据模型中时间切片模型的技术与方法,分析北京市设施农业的现状及其时空动态变化分类特征,探讨设施农业时空数据模型以及设施农业数据的组织体系、存储结构与查询操作,为北京市设施农业信息管理系统空间数据库进行重新组织分类与管理提供技术支持.

1 面向对象的时间切片模型概述

时间切片模型以切片的形式存储发生在某一时间点上的空间对象.该模型采用的是面向对象的思想,可以很好地封装时空对象的空间、专题和时间特征^[8],并符合逻辑思维语义.每个时空对象由标识 O 、属性集 B 和关系集 R 所构成的三元组 (O, B, R) 来表达.对象标识 O 用于识别对象,属性集 B 描述对象的空间域、专题域和时间域三方面的属性,关系集 R 表征对象几何形状的变化(如边界的收缩、扩张等)、位置的移动,以及空间对象的分割与合并等.

时间切片模型可提供对空间动态对象单一时刻或时态范围的查询与更新.该模型将时态信息标记在对象属性上,直接表达对象在不同时期的状态信息,方便对象的检索和历史状态的查询.在存储方法上,连续记

录随时间变化的专题特征的状态.对于不随时间变化的专题特征,则只记录其初始状态,这样可以节省大量的存储空间,减少数据冗余.

2 设施农业时空分析

北京市的地理位置、自然条件、人口与交通情况,决定了北京市的设施农业主要分布在平原地区,少数分布在北部山区.设施农业是一项高度集约化农业产业,为提高土地利用率,便于作业和机械化生产,人工建造的设施农业都是成片、较大规模的标准化建筑^[9].近年来,北京市设施农业发展迅速,规模不断扩大,其结构也在不断调整,分布具有明显的时空变化特点^[10].

现实中,设施农业是一种具有面积的实体,相应的,在地理空间研究中,需用面状图层表达设施农业的空间特征.设施农业数据的空间信息主要表达了设施农业的空间位置、轮廓、大小等几何特征,而属性信息则表达了设施农业的行政级别、地址、权属、所有人、设施类型、墙体结构、种植种类、灌溉方式等描述信息.

从空间信息角度来看,随着时间的变化,设施农业会有空间几何特征、空间属性以及专题属性的变化^[11].其中,空间几何特征是指空间位置、形状等拓扑特征;空间属性是指描述空间几何特征的位置、坐标、面积、周长等信息,一般,空间属性随着空间几何特征的变化而变化,专题属性是由设施农业建设人员确定的描述设施农业信息的属性.

设施农业的变化主要表现为 (a)新增设施农业实体 (b)删除设施农业实体 (c)设施农业规模扩大 (d)设施农业规模缩小 (e)设施农业合并 (f)设施农业分割 (g)设施农业仅专题属性变化.

设施农业仅专题属性变化的情况是指在设施农业地块的空间几何特征以及空间属性不发生变化的情况下,只发生专题属性的变化.专题属性变化情况可分为以下 2 种 (a)由于专题属性是由建设人员确定的,因此,随着各种条件的变化,确定的专题属性也发生变化,如删除原来已经无效的属性或者需要增加新的属性; (b)在专题属性字段集合不变的情况下,设施农业地块由于转让,使得权属所有发生变化,包括法人代表、负责人等的信息变化,或者该设施农业的种植作物种类、灌溉方式等变化也会导致专题属性信息的变化.

基于面向对象的思想,空间对象的变化主要从空间形态与属性两方面进行研究.在设施农业时空变化研究中,空间形态主要指设施农业地块空间形态特征,属性主要指设施农业专题属性.空间属性随着空间形态的变化而自动变化.为了更加直观地表现设施农业的时空动态变化,并提高时空对象索引的效率,将空间属性归入空间形态变化中,这样研究对象只从空间图层数据与属性数据两方面考虑变化,简化了时空对象多种变化的复杂性.

因此,本文将设施农业数据随时间变化的类型归纳为 3 种基本类型 (a)空间形态变化,属性不变 (b)空间形态变化,属性同时变化 (c)仅属性变化.

3 设施农业时空数据模型

基于对设施农业的时空分析,结合时间切片模型,采用面向对象的思想与方法,设计了设施农业时空数据模型(图 1).

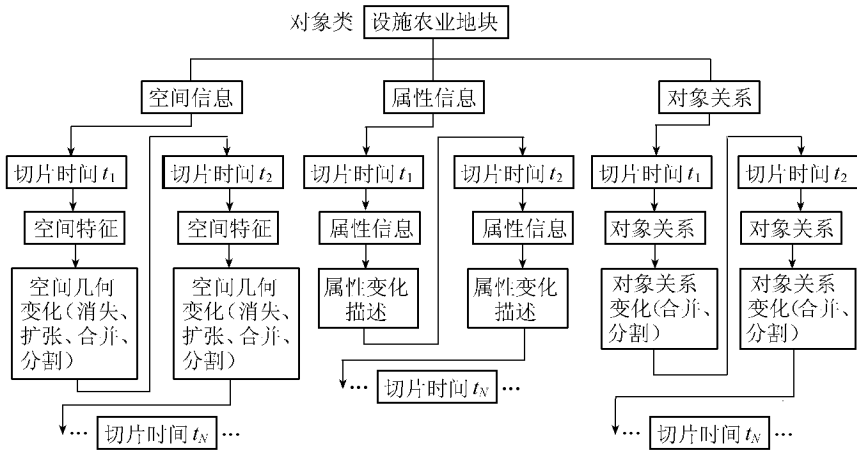


图 1 设施农业时空数据模型

Fig. 1 Spatio-temporal model for facility agriculture

在切片时间 $t_1 \sim t_N$ 间,设施农业地块发生了 N 次空间信息、属性信息或对象关系的变化,但是三者发生变化的切片时间并不一定相同.空间信息、属性信息以及对象关系可分别根据自身变化时间进行独立记录,可节省数据存储空间.

4 应 用

4.1 设施农业时空数据组织

在北京市设施农业信息管理系统中,设施农业时空数据主要分为设施农业建设数据与规划数据.建设数据表征当前北京市设施农业已经建设完成的数据,作为状态稳定的一种反映.规划数据是指目前正在进行规划或者改建的业务数据,处于活动状态.

当设施农业规划项目建设完成后,设施农业数据转为建设数据,原来的建设数据被更新或取代,这样并不利于进行设施农业的时空分析.因此,本文在原设施农业时空数据的基础上,添加一个历史数据,表示发生变更后的建设数据,即变更后建设数据转为历史数据^[12].于是设施农业时空数据根据其所处的状态共分为 3 类数据:建设数据、规划数据与历史数据.

原来设施农业信息管理系统中,建设数据与规划数据分别用建设库与规划库进行存储,对于新增的历史数据,相应的,本文新建一个历史库来存储历史数据,并重新建立建设库、规划库与历史库 3 个数据库之间的关系,如图 2 所示^[13].

在设施农业管理信息系统中重新建立上述 3 个数据库之间的关系并进行管理,能够帮助农业部门对设施农业时空数据进行日常的分布查询、统计、时空查询,满足分析、规划与决策等需要,并能提高数据的访问效率.

4.2 设施农业时空数据存储结构

设施农业时空数据模型对设施农业随时间变化的空间或属性特征进行连续记录,在数据存储过程中需要高效的时空索引机制.综合考虑时间和空间因素,HR-树^[14]可分别对空间信息与时间信息进行记录,是 Oracle Spatial 存储设施农业时空对象结构的最佳选择.在设施农业时空数据库数据存储过程设计中,对于设施农业时空对象,都有设施农业属性数据表 B、对象关系表 R、空间数据表 F 以及设施农业对象标识表 O 与之一一对应.图 3 是基于设施农业时空数据模型的设施农业时空数据在 Oracle Spatial 数据库中的存储结构.

设施农业对象标识表 O 存储时空对象的唯一标识和时间域;设施农业属性数据表 B 存储时空对象的专题属性域;空间数据表 F 存储时空对象的空间域;对象关系表 R 存储对象之间的分割、合并关系.对象标识表中的字段对象开始时间、对象结束时间分别记录对象的起始、终止有效时间和事务时间,用来记录时空对象的生命周期.空间数据表和设施农业属性数据表中的字段“发生时间”表示某个对象在生命周期内发生属性或空间变化的时间,每一次改变增加一条新的记录数据.对象关系表中,“设施农业对象 ID”表示发生分割或合并对象的 ID,而“相关设施农业对象 ID”表示分割或合并后形成的新对象的 ID.因此利用 B、O、F、R 表可以建立设施农业对象的变迁信息,重构对象的演化历史.

4.3 设施农业时空查询

设施农业时空数据库分规划库、建设库、历史库 3 个子数据库,存储了北京市设施农业自有调查记录以来所有的设施农业时空数据.当需要进行设施农业时空分析时,系统从建设库中提取相应的对象到规划库中

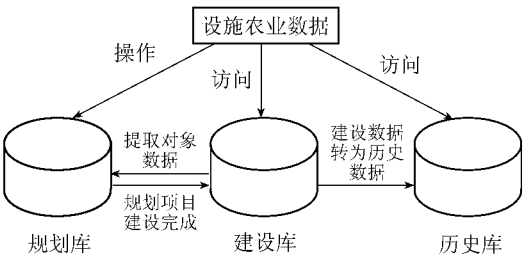


图 2 设施农业时空数据库逻辑关系

Fig. 2 Logical relationship of spatio-temporal database of facility agriculture

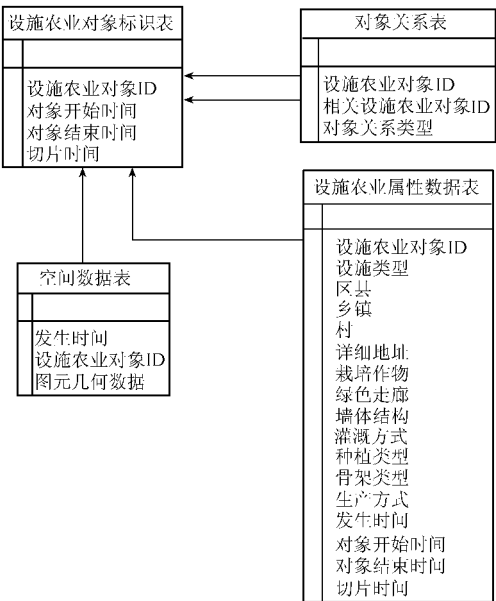


图 3 设施农业时空数据库的逻辑存储结构

Fig. 3 Logical storage structure of spatio-temporal database of facility agriculture

形成数据集^[15],基于设施农业时空数据模型的时空数据查询可支持时间片查询、时间段查询以及时态关系量算。

4.3.1 时间片查询

查询、更新设施农业地块的产生或消亡时刻,查询、更新在某一时刻设施农业地块的属性或空间特征,计算在某时刻设施农业地块之间的拓扑关系、方位关系、度量关系。

如设施农业地块的产生过程中,新增属性如下:

```
insert into 设施农业属性数据表(设施类型,栽培作物,设施农业对象 ID,发生时间) Values(大棚,黄瓜,
A00001,to_date('2005-01-01','yyyy-mm-dd'))
```

4.3.2 时间段查询

查询某个时间范围内设施农业的属性特征、空间特征以及与其他对象之间的空间关系的变化。

如查询某个时间段内设施农业的空间特征变化:

```
Select 设施农业对象 ID,设施农业对象属性表.设施农业类型,空间数据表.图元几何数据 from 设施农业
对象属性表,空间数据表 where Observer.GEOMRELATE(25,35 to_Date('2007-01-10','yyyy-mm-dd'),to_Date('
2008-01-10','yyyy-mm-dd'))
```

4.3.3 时态关系量算

计算设施农业对象之间的时态拓扑关系,如设施农业地块 A 是否比设施农业地块 B 先出现等。

如某一个时间点时设施农业地块 A 是否包含设施农业地块 B:

```
Select Observer.GEOM_CONTAINS(设施农业地块 A,设施农业地块 B,to_Date('2008-01-10','2' 'yyyy-mm-
dd')) from 设施农业时空数据表
```

5 结 论

本文通过对设施农业数据的时空分析,结合面向对象的时间切片模型的思想与方法,提出了设施农业时空数据模型。该模型能很好地表达设施农业时空对象的空间信息、属性信息以及变化关系,为设施农业时空数据管理提供了新的思路与方法。但是,对于设施农业时空数据研究尚处于理论与技术探讨阶段,具体的设计与实施还有待进一步研究。

参考文献:

- [1] 王贺封.时空数据模型及 TGIS 研究[J].测绘与空间地理信息,2006,29(4):11-13.(WANG He-feng. Spatio-temporal data model and TGIS[J]. Geomatics & Spatial Information Technology,2006,29(4):11-13.(in Chinese))
- [2] 陈军,蒋婕.多维动态 GIS 的空间数据建模、处理与分析[J].武汉测绘科技大学学报,2000,25(3):189-195.(CHEN Jun,JIANG Jie. Some issues of multi-dimensional and dynamic GIS[J]. Journal of Wuhan Technical University of Surveying and Mapping (WTUSM),2000,25(3):189-195.(in Chinese))
- [3] LANGRAN G. Time in geographic information system[M]. Lond:Taylor & Francis Ltd,1992.
- [4] DONNA J P. Making space for time:issues in space-time data representation[J]. GeoInformatica,2001,3(1):11-32.
- [5] 舒红,陈军,杜道生,等.面向对象的时空数据模型[J].武汉测绘科技大学学报,1997,22(3):229-233.(SHU Hong,CHEN Jun,DU Dao-sheng,et al. An object oriented spatio temporal data model[J]. Journal of Wuhan Technical University of Surveying and Mapping (WTUSM),1997,22(3):229-233.(in Chinese))
- [6] 翟亮,李霖,唐新明,等.时空数据模型的研究[J].测绘与空间地理信息,2005,28(4):14-16.(ZHAI Liang,LI Lin,TANG Xin-Ming,et al. Research on spatio-temporal data model[J]. Geomatics & Spatial Information Technology,2005,28(4):14-16.(in Chinese))
- [7] 牛习现,王颖,程晓荣.时空数据库模型及其应用[J].华北电力大学学报,2003,30(3):73-76.(NIU Xi-xian,WANG Ying,CHENG Xiao-rong. Spatiotemporal database model and its application[J]. Journal of North China Electric Power University,2003,30(3):73-76.(in Chinese))
- [8] 王黎明,王英,文辉,等.面向对象的区域规划空间信息时空数据模型[J].地理科学进展,2004,23(3):1-8.(WANG Li-ming,WANG Ying,WEN Hui,et al. An object-oriented spatio-temporal data model for spatial information in regional planning[J]. Progress in Geography,2004,23(3):1-8.(in Chinese))
- [9] 胡普辉,刘延凤.浅析我国设施农业发展的若干问题[J].水土保持研究,2006,13(4):64-67.(HU Pu-hui,LIU Yan-feng.

- Questions of development of facility agriculture in China[J]. Research of Soil and Water Conservation 2006 ,13(4) :64-67.(in Chinese))
- [10] 熊波,宫福生,常晓莲.北京的设施农业现状及存在问题[J].北京农业实用技术,2007(10):1-4.(XIONG Bo , GONG Fu-sheng , CHANG Xiao-lian. Facility agriculture in Beijing : current status and problems[J]. Beijing Agricultural Applied Technology , 2007(10):1-4.(in Chinese))
- [11] 张山山.基于对象关系数据库的地理时空数据组织[J].计算机工程与应用,2006(1):166-168.(ZHANG Shan-shan. Organization of geographic spatiotemporal data on object-relational databas[J]. Computer Engineering and Applications 2006(1):166-168.(in Chinese))
- [12] 杨永崇,郭达志.城乡一体化地籍信息系统的时空数据模型[J].西北农林科技大学学报:自然科学版,2005,33(6):75-78.(YANG Yong-chong ,GUO Da-zhi. Spatio-temporal data model of urban and rural integrated cadastral information system[J]. Journal of Northwest Sci-Tech University of Agriculture and Forestry :Natural Science, 2005,33(6):75-78.(in Chinese))
- [13] 黄照强,冯学智.房产地理信息系统时空数据组织研究[J].遥感信息,2005(5):52-56.(HUANG Zhao-qiang ,FENG Xue-zhi. Research on spatio-temporal data organization in real estate GIS[J]. Remote Sensing Information 2005(5):52-56.(in Chinese))
- [14] 林星,高勇,张毅,等.对象关系数据库中的时空索引机制研究[J].地理与地理信息科学,2006,22(3):31-34.(LIN Xing , GAO Yong ,ZHANG Yi et al. On spatio-temporal data access methods in ORDBM[J]. Geography and Geo-Information Science 2006 , 22(3) 31-34.(in Chinese))
- [15] 金培权,岳丽华,龚育昌.时空数据库查询语言 SQLST[J].计算机工程,2005,31(7):60-62.(JIN Pei-quan ,YUE Li-hua ,GONG Yu-chang. SQLST :A query language for spatiotemporal databas[J]. Computer Engineering 2005,31(7):60-62.(in Chinese))

Spatio-temporal data of facility agriculture based on time slice model

WANG Wei-rui¹ , LI Zhao-yong² , SHI Ming-chang² , ZHENG Guo-zhu³ , WANG Lei³

(1. Information Center of Beijing Agriculture Office , Beijing 100029 , China ;

2. Key Laboratory for Silviculture and Conservation of Ministry of Education , Beijing Forestry University , Beijing 100083 , China ;

3. Beijing DT Technology Development Ltd. , Beijing 100085 , China)

Abstract : In order to realize the conversion of facility agricultural information management system in Beijing from static GIS to dynamic one and to solve the dynamic storage and expression of spatio-temporal data of facility agriculture , a spatio-temporal model for the facility agriculture was put forward so as to realize the data reintegration and management with regard to the spatio-temporal variation characteristics of the facility agriculture data according to the idea and method of the time slice model. The methods for the organization , storage structure and query of the spatio-temporal data of facility agriculture were discussed. A conclusion is drawn that the proposed spatio-temporal data model for the facility agriculture can give a satisfactory expression of spatial information , attribute information and variation relationship of its spatio-temporal objects and provide a completely new way for the spatio-temporal data management of the facility agriculture .

Key words : facility agriculture ; time slice model ; spatio-temporal variation ; object-oriented