

基于网格聚类与空间叠置的矢量空间 数据变化检测方法研究

——以地理国情监测应用为例

朱雪虹¹, 张书亮^{1,2}, 张伟佩¹

(1. 南京师范大学虚拟地理环境教育部重点实验室, 江苏 南京 210023)

(2. 江苏省地理信息资源开发与利用协同创新中心, 江苏 南京 210023)

[摘要] 在分析和借鉴传统变化检测方法的基础上, 提出了基于网格聚类与空间叠置的变化检测模型, 实现了地理国情普查数据中矢量空间数据的快速变化检测, 拓展了矢量空间数据变化检测的理论方法, 为地理国情动态监测提供了理论和方法支撑。

[关键词] 地理国情监测, 变化检测, 网格聚类, 空间叠置

[中图分类号] P208 [文献标志码] A [文章编号] 1001-4616(2019)02-0136-09

Research on Vector Spatial Data Change Detection Method Based on Grid-Based Clustering and Spatial Overlay

—An Example of the Application of National Geographic Conditions Monitoring

Zhu Xuehong¹, Zhang Shuliang^{1,2}, Zhang Weipei¹

(1. Key Laboratory of Virtual Geographic Environment of Ministry of Education, Nanjing Normal University, Nanjing 210023, China)

(2. Jiangsu Center for Collaborative Innovation in Geographical Information Resource Development and Application, Nanjing 210023, China)

Abstract: Based on the analysis and reference of traditional change detection methods, this paper proposed a change detection model based on grid-based clustering and spatial overlay, realized a rapid change detection in the national geographic condition census data, expanded the theory and method of vector spatial data change detection, provided theoretical and methodological support for national geographic conditions monitoring.

Key words: national geographic conditions monitoring, change detection, grid-based clustering, spatial overlay

随着全国第一次地理国情普查工作的结束以及地理国情监测的常态化, 普查成果的动态变化检测已成为地理国情监测与动态更新的重要研究内容。变化检测方法研究中, 许多学者侧重于遥感影像的变化检测^[1-3], 忽视了普查成果中大量的矢量数据。与遥感数据相比, 矢量数据具有定位精度高、信息量丰富的优点。基于矢量的变化检测将发现更准确、丰富的变化信息。

当前的矢量数据变化检测方法主要分为基于同名要素匹配、栅格化统计比较、空间特征码及叠置三元组的 4 类变化检测。基于同名要素的变化检测方法利用要素匹配方法建立新旧时态要素对应关系, 再根据相似度及几何形态确定最终变化类型, 但多指标的计算复杂、耗时长, 非 1:1 的匹配关系检测准确度不高^[4-8]; 基于栅格化统计比较的变化检测方法将矢量数据作为栅格图像, 通过统计比较要素标记的像素检测变化, 但栅格化过程复杂, 只适用于空间上变化的要素检测, 无法给出精确几何变化类型^[9-10]; 基于空间特征码的变化检测方法通过构建空间特征码过滤非变化要素, 依据长度/面积计算叠置率确定变化类型,

收稿日期: 2018-12-20.

基金项目: 国家自然科学基金(41771424).

通讯联系人: 张书亮, 教授, 博士生导师, 研究方向: 地理信息系统、地理信息共享与地理信息检索. E-mail: zhangshuliang@njnu.edu.cn

但统一不同图层的编码标准较为复杂^[11];基于叠置三元组的变化检测方法通过空间叠置生成的空间差、被差和交构造三元组确定变化类型^[12]。

目前矢量空间数据的变化检测研究较少,通常为点、线、面要素某一类的检测方法研究,缺乏综合的矢量空间数据变化检测模型,大面积下对于复杂地物的变化检测仍存在漏检、误检等问题,无法满足地理国情监测中矢量数据变化检测的应用需求。因此,本文提出了一种面向地理国情监测的矢量空间数据的变化检测模型与算法,快速检测各种变化类型,支持要素模型表达的点、线、面要素数据以及场模型表达的地表覆盖数据,并通过实验验证了模型与算法的可行性及结果的可靠性。

1 基于格网聚类与空间叠置的变化检测模型

地理国情监测数据源主要包括遥感影像、遥感影像解译样本、专题数据、地形地貌、地表覆盖、地理国情要素、地理国情统计分析成果。其中,以地理数据库存储的地理国情要素数据与地表覆盖数据是本文重点研究的变化检测数据源。地理国情要素信息反映了与人民生活高度相关、可以明确标识、具有较为稳定的空间范围或边界、有独立监测和统计分析意义的重要地物及其属性,如道路、城市、设施和管理区域等人文要素实体,湖泊、沼泽、沙漠、河流等自然要素实体,以及高程带、盆地、平原等自然地理单元。通常采用要素模型(对象模型)来进行描述,按照其空间特征分为点、线、面、体4种基本对象。地表覆盖分类信息反映了地表自然营造物和人工建造物的自然属性或状况。与土地利用数据类似,地表覆盖通常采用规则格网形式的场模型(或称为域模型)进行描述,在空间分布上具有全覆盖、无重叠、无缝隙的特征^[13]。

1.1 检测模型描述

本文提出了基于格网聚类与空间叠置的变化检测模型(change detection based on grid-based clustering and spatial overlay, GCSO_CD)(见图1),即将待检测空间划分为格网,然后将数据集的所有对象映射到相应的格网,同时将其空间及属性特征反映到该格网中,通过格网的统计信息确定变化格网,从而过滤大量未变化要素,在此基础上,利用空间叠置方法,将空间上重叠的要素作为检测的候选集,通过建立叠置表达多元组描述两者叠置关系,最终确定要素变化类型。本文基于格网聚类与空间叠置的变化检测模型被定义为一个四元组 M :

$$M = \langle D, F, E, R \rangle, \quad (1)$$

式中, D 为变化检测数据源集合<新时态数据集,旧时态数据集>; F 为确定每个格网单元 g 是否被过滤的条件; E 为空间叠置后两重叠要素重叠关系的表达方法< N, M >, N 为基于双向重叠度的叠置四元组, M 为不同多元组与变化类型的映射关系; R 为检测结果< G, T >, G 为包含所有变化要素的结果集, T 为各要素变化类型。

1.2 格网特征表达方法

本文构建了格网特征码(grid feature code, GF-Code)对格网特征信息进行编码。当格网内要素的空间或属性信息发生任何变化时, GF-Code 就会发生改变。为能唯一表达格网单元内所有要素的空间及属性特征的统计信息,格网特征码由以下4部分组成:

(1)要素个数 (FeatureNum):落在当前格网单元的要素总数。要素个数相同是格网单元未发生变化的前提。

(2)空间位置信息 (XCode/YCode):本文采

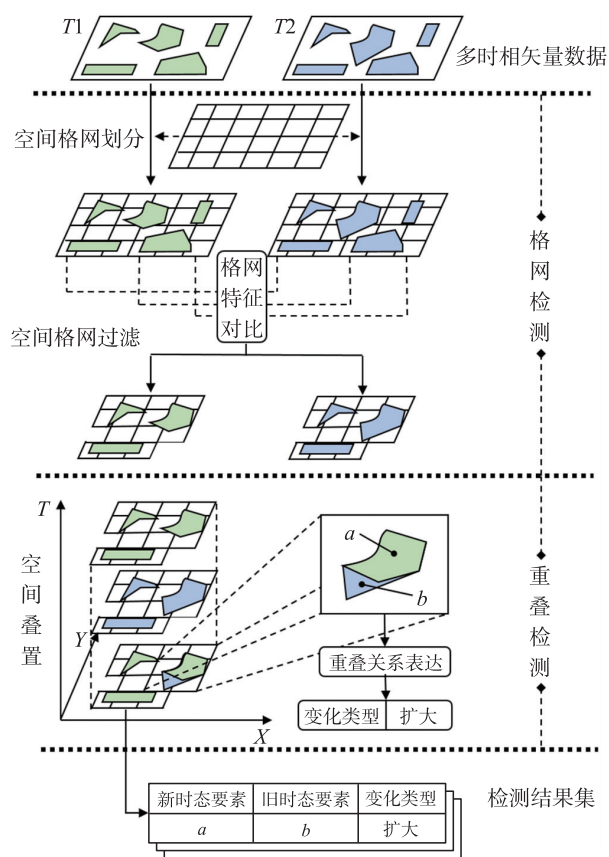


图1 基于格网聚类与空间叠置的变化检测模型

Fig. 1 Change detection model based on grid-based clustering and spatial overlay

用特征点的方式对要素进行抽象,点要素直接取其本身作为特征点,线要素与面要素取各端点平均值作为特征点.

(3)形状信息(ShapeCode):用于识别特征点不变而形状改变的情况.点要素直接为空,线要素与面要素分别取其长度与面积.

(4)属性信息(AttrCode):采用各要素属性值“字符和”的方式.

GF-Code 的构建流程如图 2 所示,主要包括以下步骤:

(1)格网内要素排序:首先对格网内各要素计算其特征点,然后按照特征点坐标先 X 递增,再 Y 递减的顺序进行排序,保证新旧时态格网采用相同的顺序记录内部要素.

(2)格网特征计算:包括要素个数、空间位置信息、形状信息等各子部分的计算,计算完成后将各个子部分进行“字符加”得到代表格网特征信息的格网特征字符串.

(3)GF-Code 编码:由于得到的格网特征字符串较大,无法直接存储在格网单元中,本文采用报文摘要算法(message-digest algorithm 5,MD5)对格网特征字符串进行编码,将生成的 GF-Code 作为每个格网特征摘要信息存储在格网单元中.

1.3 基于双向重叠度的重叠四元组

空间叠置分析是发现不同时期要素发生变化最直观的方式.通过对新旧时态要素进行空间叠置,本文构建了包含双向重叠度的四元组来描述叠置后新旧相交要素的相互关系,并基于该四元组确定要素变化类型,如式(2)所示:

$$N = \langle \text{OID}, \text{NID}, \text{FOR}, \text{ROR} \rangle, \tag{2}$$

式中,NID、OID 分别为叠置关系中新、旧时态要素 ID,FOR(forward overlay ratio)为正向叠置度,ROR(reverse overlay ratio)为反向叠置度.不同类型要素的双向重叠度计算方法不同.

1.3.1 面要素的双向重叠度表达

对于面要素,新旧要素直接进行空间叠置,旧时态要素 A 和新时态要素 B 的双向重叠度计算方法如式(3)、(4)所示,其中 $\text{Area}(A)$ 、 $\text{Area}(B)$ 分别为要素 A 、 B 的面积, $\text{Area}(A \cap B)$ 为两要素叠加后相交的面积.

$$\text{FOR} = \begin{cases} \text{Area}(A \cap B) / \text{Area}(A), & \text{Area}(A) \neq 0, \text{Area}(B) \neq 0, \\ 0, & \text{Area}(A) = 0, \\ 1, & \text{Area}(B) = 0; \end{cases} \tag{3}$$

$$\text{ROR} = \begin{cases} \text{Area}(A \cap B) / \text{Area}(B), & \text{Area}(A) \neq 0, \text{Area}(B) \neq 0, \\ 1, & \text{Area}(A) = 0, \\ 0, & \text{Area}(B) = 0. \end{cases} \tag{4}$$

新旧时态数据除 1:1 的简单变化外,还存在许多复杂变化,如 $m:1$ 、 $1:n$ 及 $m:n$ 的情况,见表 1.

1.3.2 线要素的双向重叠度表达

线要素与面要素略有不同,由于新旧时态数据中误差的存在,导致线要素空间叠置后会出现无法完全叠置的情况,从而影响后续判断,因此本文采用缓冲区叠置的方式计算双向重叠度,如图 3 所示.其中,缓冲区半径根据数据实际情况而定.

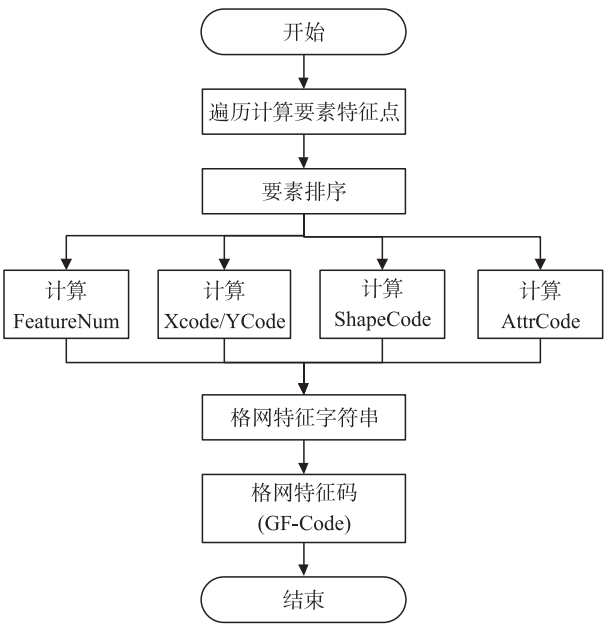


图 2 格网特征码构建流程
Fig. 2 Construction process of GF-Code

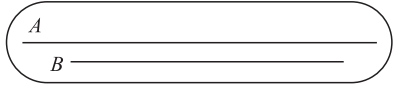
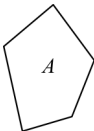
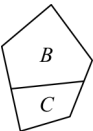
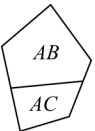
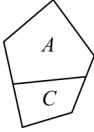
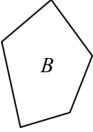
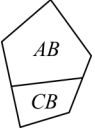
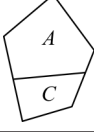
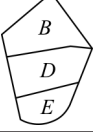



图 3 线要素双向重叠度计算
Fig. 3 Calculation of bidirectional overlay ratios of line elements

表 1 面要素复杂变化的双向重叠度表达

Table 1 Bidirectional overlay ratios representation of complex change of surface elements

旧时态要素	新时态要素	叠置示意图	叠置四元组<OID,NID,FOR,ROR>	变化描述	变化类型
			$\langle A, B, 0.6, 1 \rangle$ $\langle A, B, 0.4, 1 \rangle$	相同的空间位置上,原来一个要素变成了多个要素,新旧要素对应关系为 1:n.	分裂
			$\langle A, B, 1, 0.6 \rangle$ $\langle C, B, 1, 0.4 \rangle$	相同的空间位置上原本的多个要素变成了一个要素,新旧要素对应关系为 m:1.	合并
			$\langle A, B, 0.6, 1 \rangle$ $\langle A, D, 0.4, 0.5 \rangle$ $\langle C, D, 0.5, 0.5 \rangle$ $\langle C, E, 0.5, 1 \rangle$	新旧要素之间多个要素之间的综合变化,要素比例关系为 m:n.	复杂变化

此时,线要素双向重叠度的计算公式为:

$$\text{FOR} = \begin{cases} \text{Length}(A \cap B_{\text{buffer}}) / \text{Length}(A), & \text{Length}(A) \neq 0, \text{Length}(B) \neq 0, \\ 0, & \text{Length}(A) = 0, \\ 1, & \text{Length}(B) = 0; \end{cases} \quad (5)$$

$$\text{ROR} = \begin{cases} \text{Length}(B \cap A_{\text{buffer}}) / \text{Length}(B), & \text{Length}(A) \neq 0, \text{Length}(B) \neq 0, \\ 1, & \text{Length}(A) = 0, \\ 0, & \text{Length}(B) = 0. \end{cases} \quad (6)$$

式中, $\text{Length}(A)$ 、 $\text{Length}(B)$ 分别为要素 A、B 的长度, A_{buffer} 、 B_{buffer} 分别为要素 A、B 缓冲区面要素, $\text{Length}(B \cap A_{\text{buffer}})$ 、 $\text{Length}(A \cap B_{\text{buffer}})$ 分别为要素 B 与要素 A 缓冲区、要素 A 与要素 B 缓冲区相交的长度. 线要素变化同面要素变化类似,在此不作赘述.

1.3.3 点要素的相似度检测模型

点要素的几何变化类型简单,包括新增、消失、偏移. 其变化检测主要通过两点欧氏距离度量结合属性信息变化确定要素最终变化类型,相对容易.

2 基于 GCSO_CD 模型的矢量空间数据变化检测算法

2.1 空间格网划分及检测算法

本文采用基于规则格网的四叉树空间索引的方式进行格网划分,并提出一种基于四叉树改进的四叉检测树(detection quad tree, DQ-Tree). DQ-Tree 是一种非平衡索引树,树的深度由格网划分的粒度决定. 为保证各节点存储的要素尽可能均匀, DQ-Tree 网格划分的条件是每个格网要素数目小于设定的阈值. 以格网单元为索引单元,对二维空间数据集 D 中要素依次计算其特征点,按要素特征点索引至对应的格网单元中,从而保证每个要素仅存在于一个格网单元中. 索引树有 $N+1$ 层,前 N 层为划分后的各级格网单元集合,第 $N+1$ 层为各格网单元对应的空间数据对象. DQ-Tree 索引树的形式为:

$$\langle \text{RootNode}, \text{MidNodes}, \text{LeafNodes}, \text{FeatureDatas} \rangle \quad (7)$$

式中:RootNode 为索引树的根节点,即整个格网划分空间;MidNodes 为索引树的中间节点集合,即格网划分空间进行四分索引的各级格网单元集合;LeafNodes 为索引树的叶子节点集合,即格网划分空间中的最小格网单元集合;FeatureDatas 为索引树的最终层,对应的是变化检测空间数据集 D . 每个节点对应的存储结构为 $\langle \text{GridCode}, \text{ParentNode}, \text{ChildNodes}, \text{DF-Code}, \text{Features} \rangle$, GridCode 为格网编码,ParentNode 和 ChildNodes 分别为父节点与子节点的索引链接,其中 RootNode 的 ParentNode 为空,LeafNodes 的 ChildNodes 为空,DF-Code 为格网特征码,Features 为格网内存储的数据集,非叶子节点该值均为空.

由以上定义可得 DQ-Tree 的构建过程:首先对初始二维空间建立根节点,节点中 ParentNode 为空,Features 为初始数据集 D . 将该二维空间划分为 4 个格网,对 Features 中的要素依次根据特征点判断所属

格网,并将该要素移动到该格网对应节点的 Features 中,遍历完成后对 4 个格网分别判断是否满足内部要素个数小于最大要素个数 MaxNum,如满足则结束,否则按照上述方式进行递归划分,直至所有格网单元满足条件. 将各层划分的层次关系按 ParentNode、ChildNodes 互相链接在一起,从而构成了 DQ-Tree 索引结构. 对图 4(a)所示的格网空间建立的 DQ-Tree 索引结构如图 4(b)所示.

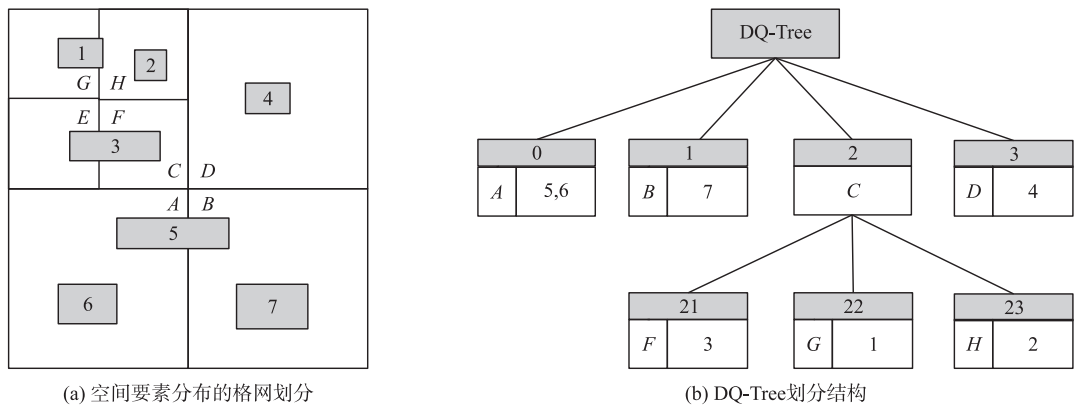


图 4 空间格网划分与 DQ-Tree 构建

Fig. 4 Spatial grid division and construction of DQ-Tree

具体的格网检测算法如下:

第 1 步:为新旧时态数据建立 DQ-Tree. 本文需为新旧时态数据分别建立各自的 DQ-Tree (N_DQ_Tree, O_DQ_Tree),并要求两者的格网结构必须相同,因此其建立过程略有不同,算法流程如图 5 所示.

第 2 步:为两棵 DQ-Tree 的每个节点构建 GF-Code. 详细算法步骤为:(1)从叶节点开始,基于 GCSO_CD 模型中的格网特征表达方法建立当前节点的 GF-Code;(2)将 GF-Code 传至父节点,当父节点接收到全部子节点 GF-Code 后,开始计算当前节点 GF-Code;(3)对子节点 GF-Code 进行解码,获取各部分数值后依次进行叠加,再重新进行组合编码,从而得到当前节点 GF-Code;(4)递归步骤(2)、(3)的构建过程,直至根节点;(5)按照步骤(3)的方法计算根节点 GF-Code,至此所有节点 GF-Code 构建完成.

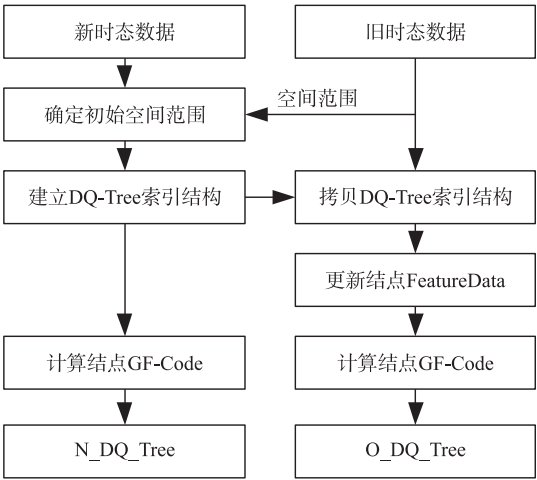


图 5 新旧 DQ-Tree 建立流程

Fig. 5 Construction process of new and old DQ-Tree

第 3 步:确定变化格网. 详细算法步骤为:(1)从根节点开始,遍历 N_DQ_Tree;(2)根据当前遍历节点 CurNode 的格网编码查询 O_DQ_Tree 中相同编码的节点;(3)对比两节点 GF-Code 是否相同,若相同则该区域要素均未变化,将该节点及其所有子节点从 N_DQ_Tree 中移除,否则对其子节点依次进行递归对比;(4)当所有节点遍历完成后,N_DQ_Tree 中剩余的节点即为变化格网.

2.2 基于重叠四元组的叠置检测算法

叠置检测是结合空间叠置确定要素具体变化类型的过程. 要素变化分为几何图形变化与属性变化. 不同几何类型的数据集空间结构不同,几何图形发生的变化类型也不同,因此具体检测算法也不同.

2.2.1 面要素变化检测

以图 6 所示区域为例对面要素的变化检测算法进行详细介绍,具体步骤如下:

第 1 步:遍历旧时态要素集 D_1 , 获取待检测要素 F_1 .

第 2 步:获取要素 F_1 的候选要素集 S . 详细步骤如下:(1)计算当前要素的最小外接矩形 (minimum bounding rectangle, MBR);(2)根据 MBR 范围结合 N_DQ_Tree 索引结构进行空间查询,确定与该范围相交的格网单元;(3)将格网中的要素中与 MBR 范围相交的要素集作为要素 F_1 的候选要素集 S .

第 3 步:遍历候选要素集 S , 获取要素 F_2 , 根据 GCSO_CD 模型中叠置四元组表达方法,建立要素 F_1 和

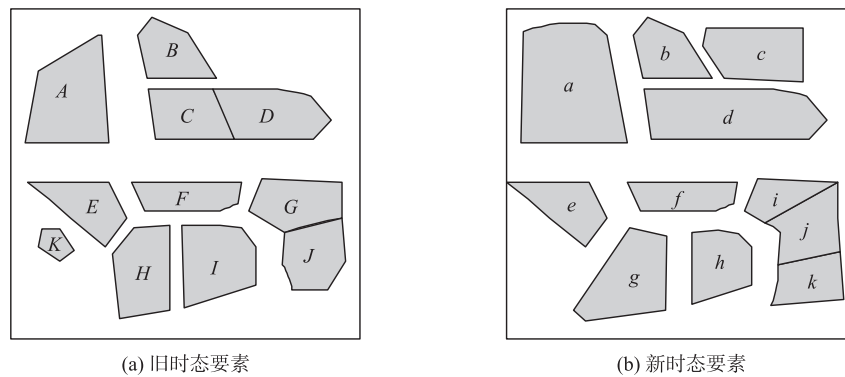


图6 面要素变化检测示例区域

Fig. 6 Sample area for change detection of surface elements

F_2 的叠置四元组.

第4步:对于得到的叠置多元组,应用聚类合并策略,确定要素变化类型,并标记与待检测要素确定变化关系的候选要素,详细的聚类合并策略如下:

(1)确定简单变化. 根据叠置四元组变化分类模型确定简单变化类型结果如表2所示.

表2 面要素确定简单变化后的结果

Table 2 The result after simple change determination of surface elements

OID	NID	FOR	ROR	Type	OID	NID	FOR	ROR	Type
A	a	1	0.7	扩大	G	j	0.5	0.5	偏移
B	b	1	1	未变化	H	g	0.7	0.6	形变
C	d	1	0.4	扩大	I	h	0.8	1	缩小
D	d	1	0.6	扩大	J	j	0.5	0.5	偏移
E	e	0.8	0.8	偏移	J	k	0.5	0.4	形变
F	f	1	1	未变化	K	—	1	0	新增
G	i	0.5	1	缩小					

(2)确定复杂变化. 遍历叠置四元组,若两个四元组中存在 OID 相同的情况,将这两个四元组的变化类型 Type 更新为分裂,若当前 Type 已经为合并,则将包含这两个四元组中 OID、NID 的所有四元组 Type 更新为复杂变化. 若存在 NID 相同时,处理方法与之类似,首先更新 Type 为合并,若更新时 Type 已经为分裂,则将包含这两个四元组中 OID、NID 的所有四元组 Type 更新为复杂变化.

(3)确定新增要素. 遍历新时态数据集 D_2 ,若要素的 OID 不存在该组中,将其变化类型确定为新增,对该示例区域,c 要素并未出现在四元组结果中,其变化类型为新增.

2.2.2 线要素变化检测

线要素变化检测流程与面要素基本相同,以与缓冲区相交作为候选要素集筛选条件. 在实际情况中存在很多如图7所示的情况,两者只是因为空间存在端点相交也建立了两者的叠置多元组,这类多元组我们称为“无用多元组”,像 $\langle A, b, 0.05, 0.04 \rangle$ 、 $\langle A, h, 0.05, 0.07 \rangle$ 这类多元组均为无用多元组. 如果直接按照叠置四元组变化分类归为“变形”会造成误判,因此要首先移除这类多元组,这种情况由于只叠置了一部分区域,因此得到的双向重叠度均比较小,在实际判断时,会根据实际情况设定一个阈值如 0.1,将双向重叠度均小于该阈值的多元组判定为无用多元组并从初始多元组集合中移除.

2.2.3 点要素变化检测

点要素的变化检测流程如下:

第1步:遍历旧时态要素集 D_1 ,获取待检测要素 F_1 .

第2步:获取要素 F_1 的候选要素集 S ,详细步骤如下:(1)以 R 为半径建立要素 F_1 的缓冲区范围;(2)根据该缓冲区结合 DQ-Tree 索引结构进行空间查询,确定与该缓冲区范围相交的格网单元;(3)将格网中的要素中与缓冲区范围相交的要素集作为要素 F_1 的候选要素集 S .

第3步:遍历候选要素集 S ,确定要素 F_1 的变化类型,详细步骤如下:(1)计算要素 F_1 和 F_2 的几何变化类型以及属性变化类型;

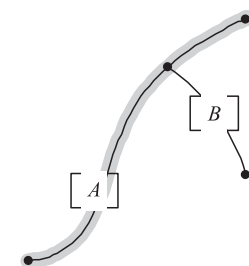


图7 线要素叠置特殊情况

Fig. 7 Special overlay case of line elements

(2) 根据几何变化类型和属性变化类型不同的组合确定要素变化类型,并标记要素 F_2 ; (3) 若候选集 S 遍历完成后,变化类型仍未确定,该要素 F_1 的变化类型为消失。

第 4 步:遍历新时态要素集 D_2 ,将所有未被标记的要素的变化类型设为新增。

2.3 地表覆盖数据变化检测

地表覆盖数据虽然在数据库中以面要素形式存储,然而在空间分布上具有全覆盖、无重叠、无缝隙的特征,对地表覆盖的变化检测与地理国情要素数据的检测不同,并不需要了解某个要素的具体变化情况(扩大、偏移、新增、消失等),而更加关注哪些区域发生了变化及发生了何种变化。

区域发生的变化主要指不同土地类型的变化,如耕地变化为林地,因此本文构建了三元组 T 来描述地表覆盖类型变化:

$$T=[N,O,A], \tag{8}$$

式中, N 、 O 分别为新、旧时态数据地表覆盖分类码, A 为对应的面积。

为更好地描述地表覆盖变化区域,同时为进一步结合遥感影像人为分析提供基础,本文采用规则格网的方式对整个检测区域进行划分,每个格网单元由 $\langle Gcr, Result \rangle$ 两部分组成。 $Result$ 为格网内地物类型变化结果,采用哈希表存储,键为新旧地表覆盖分类码的组合,值为面积。 Gcr 为格网变化度 (grid change ratio, Gcr),用于描述每个格网的变化程度,计算公式如下:

$$Gcr=A_{change}/A_{grid}, \tag{9}$$

式中, A_{change} 为格网单元内变化区域的面积, A_{grid} 为格网面积。

3 实验验证

根据格网聚类与空间叠置的变化检测模型,采用基于改进的四叉检测树的格网检测算法与基于重叠四元组的叠置检测算法,构建了面向地理国情监测的矢量空间数据变化检测原型系统,以浙江省丽水市某区域的第一次地理国情普查成果数据及动态监测数据为实验数据(图 8),对本文提出的变化检测方法进行验证。

实验区域面积总计为 1 493.60 km²,数据量为 192 MB,地理国情普查数据共 37 个图层,由地理国情要素数据与地表覆盖数据两类组成,数据类型包含点、线、面 3 种。其中地理国情要素数据包含道路、构筑物、水域、地理单元 4 个要素数据集,共 36 个图层;地表覆盖数据图层包含耕地、园地、林地、草地、房屋建筑(区)、道路、构筑物、人工堆掘地、荒漠与裸露地表、水域 10 种类型。

实验环境采用惠普商务台式机(HP ProDesk 480 G1 MT),CPU 为 Inter Core i7-4470(四核 3.40 GHz),内存为 8 G。实验流程如图 9 所示。

实验选择几组区域的数据来进行实验,同时以该实验数据为基础,设计基于要素匹配、栅格化统计比较(SCAG)、空间特征码、叠置三元组的变化检测

算法作为对比实验。实验统计出检测变化数,并通过人工判读来获得检测结果的正确个数和检测数据中实际正确结果数,判断检测质量,并与其他方法进行对比,实验结果如表 3 所示。由多组实验的检测结果可以看出,几种变化检测算法检测出的变化要素个数基本一致,提取各个方法得到的变化要素进行人工校对,并没有误判的情况,存在的少量差别与算法阈值的设定有关,这表明基于 GCSO_CD 方法的变化检测结果的可靠性。将第 5 组数据中各算法检测结果按照变化要素类型进行分类,结果如图 10 所示。由此可知,4 种检测算法

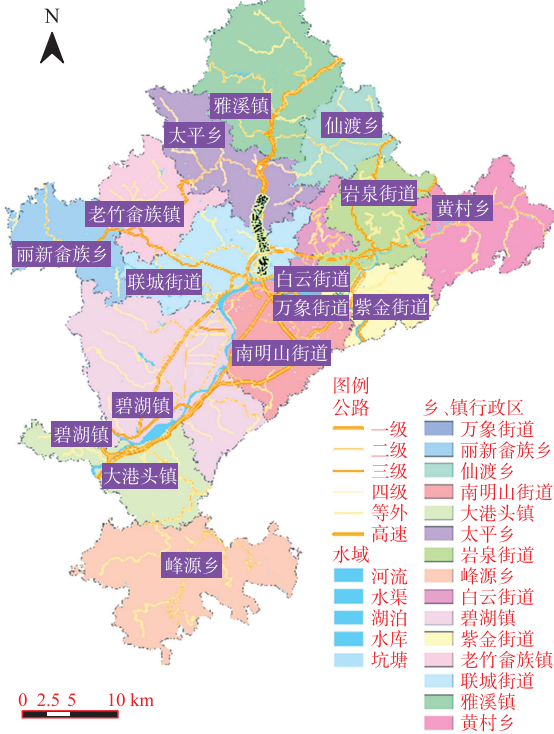


图 8 实验区域
Fig. 8 Study area

在新增、消失和属性变化 3 种变化类型上的结果完全一致,差异主要存在其余变化类型中,基于要素匹配的变化检测算法并未对偏移要素进行检测,基于空间特征码的变化检测算法则将扩大、缩小、偏移等都归置形变一类中,在变化类型完整性上 GCSO_CD 算法和叠置三元组算法表现较好.

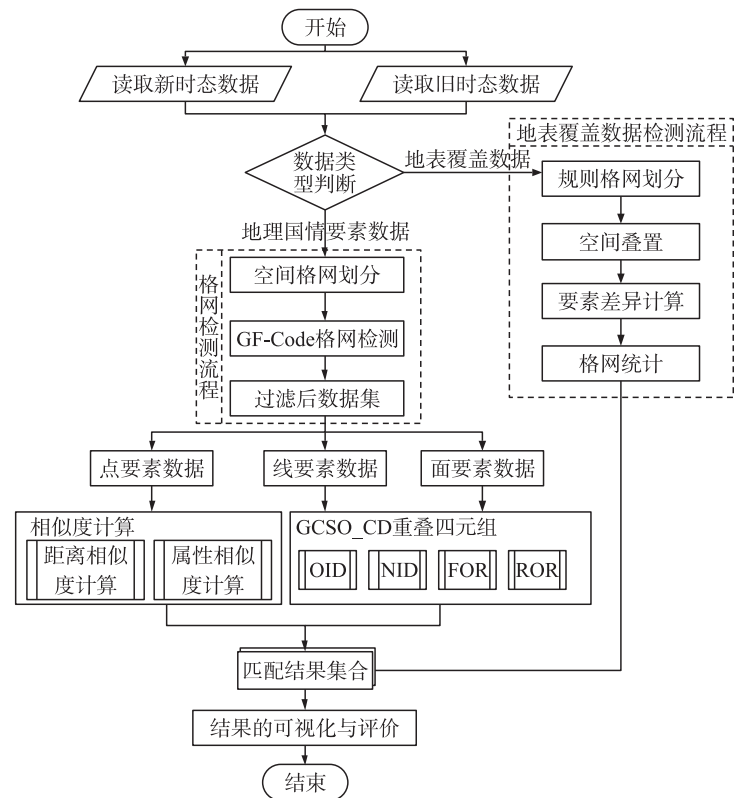


图 9 实验流程图

Fig. 9 Flow chart of experiment

表 3 4 种检测算法检测变化数对比

Table 3 Comparison of the number of changes detected by four detection algorithms

旧时态要素个数	新时态要素个数	GCSO_CD 检测变化数	要素匹配检测变化数	空间特征码检测变化数	叠置三元组检测变化数
253	214	32	31	31	32
542	531	78	78	76	77
1 053	1 123	153	151	150	152
2 162	2 089	198	197	195	196
5 321	5 482	362	358	356	361

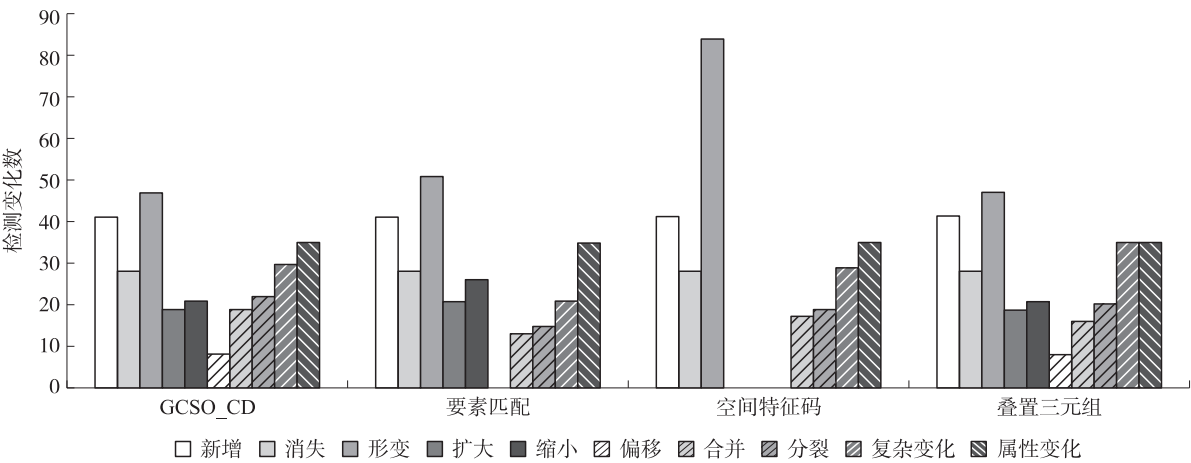


图 10 4 种检测算法结果变化分类对比

Fig. 10 Comparison of results classified by change types of four detection algorithms

4 结语

在当前的地理国情监测中,矢量空间数据变化检测多基于同名要素匹配、栅格化统计、空间特征码、叠置三元组,此类检测方法无法满足地理国情监测中各种复杂几何类型变化检测的需求,也难以支持地表覆盖数据变化检测。本文从变化检测对象的角度出发,提出了一种基于格网聚类与空间叠置的变化检测模型与方法。与传统的检测方法相比,本文所提出的检测模型检测结果质量较高,能够完整地检测各种变化类型,同时在效率方面也表现优异。地理国情监测的数据对象包括了各类各时期的测绘数据,目前本文仅选取了地理国情普查数据及其动态监测数据作为变化检测数据源,而对于结合其他类型矢量数据如基础测绘数据、专业部门数据,或结合遥感影像成果进行变化检测尚未涉及。多源多尺度数据的变化检测以及深度的定量分析是地理国情监测的重要研究方向,也是本文下一步研究的重点。

[参考文献]

- [1] RADEK R J, ANDRA S, AL-KOFAHI O, et al. Image change detection algorithms: a systematic survey[J]. IEEE transactions on image processing, 2005, 14(3): 294.
- [2] 孙晓霞, 张继贤, 刘正军. 三峡库区土地利用时序变化遥感监测与分析[J]. 长江流域资源与环境, 2008, 17(4): 557-560.
- [3] 杜培军, 柳思聪. 融合多特征的遥感影像变化检测[J]. 遥感学报, 2012, 16(4): 663-677.
- [4] 应申, 李霖, 刘万增, 等. 版本数据库中基于目标匹配的变化信息提取与数据更新[J]. 武汉大学学报(信息科学版), 2009, 34(6): 752-755.
- [5] 吴建华, 傅仲良. 数据更新中要素变化检测与匹配方法[J]. 计算机应用, 2008, 28(6): 1612-1615.
- [6] 童小华, 邓懋懋, 史文中. 基于概率的地图实体匹配方法[J]. 测绘学报, 2007, 36(2): 210-217.
- [7] 柳怀颖. 基于概率及复合指标的矢量数据对比技术研究[D]. 武汉: 中国地质大学, 2011.
- [8] 王文杰. 矢量时空数据几何变化检测方法研究[D]. 兰州: 兰州交通大学, 2013.
- [9] 李宇光, 李连营, 李清泉, 等. 基于栅格化思想的矢量电子地图几何变化检测[J]. 地理空间信息, 2010, 8(1): 142-146.
- [10] 赵慧, 宋星. 基于线性四叉树的快速邻域查询算法[J]. 计算机工程与设计, 2007, 28(18): 4333-4335.
- [11] 徐文祥. 基于空间特征码的矢量要素变化检测研究[D]. 南京: 南京师范大学, 2011.
- [12] 沙玉坤. 基于三元组的矢量数据变化检测方法的研究[D]. 泰安: 山东农业大学, 2012.
- [13] 艾廷华, 刘耀林. 土地利用数据综合中的聚合与融合[J]. 武汉大学学报(信息科学版), 2002, 27(5): 486-492.

[责任编辑: 丁 蓉]