

GIS 中面状要素矢量栅格化的面积误差分析

陈建军, 周成虎, 程维明

(中国科学院地理科学与资源研究所 资源与环境信息系统国家重点实验室, 北京 100101)

Area Error Analysis of Vector to Raster Conversion of Areal Feature in GIS

CHEN Jian-jun, ZHOU Cheng-hu, CHENG Wei-ming

(LREIS, Institute of Geographic Science and Natural Resources, CAS, Beijing 100101, China)

Abstract: The process of vector to raster conversion has information losses to a certain extent, and generates the error problems. The thesis discussed a few types of vector to raster conversion and some reasons of the errors, and systematically analyzed the progress that the error analysis methods have progressed in vector to raster conversion of areal feature, meanwhile analyzed the current existent key problems. The thesis put forward a new error analysis method, which made use of proportion component method to create structure raster data and carried on error analysis in vector to raster conversion of areal feature based structure raster data. Finally, the thesis took the vector to raster conversion of land-use data as an example carried on the verification research. The result discovered that the normal analysis method underrated the error of vector to raster conversion, because none full considered "this reduce, simultaneity that increment" problem that errors were not distributed equably on space in the vector to raster conversion. The thesis suggested that we might adopt structure raster data to improve the error analysis in vector to raster conversion. The method can distinguish errors from the cause of "this reduce" and the cause of "that increment", and the error analysis is more overall, objective and accurate. In the meanwhile, we easily make visualization and create error map on the results of error analysis.

Key words: areal feature; vector to raster conversion; error analysis; proportion component; structure raster data

摘 要: 在探讨矢量栅格化的几种形式和产生误差原因的基础上, 系统分析在面状要素矢量栅格化的误差分析方法研究方面所取得的进展, 指出当前分析方法存在的主要问题, 并提出利用结构性栅格数据进行面状要素矢量栅格化的误差分析方法, 然后以土地利用数据的栅格化为例进行实证研究。研究表明, 常规分析方法很大程度上低估了栅格化的误差, 因为没有充分考虑栅格化误差存在空间上的“此消彼长”现象。建议采用结构性栅格数据来改善栅格化误差分析, 对误差作基于格网的量化计算, 并标记在单元格上。它能有效地区分“此消”与“彼长”导致的误差, 使面状要素栅格化的误差分析更加全面、客观、准确, 且容易进行误差的量化分析与表示。

关键词: 面状要素; 矢量栅格化; 误差分析; 比例成分法; 结构性栅格数据

1 引 言

栅格数据是地理信息系统的重要数据类型。基于 GIS 的空间分析和空间建模等多中采用栅格数据^[1, 2], 如洪水时空过程模拟。较多栅格数据是通过矢量数据进行数据生产、存贮与更新, 然后将矢量转换成栅格。在 GIS 中将矢量数据转

成栅格数据的过程, 称之为矢量栅格化或栅格化 (Vector to Raster Conversion 或 Rasterization), 以下简称“栅格化”。本研究以面状要素栅格化的面积误差分析与度量为主线, 分析国内外在处理这个问题所存在的问题, 然后提出更合理地评价方法, 使误差分析更加全面、准确、直观。

栅格化是一个有损转换过程, 无论怎样提高

收稿日期: 2006-04-04; 修回日期: 2007-03-20

基金项目: 国家杰出青年基金项目 (40225004); 国家自然科学基金地区基金项目 (40561011); 科技部国家科技基础条件平台项目 (2004D KA20180-08)

作者简介: 陈建军 (1975-), 男, 江西丰城人, 博士后, 主要从事 GIS 与遥感综合应用与资源环境遥感方面研究。

E-mail: chenjj@reis.ac.cn

转换精度,都会产生一定的误差,对于面状要素的栅格化过程中,包括类型面积、图斑形状与结构、几何位置、属性等误差。它们与所使用的数据、算法、数据结构等有关^[3]。不同 GIS 软件有不同的栅格化算法,同样的输入可能产生不同的结果^[4]。有学者很早就指出我们对数据处理过程中的误差的了解甚少^[5],并且重视不够。因此,误差评估和减少误差的方法是值得研究的问题,许多学者对此进行了有意义的探讨。

Shortridge 认为栅格化的误差对于栅格单元大小、多边形的形状和结构都比较敏感^[6]。Galton 系统地研究了矢量数据在栅格化过程中空间属性的粒度敏感性,在特定的粒度水平上栅格化,有些属性可以保持,有些属性将会丢失^[7],实质上最后结果误差也是一种面积误差。Burrough 等深入而详细地论述了栅格化中的误差的来源问题,但没有关于误差评估与减少误差方面的研究^[8]。

Frolov 和 Maling 最早提出了一种栅格化误差的概率统计估算方法,认为一个栅格单元被一条实际边界线二等分而导致的误差是概率问题,用概率统计方法分析误差,由此推广到多边形的栅格化误差^[9,10]。其后,Goodchild 重新研究了这个问题,并对其中的参数进行了适当的修正^[11,12]。Switzer 提出了另一种估计矢量数据栅格化的精度的方法,基本思想是假设存在一幅理想的矢量地图,图上不同属性的制图单元由准确的边界分开,对理想地图进行观测采样得到一幅具有规则格网的栅格地图,把这两幅图进行叠置比较分析误差^[10,13]。Bregt 等提出双重转换方法与边界指数结合进行误差分析^[14]。

刘明亮等分析了依据面积最大原则生成 1 km 单一属性值栅格数据与原始成分类型数据之间的误差分布^[15]。杨存建等探讨了在不同尺度栅格大小的情况下,各种土地利用类型在转化过程中的精度损失情况,研究表明精度损失与地类的平均斑块大小和栅格尺度之间的关系可以用模型来表达^[16]。

以前分析方法都存在一定的局限性,主要原因是没有基于栅格单元,对栅格化中的此消彼长和空间分布关注不够。

2 面状要素栅格化过程中的误差产生原因

在 GIS 中面状要素的矢量转化为规则单元的栅格数据,首先要选择单元大小,并确定合适的

栅格编码方法。在决定栅格代码时尽量保持地表的真实性,保证最大的信息容量,或者满足特定的要求。图 1 所示的一块矩形地表区域,内部含有 A, B, C 三种地物类型, O 点为中心点,将这个矩形区域近似地表示为栅格结构中的一个栅格单元时,可根据需要,采取如下的方式之一来决定栅格单元的代码^[17]。这也代表几种不同的栅格化处理过程的赋值方式: 中心点法,中心点 O 落在代码为 C 的地物范围内,按中心点法的规则,该矩形区域相应的栅格单元代码为 C; 面积占优法,显见 B 类地物所占面积最大,故相应栅格代码定为 B; 长度占优法,根据每个栅格单元的中线(水平或垂直)的大部分长度所对应的地物类型的属性值来确定栅格单元的代码,根据此原则,栅格单元的代码应该为 B; 重要性法,假设图中 A 类最重要的地物类型,则栅格单元的代码应为 A。

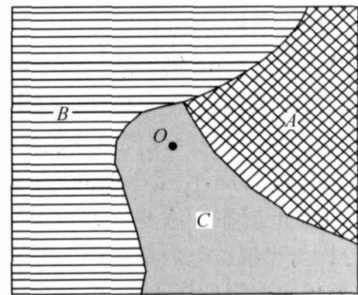


图 1 属性码的确定

Fig. 1 The confirmation of the code

由于每个栅格单元只有单一属性值,当在一个栅格范围内多于一种地物的情况下,而表示在相应的栅格数据中仅是一个代码,这时误差就将产生。并且,这个属性误差与矢量 GIS 中的面状要素的属性误差是不一样的^[18],它是一个处理过程误差。由于栅格属性值的误差,必将导致各类型的面积统计误差。

3 面状要素栅格化中的面积误差分析问题

在转换集成一个栅格单元较大并且应用于空间建模和定量分析情况下,必须评估在此转换产生的误差。从几何概率方面分析栅格化过程的误差,没有考虑位置漂移问题和在边界是有 2 种以上的类型的误差,当一个边界是二等以上时,此方法就不再适合。Bregt 等提出的双重转换与边界

的方法,也对同样没有解决 3 种类型共一个栅格单元的情况。对于与理想栅格地图对比方法,理想地图是一个模糊和不易操作的难题。总之,这些方法都只注意到各类型面积误差,而没有分析每一个栅格单元内的误差,在此统称为“常规分析方法”。

这些常规分析方法的用数量方法可以概括为

某类型面积误差公式:

$$E = A_g - A_v \tag{1}$$

其中, A_g 表示基于栅格求算的面积, A_v 表示用矢量数据求出的面积, E 表示面积误差,取正值表示比实际的面积大,取负值表示比实际的小。

某类型的面积误差率计算式:

$$Y = E / A_v \tag{2}$$

其中, Y 表示误差率,取值为 - 1 至 1 之间,当 Y 为负值时,表示面积小于实际面积,为正值时,表示面积大于实际面积。

当前栅格化过程中的误差分析存在有以下不足之处: 只顾及各类型面积的总体误差,而没有考虑“此消彼长”和空间位置漂移现象; 只考虑了数量上问题,而不注重质的问题; 没有分析误差空间分布规律。这些问题没有充分地解决,将对分析与模拟结果的精度产生影响,并且不利于对误差传播机制的深入研究。

总体误差的分析,并不能反映出误差的空间分布规律与状态,而这些局部误差可能导致某些重要细节信息丢失或错误结果^[19]。栅格化过程中的误差认知可以分为质的识别、量的统计规律、

量的精确值 3 个层次,按该顺序对现象的认识越来越深入^[20]。

此消彼长是客观分布规律,在汇总统计过程中常会出现部分相互抵消现象,从而掩饰部分误差,只有针对每一个栅格单元的分析,才能有效分析此类栅格化误差。为了全面地分析面状要素栅格化的面积误差,在实验研究基础上,提出基于结构性栅格数据的误差分析方法,误差分析深入到每一个栅格单元中。

4 基于结构性栅格数据的栅格化误差分析方法

基于结构性栅格数据的误差分析方法需两个步骤:第一是进行矢量数据双重栅格化处理,包括一般栅格化(本论文中主要针对“面积占优法”栅格化)和采用比例成分法生成结构性栅格数据;第二步通过两个数据层关联在一起进行栅格化的误差分析,一般栅格化的数据层为对比分析对象,而结构性栅格为误差分析的参考数据或基础数据。

结构性栅格数据是一种特定栅格数据结构,主要是因为它与通常的栅格单元的代码确定方式不一样,经过一定的方法处理后,每个栅格单元对应有一组结构性的属性值记录,详细地记录栅格单元内类型组成信息。可以根据具体研究的需要设计其记录的结构模式,来提高数据表达精度和灵活性,所以称之为“结构性栅格数据”,见图 2。基于结构性栅格数据的误差分析方法的思想用数量方法可以概括为 4 类。

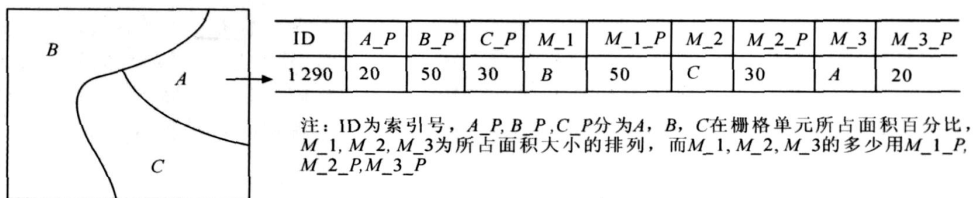


图 2 结构性栅格数据的记录格式

Fig. 2 The storage format of structure raster data

4.1 每一个栅格内的面积误差计算式

当 P 为最大时,则在此栅格内发生扩张而占有其他类型的面积,计算式为

$$e_{ij} = ((100 - P) \times U) / 100 \tag{3}$$

而当 P 不为最大时,则在此栅格内会消失,

应是面积减小,计算式为

$$e_{ij} = - (P \times U) / 100 \tag{4}$$

其中, e_{ij} 为在 e_{ij} 表示某一类型在每一个栅格单元内部的增减面积,取正值表示此类型占有该栅格单元且比其实际的面积大,取负值表示在此类型

在栅格单元内部消失,单位为 m^2 ; i, j 分别为栅格单元的行、列数; U 为栅格单元的面积大小,单位为 m^2 , P 为某一类型在栅格单元内所占的面积 a 除以栅格单元的面积,再乘以 100 所得的面积百分比数,即 $P = (a / U) \times 100$ 。因为误差分析是基于每一个栅格单元的分析,所以可对其结果进行空间上量化表示,生成误差分布图。误差分布图无疑是最能直观反映误差空间分布规律的技术手段^[23]。

4.2 某一类型面积误差的计算方法

$$E_e = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n e_{ij} \quad (5)$$

$$E_s = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m e_{ij} \quad (6)$$

$$E = E_e + | E_s | \quad (7)$$

其中, i, j 分别为栅格单元的行、列数; E_e 表示扩张导致增加的总面积, E_s 表示缩减导致减少的总面积, E 表示由扩张和收缩导致变化总的面积误差,单位都为 m^2 ; m, n 为栅格数据中的每个栅格的行、列数。

4.3 各类型的面积误差计算式

$$Y_e = E_e / A_v \quad (8)$$

$$Y_s = E_s / A_v \quad (9)$$

$$Y = E / A_v \quad (10)$$

其中, Y_e 表示扩张导致的误差率; Y_s 表示收缩导致的误差率; Y 表示由扩张和收缩导致的误差率; A_v 表示各类型基于矢量数据统计的面积。

4.4 分析每一栅格单元中的类型精度

类型精度为栅格内的类型数的倒数:

$$= 1 / n \quad (11)$$

其中, n 为栅格内的类型数。

如图 2 所示,该栅格单元的原始矢量数据包含有 3 种类型,即 $n = 3$,转换成栅格单元后只含有一种类型,则其类型精度为 $= 1 / 3 = 0.333 3$ 。因为类型精度是基于每一个栅格单元的分析,所以很容易对其结果进行空间上量化表示。

5 实证研究

以四川省雅安市雨城区的 2000 年 TM 影像解译的土地利用数据的局部为例,此地区为山区,土地景观格局比较破碎,栅格化过程中的栅格单元大小为 $500\text{ m} \times 500\text{ m}$,栅格化方法是采用面积占优法。两种不同的方法对面积占优法栅格化后的结果的误差进行分析与评价,并比较它们的效

果。

5.1 矢量数据栅格化处理

第一次是按照常规的面状要素栅格化进行栅格化处理。本论文研究中是基于 ArcGIS 软件,采用应用命令 Polygrid 将矢量 (Coverage) 土地利用数据转换成栅格单元为 $500\text{ m} \times 500\text{ m}$ 栅格结构 (Grid) 数据,以面积占优法赋属性代码,此过程为软件所提供且使用比较普遍,在此不赘述,请参见图 3,图 4。

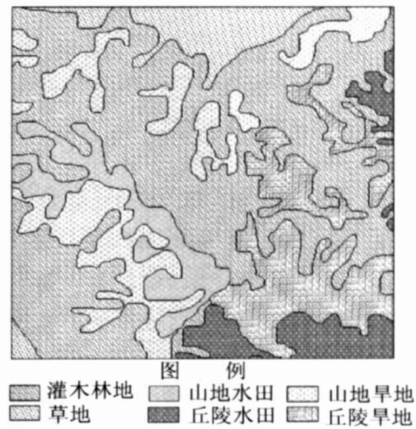


图 3 基于矢量的土地利用图

Fig. 3 Land use map based on vector data

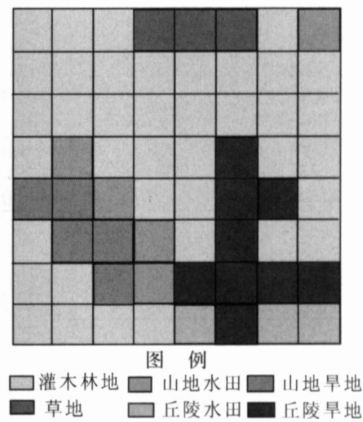


图 4 栅格化后的土地利用图

Fig. 4 Land use map after rasterization

第二次是对同一矢量 (Coverage) 土地利用数据转换成结构性栅格数据。此过程,一般的软件不能直接完成,而是要通过一系列操作(或程序)才能完成。

结构性栅格数据的生成方法, ArcGIS 软件中提到比例分成法的思想,但没有具体实现的方

法和程序。国内一些学者为实现此方法提出了一些实现方案。在参考高志强、唐先明和叶宝莹等思想的基础上^[21-23],使用 ArcGIS 软件实现,通过其宏语言 AML 结合,可以实现批处理。最后,将两种不同方式的栅格化的数据关联在一起,以便于误差分析。

5.2 两种不同栅格化的误差分析分法的比较分析

5.2.1 常规分析方法的误差分析

根据常规分析方法的误差分析原理,不需要进行复杂的数据预处理,只需简单地运用式(1)和式(2)可分别计算出各类的面积误差与误差率,其结果见表 1。

表 1 常规分析方法的误差分析结果

Tab. 1 The result of the normal error analysis method

	灌木林地	草地	山地水田	丘陵水田	山地旱地	丘陵旱地
矢量面积	8 089 984	1 000 605	1 207 852	1 033 348	2 306 254	2 361 957
栅格面积	9 750 000	750 000	1 000 000	750 000	1 500 000	2 250 000
面积误差	1 660 016	- 250 605	- 207 852	- 283 348	- 806 254	- 111 957
误差率	0.21	- 0.25	- 0.17	- 0.27	- 0.35	- 0.05

5.2.2 基于结构性栅格数据的误差分析

根据基于结构性栅格数据的栅格化误差分析方法,依次分别对灌木林地、草地、山地水田、丘陵水田、山地旱地和丘陵旱地,应用式(3)和式(4)计算出每一个栅格单元中的增减情况,进一步运用式(5)、(6)、(7)分别统计出扩张导致的面积误差、

收缩导致的面积误差、总面积误差(扩张与收缩),再后依据式(8)、式(9)、式(10)分别得出扩张导致的误差率、收缩导致的误差率、总误差率(扩张与收缩),其分析结果见表 2。同时,可以运用式(11)求出每一个栅格单元内的类型精度(如图 5)和面积精度(如图 6)

表 2 基于结构性栅格数据的误差分析结果

Tab. 2 The result of the error analysis method based on the structure raster data

	灌木林地	草地	山地水田	丘陵水田	山地旱地	丘陵旱地
矢量面积	8 089 984	1 000 605	1 207 852	1 033 348	2 306 254	2 361 957
栅格面积	9 750 000	750 000	1 000 000	750 000	1 500 000	2 250 000
扩张导致的面积误差	2 898 875	104 275	454 825	115 400	750 650	705 750
扩张导致的误差率	0.36	0.10	0.38	0.11	0.33	0.30
收缩导致的面积误差	- 1 238 900	- 354 875	- 662 675	- 398 700	- 1 306 900	- 817 625
收缩导致的误差率	- 0.15	- 0.35	- 0.55	- 0.39	- 0.57	- 0.35
总面积误差(扩张与收缩)	4 137 775	459 150	1 117 500	514 100	2 057 550	1 523 375
总误差率(扩张与收缩)	0.51	0.46	0.93	0.50	0.89	0.64

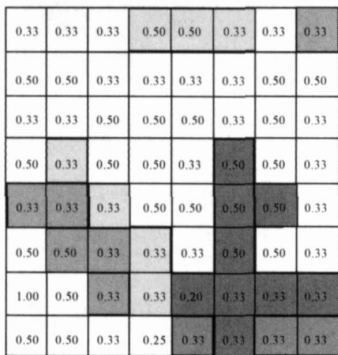


图 例

□ 灌木林地 □ 山地水田 ■ 山地旱地
 □ 草地 ■ 丘陵水田 ■ 丘陵旱地

图 5 栅格化的类型精度

Fig. 5 Types precision of rasterization

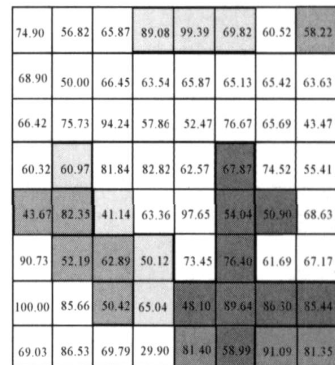


图 例

□ 灌木林地 □ 山地水田 ■ 山地旱地
 □ 草地 ■ 丘陵水田 ■ 丘陵旱地

图 6 栅格化的面积精度

Fig. 6 Area precision of rasterization

5.2.3 两种误差分析方法的结果对比分析

表1与表2的数据和图7都明显地反映了,常规分析方法与基于结构性栅格数据的分析方法是较大差异的,前者大大低估了误差,因为“此消彼长”现象造成的一些误差相互抵消,后者更准确且细化,有增有减,增与减的误差分明。

由此可见,基于结构性栅格数据的栅格化误差分析方法更为合理和准确。同时,还可以生成每一个栅格单元的面积误差分布图。

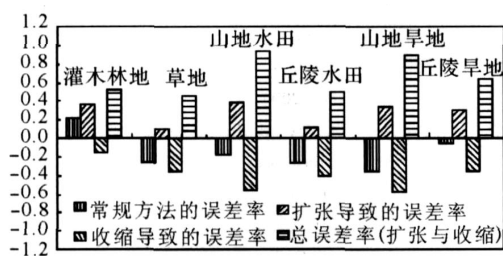


图7 不同类型误差率的对比

Fig.7 The contrast of the different error ratios

6 结论与讨论

面状要素栅格化作为一种数据格式转换过程,是GIS中基本操作或功能,它的误差是不可避免的,因而对其误差进行正确合理的分析是十分重要的。虽然许多学者在这方面进行了大量的研究,但还是对空间分布问题缺乏足够重视。笔者针对此问题,提出基于结构性栅格数据的面状要素栅格化误差分析的方法,不仅考虑误差的空间分布,而且注意了每一个栅格单元的类型误差,使误差分析更加全面、客观、准确,并容易进行误差的量化分析与表示。

基于结构性栅格数据的栅格化误差分析方法与常规的误差分析方法的差异是,基于结构性栅格数据的栅格化误差分析方法是以栅格单元为基础进行误差分析,而常规的误差分析方法是以类型为基础进行误差分析。因此,有效地把“此消彼长”区别开来进行分析,局部的“此消”导致的面积减小和另一个局部的“彼长”导致的面积增长都是栅格化的误差,两者是不能相互抵消的。

笔者认为,还需进一步研究栅格化导致的空间格局变化方面内容,如何评价空间格局的误差,并且建立面积误差与格局误差之间的关系。

参考文献:

[1] MICHAEL N DEMERS. GIS Modeling in Raster[M]. New

York: John Wiley & Sons, Inc, 2002.

- [2] BATES P D, DE ROO A P J. A Simple Raster-based Model for Flood Inundation Simulation [J]. Journal of Hydrology, 2000, 236:54-77.
- [3] BURROUGH P A. Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment [M]. Oxford: Clarendon Press, 1986.
- [4] KNAAP VAN DER. The Vector to Raster Conversion: (Mis) Use in Geographical Information Systems. [J]. International Journal of Geographical Information Systems, 1992, 6(2): 159-170.
- [5] LIU Wen-bao, DENG Min, XIA Zong-guo. Analysis of Uncertainties of Attributes in Vector GIS[J]. Acta Geodaetica et Cartographica Sinica, 2000, 29(1): 76-81. (刘文宝, 邓敏, 夏宗国. 矢量GIS中属性数据的不确定性分析[J]. 测绘学报, 2000, 29(1): 76-81.)
- [6] SHORTRIDGE A M. Geometric Variability of Raster Cell Class Assignment [J]. International Journal of Geographical Information Science, 2004, 18(6): 539 - 558.
- [7] ANTONY GAL TON. Granularity-sensitive Spatial Attributes [J]. Spatial Cognition and Computation, 2003, 3(2-3): 97-118.
- [8] BURROUGH P A, R A MCDONNELL. Principles of Geographic Information Systems[M]. Oxford: Oxford University Press, 1998, 220-240.
- [9] FROLOV Y S, MALING D H. The Accuracy of Area Measurements by Point Counting Techniques[J]. The Cartographic Journal, 1969, 6: 21-35.
- [10] YANG Gao-ming, YANG Xian-bo, FU Jia-xiang. Error Estimate of the Conversion from Vector Data to Raster Data in GIS [J]. Journal of Guizhou University of Technology (Nature Science Edition), 2003, 32(4): 51-54. (杨高明, 杨显波, 傅家祥. GIS中矢量数据栅格化的误差估计[J]. 贵州工业大学学报(自然科学版): 2003, 32(4): 51-54.)
- [11] GOODCHILD M F. The Effects of Generalization in Geographical Data Encoding[A]. Map Data Processing[C]. New York: Academic Press, 1980. 191-206.
- [12] GOODCHILD M F. Fractals and the Accuracy of Geographical Measures[J]. Mathematical Geology, 1980, 12: 85-98.
- [13] SWITZER P. Estimation of the Accuracy of Qualitative Maps [A]. Display and Analysis of Spatial Data[C]. New York: Wiley, 1975. 380-392.
- [14] BREGT A K, DENNEBOOM J, GESINK H J, VAN RANDEN Y. Determination of Rasterizing Error: A Case Study with the Soil Map of the Netherlands[J]. International Journal of Geographical Information Systems. 1991, 5(3): 361-367.
- [15] LIU Ming-liang, TANG Xian-ming, LIU Ji-yuan, et al. Research on Scaling Effect Based on 1 km Grid Cell Data[J]. Journal of Remote Sensing, 2001, 5(3): 183-190. (刘明亮, 唐先明, 刘纪远等. 基于1 km 格网的空间数据尺度效应研究[J]. 遥感学报, 2001, 5(3): 183-190.)

- [16] YANG Cun-jian, ZHANG Zeng-xiang. Models of Accuracy Loss During Rasterizing Landuse Vector Data with Multi-scale Grid Size [J]. *Geographical Research*, 2001, 20(4): 416-422. (杨存建, 张增祥. 矢量数据在多尺度栅格化中的精度损失模型探讨[J]. *地理研究*, 2001, 20(4): 416-422.)
- [17] AI Ting-hua. Visualization of Uncertainty Geographic Phenomena Based on Monte Carlo Method [J]. *Geomatics and Information Science of Wuhan University*, 2004, 29(3): 239-244. (艾廷华. 基于 Monte Carlo 方法的不确定性地理现象可视化[J]. *武汉大学学报(信息科学版)*, 2004, 29(3): 239-244.)
- [18] BURROUGH P A. *Geographical Information System for Natural Resources Assessment* [M]. New York: Oxford University Press, 1983.
- [19] LUNETTA R S, GONGALTON R G, FENSTERMAKER L K, et al. Remote Sensing and Geographic Information Data Integration: Error Sources and Research Issues [J]. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 1991, 57(6): 677-687.
- [20] WU Xin-cai, et al. Principles and Methods of Geographic Information System [M]. Beijing: Science Press, 2002. (吴信才, 等. *地理信息系统原理与方法* [M]. 北京: 电子工业出版社, 2002.)
- [21] GAO Zhi-qiang. The Comprehensive Analysis of the Temporal and Spatial Changes and Causes of Land Use/Land Cover (LUCC) in China [R]. Beijing: Institute of Geography Science and Resources Research, CAS, 2000. (高志强. *中国土地利用/土地覆盖时空变化及成因综合分析* [R]. 中国科学院地理科学与资源研究所, 2000.)
- [22] TANG Xian-ming. The Fusion Research and Application of Geographical Spatial Data [D]. Beijing: Institute of Geography Science and Resources Research, CAS, 2000. (唐先明. *地理空间数据融合研究及其应用* [D]. 北京: 中国科学院地理科学与资源研究所, 2000.)
- [23] YE Bao-ying. The Modern Process and Driving Forces Analysis of Land Use/ Cover Change in Nenjiang Watershed [D]. Changchun: Institute of Changchun Geography Science Research, CAS, 2001. (叶宝莹. *嫩江流域土地利用/土地覆盖变化的现代过程及驱动力分析* [D]. 长春: 中国科学院长春地理研究所, 2001.)

(责任编辑: 张燕燕)

(上接第 343 页)

与确定性空间目标之间拓扑关系的一种对应。

本文根据不确定线状目标和面状目标的形态特征,在 9-交集模型的基础上,通过计算不确定性线-面拓扑关系对应的定量化关系向量与参考关系向量之间的相关度大小,对这种不确定性拓扑关系进行描述与判别。这种方法计算简单,实用性较强,结果比较符合人类认知习惯,易于人们接受。

参考文献:

- [1] EGENHOFER M J, HERRING J R. Categorizing Binary Topological Relations between Regions, Lines, and Points on Geographic Databases [R]. Orono: Department of Surveying Engineer, University of Maine at Orono, 1991.
- [2] GUO Qing-sheng. Combinatorial Representation of Spatial Relationships on 2D Vector Map [J]. *Acta Geodaetica et Cartographica Sinica*, 2000, 29(2): 164-169. (郭庆胜. 2 维矢量
- 地图空间目标关系的组合式表达 [J]. *测绘学报*, 2000, 29(2): 164-169.)
- [3] ALTMAN D. Fuzzy Set Theoretic Approaches for Handling Imprecision in Spatial Analysis [J]. *International Journal of Geographical Information Systems*, 1994, 8(3): 921-935.
- [4] COHN A G, GOTTIS N M. The "Egg-yolk" Representation of Regions with Indeterminate Boundaries [A]. *Geographic Objects with Indeterminate Boundaries (GISDATA 2)* [C]. London: Taylor & Francis, 1996. 172-187.
- [5] TANG Xin-ming, KAINZ W. Analysis of Topological Relations between Fuzzy Regions in a General Fuzzy Topological Space [A]. *Symposium on Geo-spatial Theory, Processing and Applications* [C]. Ottawa: [s. n.], 2002.
- [6] GUO Qing-sheng, DU Xiao-chu. Description of Topological Relations between Uncertain Linear Objects [J]. *Geomatics and Information Science of Wuhan University*, 2004, 29(9): 827-831. (郭庆胜, 杜晓初. 不确定线状目标之间拓扑关系的描述与判别 [J]. *武汉大学学报(信息科学版)*, 2004, 29(9): 827-831.)

(责任编辑: 雷秀丽)