

基于梯形模糊数 GIS 产品的可靠性分析

胡圣武¹, 王新洲², 李长春¹

(1. 河南理工大学 测量工程系, 河南 焦作 454100; 2. 武汉大学 测绘学院, 湖北 武汉, 430079)

[摘要] 分析现有 GIS 产品的可靠性方法没有考虑 GIS 产品的模糊性, 首次提出了一种基于梯形模糊数算术运算的可靠性分析方法, 论述了 GIS 产品模糊可靠性分析的意义, 简单介绍了梯形模糊数的基本概念和运算规则, 阐述了梯形模糊数用于 GIS 产品可靠性分析的步骤, 并用实例进行分析, 最后总结并指出了需要解决的问题。结果表明, 该方法可以较好地表达 GIS 产品的不确定性, 而且计算也十分简单。

[关键词] GIS 产品; 模糊性; 梯形模糊数; 模糊可靠性; 可靠性分析

[中图分类号] P208 [文献标识码] A [文章编号] 1672-6561(2005)03-0088-03

[作者简介] 胡圣武(1970-), 男, 湖南津市人, 讲师, 博士, 从事 GIS 数据质量和图像处理技术研究。

可靠性是产品在规定条件和时间内完成规定功能的能力。在应用中, 对可靠性只作定性的定义是远远不够的, 须将其进行量化。在量化中, 往往只认识到可靠性指标的随机性, 因而概率论和数理统计就成为可靠性分析的主要方法。尽管概率论和数理统计提供了完成可靠性分析的精确方法, 但这些方法往往只强调相关参数的随机性而忽略了 GIS 工程系统的复杂性和人们认识客观世界的模糊性。

GIS 产品质量是指空间数据的质量, GIS 空间数据主要来源于直接数字摄影测量系统、遥感与摄影测量系统、局域和广域差分 GPS 系统、数字化和扫描数字化系统等。由于 GIS 的空间数据来源都存在误差, 就引起 GIS 数字产品质量的不确定性。GIS 数字产品质量的可靠性分析应包括位置精度、属性精度、逻辑一致性、数据完整性、附件质量、影像质量和时间精度等指标。由于 GIS 的数据存在误差, 引起可靠性分析指标的不确定性, 而且其不确定性主要是由模糊性和随机性引起的^[1~9]。

鉴于以上论述, GIS 产品的可靠性分析用概率论和数理统计方法来分析含有模糊性的不确定性是不适宜的, 因而提出了基于梯形模糊数方法的 GIS 模糊可靠性分析。

1 GIS 模糊可靠性分析的意义

对 GIS 的模糊可靠性研究, 近几年还未引起重视, 可查的资料比较少。研究 GIS 模糊可靠性分析对于 GIS 的发展以及普及有深远地影响。

(1) 提高 GIS 的商品竞争力。GIS 作为一种商品不提供可靠性指标, 就很难在商品竞争日益激烈的社会生存。

(2) 促进 GIS 基本理论的完善。由于可靠性与不确定性是息息相关的, 可靠性的研究可以促进不确定性的研究和进一步完善, 而 GIS 的不确定性是 GIS 基础理论的一个重要方面, 也是衡量 GIS 质量的重要指标之一^[4]。

(3) 减少 GIS 发生故障次数, 并最大限度的控制 GIS 故障发生。这一方面能提高 GIS 的可信度, 又可以减少人力对 GIS 的维护, 从而减少开发 GIS 成本。

(4) 根据可靠性理论计算出 GIS 各个环节的可靠性指标, 可以找到问题的所在, 找出 GIS 的薄弱环节, 从而便于改进和进行质量控制。

(5) 现在商品要进入国际市场, 提供可靠性指标是一个必备条件, GIS 作为一种信息商品也不能例外, 因而研究 GIS 的可靠性是一个基本要求。

2 梯形模糊数的基本理论

表示界限不明的集合叫模糊集合, 也称为模糊子集, 用大写英文字母表示, 如 A, B, C 等, 而 A 是 U

[收稿日期] 2004 11 25

[基金项目] 测绘遥感信息工程国家重点实验室开发研究基金项目((02)0101)

上的一个模糊子集,是指给定论域 U 及 U 到闭区间 $[0, 1]$ 中的一个映射, $\mu_A(u)$ 称为 A 的隶属函数

$$\mu_A(u): U \rightarrow [0, 1], u \in U$$

上述定义说明,论域 U 的一个模糊子集 A 完全由其隶属函数所刻画,隶属函数把 U 中每个 u 和区间 $[0, 1]$ 中的一个数 $\mu_A(u)$ 结合起来。 $\mu_A(u)$ 称作隶属度,它表示 u 在 A 中的资格,即元素对模糊集合的隶属程度。当 $\mu_A(u)$ 值越接近于 1 时,则 u 属于 A 的资格就越高,当 $\mu_A(u) = 0$ 或 1 时,模糊集合就退化为经典常规集合。

定义 若 R 上的模糊集 $A \in F(R)$ 隶属函数, $\mu_A(x)$ 在 R 上连续且具有下列性质^[7]:

(1) A 是凸模糊集,即对任意 $\lambda \in [0, 1]$, A 的 λ 截集 A_λ 闭区间。

(2) $\mu_A(x)$ 是正规的,即存在 $x_0 \in R$, 使 $\mu_A(x) = 1$ 。则 A 被称为一个模糊数。

模糊数表达形式很多,本文只利用梯形模糊数,首先,梯形模糊数比较简单;其次,梯形模糊数的理论比较成熟,特别是隶属函数的确定^[8,9]。

梯形模糊数 \bar{q} 的隶属函数为

$$\mu_{\bar{q}}(x) = \begin{cases} (x-a)/(b-a), & a \leq x < b \\ 1 & b \leq x < c \\ (d-x)/(d-c) & c \leq x \leq d \\ 0 & \text{其他} \end{cases}$$

式中: $x, a, b, c, d \in R, a \leq b \leq c \leq d$, 梯形模糊数可记为 $\bar{q} = (a, b, c, d)$ 。区间 $[b, c]$ 给出了 $\mu_{\bar{q}}(x)$ 的最大隶属度, a, d 为评价数据使用区域的上下边界。

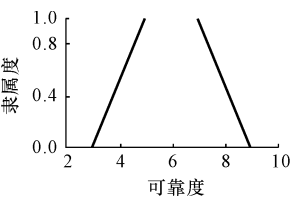


图1 梯形模糊数的隶属函数

Fig.1 Membership function of trapezoid fuzzy number

是梯形模糊数的一个特例。

假设梯形模糊数 A 和 B 分别由 (a_1, b_1, c_1, d_1) 和 (a_2, b_2, c_2, d_2) 表示,可得梯形模糊数 A 和 B 的算术运算法则^[10]:

(1) 加法 \oplus 。

$$A \oplus B = (a_1, b_1, c_1, d_1) \oplus (a_2, b_2, c_2, d_2) = (a_1 + a_2, b_1 + b_2, c_1 + c_2, d_1 + d_2)$$

(2) 减法 \ominus 。

$$\ominus A = \ominus(a_1, b_1, c_1, d_1) = (-d_1, -c_1, -b_1, -a_1)$$

$$A \ominus B = (a_1, b_1, c_1, d_1) \ominus (a_2, b_2, c_2, d_2) = (a_1 - d_2, b_1 - c_2, c_1 - b_2, d_1 - a_2)$$

$$1 \ominus A = 1 - (a_1, b_1, c_1, d_1) = (1 - d_1, 1 - c_1, 1 - b_1, 1 - a_1)$$

(3) 乘法 \otimes 。

$$A \otimes B = (a_1, b_1, c_1, d_1) \otimes (a_2, b_2, c_2, d_2) = (a_1 a_2, b_1 b_2, c_1 c_2, d_1 d_2)$$

$$A^2 = A \otimes A = (a_1^2, b_1^2, c_1^2, d_1^2)$$

$$C \otimes A = C \otimes (a_1, b_1, c_1, d_1) = (Ca_1, Cb_1, Cc_1, Cd_1)$$

3 GIS 产品可靠性分析步骤

(1) 把 GIS 产品作为一个系统,把要进行可靠性分析的因素当作系统单元。

(2) 从专家或实际现场得出各单元的可靠度。

(3) 把单元可靠度按梯形模糊数进行模糊化。

(4) 进行模糊可靠性分析建模。

(5) 按模型公式计算 GIS 产品的模糊可靠度。

4 实例分析

2001 年,上海市基础地理信息中心对其房地产信息中心产品图进行质量评价,根据上海市基础地理信息系统数据规范,决定从位置精度、属性精度、逻辑一致性、数据完整性和时间精度 5 方面进行评价。经专家采用缺陷扣分法,对各项指标进行打分:位置准确率为 95;属性准确率为 92;逻辑一致性准确率为 94;数据完整率为 93;时间及时更新率为 91。基于梯形模糊数的可靠性分析,把专家得到的可靠度用梯形模糊数进行模糊化处理其结果为:位置精度 $R_1: R_1 = (0.90, 0.93, 0.96, 0.99)$,其隶属函数见图 2。属性精度 $R_2: R_2 = (0.87, 0.90, 0.93, 0.96)$,其隶属函数见图 3。逻辑一致性 $R_3: R_3 = (0.89, 0.92, 0.95, 0.98)$,其隶属函数见图 4。数据完整性 $R_4: R_4 = (0.88, 0.91, 0.94, 0.97)$,其隶属函数见图 5。时间精

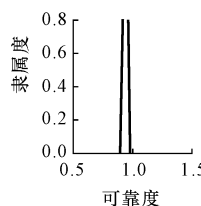


图2 隶属函数

Fig.2 Membership function

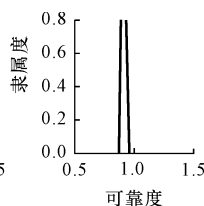


图3 隶属函数

Fig.3 Membership function

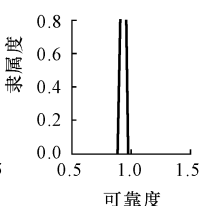


图4 隶属函数

Fig.4 Membership function

度 R_5 ; $R_5 = (0.86, 0.89, 0.92, 0.95)$, 其隶属函数见图 6。

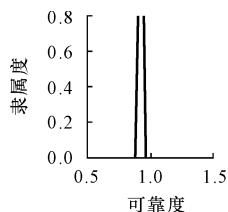


图 5 隶属函数

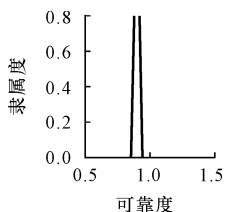


图 6 隶属函数

Fig. 5 Membership function

Fig. 6 Membership function

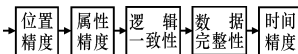


图 7 GIS 产品模型图

Fig. 7 GIS product model

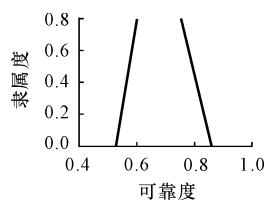


图 8 隶属函数图

Fig. 8 Membership function

可靠度为 $(0.53, 0.62, 0.73, 0.86)$, 隶属函数见图 8。

5 结语

梯形模糊数算术对 GIS 数字产品质量进行可靠性分析可充分考虑 GIS 的模糊不确定性, 其评价结果比较合理反映客观实际情况, 计算简单。由于是第一次用此方法来对 GIS 数字产品质量进行可靠性分析, 还有许多问题有待研究解决^[11~13]。

(1) GIS 产品因素之间的相关性如何考虑。

(2) 由于 GIS 产品的质量因素比较多, 有待进一步考虑其他因素。

(3) 单纯的串联模型不可能完全适用于 GIS 产品的可靠性分析。

[参 考 文 献]

- [1] 史文中, 王树良. GIS 数据之属性不确定性的研究[J]. 中国图像图形学报, 2001, 6(9): 918~924.
- [2] 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.
- [3] 刘大杰, 刘春. GIS 数字产品质量抽样检验方案讨论[J]. 武汉测绘科技大学学报, 2000, 25(4): 348~352.
- [4] 刘大杰, 史文中, 童小华, 等. GIS 空间数据的精度分析与质量控制[M]. 上海: 上海科学技术文献出版社, 1999.
- [5] 韩玲. 格网 DEM 中基于坡度信息的粗差检测与剔除方法的试验[J]. 长安大学学报(地球科学版), 2003, 25(2): 62~64.
- [6] 张菊清. GIS 中点线关系判断之阈值的估值[J]. 西安工程学院学报, 2002, 24(1): 62~64.
- [7] 何新贵. 模糊知识处理的理论与技术[M]. 北京: 国防工业出版社, 1994.
- [8] 肖位枢. 模糊数学基础及应用[M]. 北京: 航空工业出版社, 1992.
- [9] 张曾科. 模糊数学在自动化技术中的应用[M]. 北京: 清华大学出版社, 1997.
- [10] 石柱. 基于模糊技术的软件质量评价及可靠性评估[D]. 北京: 北京航空航天大学, 2000.
- [11] 罗广祥, 徐斌. 基于 Voronoi 图的点状要素注记的自动配置[J]. 长安大学学报(地球科学版), 2003, 25(2): 63~65.
- [12] 邹逸江, 吴金华. 空间数据仓库的结构与设计[J]. 长安大学学报(地球科学版), 2003, 25(1): 66~70.
- [13] 张菊清, 张勤, 李斌. 沉降监测数据管理与分析系统的研制[J]. 西安工程学院学报, 2001, 23(1): 75~78.

Reliability of GIS product based on trapezoid fuzzy number

HU Sheng wu¹, WANG Xin zhou², LI Chang chun¹

(1. Department Surveying Engineering, Henan Polytechnic University, Jiaozuo 454100 China;

2. School of Geodesy and Geomatics, Wuhan University, Wuhan 430079, China)

Abstract: A bug is found out that existing methods for GIS product reliability analysis do not take into consideration of fuzzy uncertainty of GIS products in the paper. In allusion to the problem, a new method is put forward for GIS product reliability analysis based on trapezoid fuzzy number mathematic operation. Firstly, the significance of GIS product fuzzy reliability analysis is discussed. Then a brief introduction of the basic conception and algorithm about fuzzy trapezoid number is given. By a case study of fuzzy reliability analysis of GIS products, the approach and steps of this new method are expatiated. Furthermore, the problem to be solved is summarized. The results show that the method can be good at representing the uncertainty about GIS products, and is very simple in computation.

Key words: GIS product; fuzzy; trapezoid fuzzy number; fuzzy reliability; reliability analysis

[英文审定: 马智民]