

文章编号:1673-6338(2015)01-0096-05

产生式规则条件下的六角格地形量化方法

缪坤¹, 郭健¹, 苏旭明²

(1.信息工程大学,河南 郑州 450001; 2.中华测绘服务公司,北京 100088)

摘要:产生式规则由于其接近人类思维且简洁高效的优点被引入到六角格地形量化研究中,用于指导六角格地形量化规则的制定。按照产生式规则的逻辑思维过程,研究了六角格地形量化的相关概念、量化规则的表达形式以及获取规则的依据,制定了六角格地形量化的判断规则,主要包括格元地形判断规则和格边障碍判断规则。所制定的六角格地形量化规则主要用于指导六角格地形量化数据的规范化、自动化生产。

关键词:产生式规则;六角格;地形量化;量化规则;地形量化数据

中图分类号:P208 文献标识码:A DOI 编码:10.3969/j.issn.1673-6338.2015.01.020

The Study on Hexagon-Terrain Quantization under the Condition of Production Rule

MIAO Kun¹, GUO Jian¹, SU Xuming²

(1.Information Engineering University, Zhengzhou 450001, China;

2.Surveying and Mapping Service Company of China, Beijing 100088, China)

Abstract: Due to its closing to human thinking and its efficient, production rule was introduced to the quantitative study of Hexagon-Terrain to guide making Hexagon-Terrain quantization rules. According to the logical thinking process of production rules, the expression of related concepts and quantization rules of Hexagon-Terrain were analyzed, including the source to obtain quantitative rules, Hexagon-Terrain quantitative rules were made which included judgment rules of grid elements terrain and barriers of grid sides. Hexagon-Terrain quantization rules are mainly used to guide normative and automated producing the Hexagon-Terrain quantization data.

Key words: production rule; hexagon; terrain quantization; quantization rule; terrain quantization data

在知识领域中,规则可以被描述为是以一种可持续可预测的方式运用信息的系统性决策程序。目前规则的表示方法主要有经典逻辑表示法、产生式表示法、层次结构表示法、网络结构表示法和其他表示方法^[1]。其中产生式表示法是应用最广泛的一种知识表示方法,它的优点是接近人类思维,简洁且灵活,便于修改^[2]。

作战模拟系统是重要的武器装备系统之一,地形量化模型是作战模拟系统的基础,任何作战行动都是在一定地形环境支撑下进行的。随着兵棋理论在现代作战模拟中的应用,以正六边形表示的网格结构成为新的地形量化模型。六角格地形量化模型研究的主要内容是矢量地形数据与六角网格融合量化问题。在融合量化过程中涉及到量化规则的制定,而这种规则恰恰是产生式规则表示法所擅长表达的。因此,将产生式规则的

原理引入到六角格地形量化研究中,有利于建立更加合理、高效、科学的六角格地形量化规则。

1 产生式规则的特点及其表达形式

1.1 产生式规则的概念及特点

产生式概念最早由逻辑学家 Post 于 1943 年提出,也叫产生式规则。这里的“规则”是指人们思维判断中的一种固定逻辑结构关系。它的基本形式为^[3-4]:<前件>→<后件>。其中前件就是前提,后件是结论或动作。前件和后件可以用逻辑运算符 AND,OR,NOT 组成表达式。产生式规则的语义可以表达为:如果前提满足,则可以得出后续的结论或执行相应的动作,即后件由前件来触发。所以前件是规则的执行条件,后件是规则体。

产生式规则主要有以下 3 方面的优点^[5]。
1) 自然性好。其表现形式与人类的判断性知识

基本一致,比较直观自然,便于推理。2) 表示的格式固定,形式比较单一。各个规则之间也相互独立,便于建立规则库。3) 便于修改。产生式规则能使设计者在增加新的规则去适应新的情况时比较灵活,且不会破坏规则的其他部分。

但产生式规则也有以下 3 个方面的缺点。1) 由于规则之间联系不太紧密,容易产生冲突和不一致。2) 过程性知识难以自然地表达,因此求解问题时的控制流程难以理解。3) 规则间不能直接调用,较难表示具有结构或层次关系的知识。

1.2 产生式规则的表达形式

产生式规则表示方法是一种比较成熟的表示方法。它建立在因果关系的基础上,表示为 If 条件 Then 结论的形式,一般形式为^[6]

$$R_k : (AND_{i=1}^m P_{ki}) \rightarrow (AND_{j=1}^n Q_{kj}).$$

其中, P_k 表示规则编号; k 为规则的个数; P_{ki} 为规则前件; m 为前件的个数; Q_{kj} 为后件结论; n 为后件的个数。规则中左部是一组前提(条件或状态),用于列出该产生式是否可用的条件;右部是一组结论或操作,用于指出当左部中的所有条件得到满足时可以得到右部的结论或应该执行的操作。

产生式规则的这种表达形式应用到文中研究的六角格地形量化规则中,则更加容易清晰地描述事实和规则之间的关系。比如规则“本格元为高等级路,邻格元为低等级路,且该高等级路通过公共格边,则该格边为初级障碍”,用产生式规则表示则为:

If(本格元为高等级路) AND(邻格元为低等级路) AND(高等级路通过公共格边)
Then(该公共格边为初级障碍)

抽象出来即为 If($E_1 \wedge E_2 \wedge \cdots \wedge E_n$) Then(A)。其中, E_1, E_2, \cdots, E_n 表示前件条件, A 表示后件结论。其意义就是当逻辑表达式($E_1 \wedge E_2 \wedge \cdots \wedge E_n$) 成立时,就能推导出(A) 作为结论成立^[7]。这就是基于产生式规则所要研究的六角格地形量化规则的基本表现形式。

2 六角格地形化概念和规则的依据

2.1 六角格地形量化概念

六角格地形量化是指以数字化地图为底图,叠加六角网格数据,依据六角格地形量化规则建立起一种基于六角网格的地形量化模型,用于生产六角格地形量化数据。该量化模型是在基础地形数据基础上,通过二次建模的方式建立一个新

的抽象层,以半量化形式描述地形环境信息,以支撑在该模型上的各类模拟推演和仿真分析。

目前,对于六角格地形量化的研究并不是很多,且主要集中在假定六角格地形量化已经完成的基础上进行的各类模拟和推演,并没有制定统一的、规范的、能自动化生产六角格地形量化数据的六角格地形量化规则。这样就导致各个领域的研究成果相互间难以通用和彼此兼容。基于此原因,此处研究基于产生式规则的六角格地形量化内容,主要用于指导六角格地形量化数据的规范化、自动化生产。

2.2 六角格地形量化规则的获取

六角格地形量化规则获取的主要任务是获取相应的量化规则,并说明制定该量化规则的理论依据和获取的源头,以保证能建立完善、可信、有效的量化规则。由于六角格地形量化过程实质上是矢量数据转化成栅格数据的过程,只是该栅格数据不是以往的以矩形为表达形式的像素点,而是以六角格网为表现形式的栅格数据,但其转化的过程基本一致,因此对于矢栅数据转换的规则和依据在六角格地形量化过程中同样适用。基于此可以分析得出,六角格地形量化规则的依据主要有以下 5 个方面。

1) 已出版或发表的纸质资料。这包括两个方面:一是书籍教材。在有关 GIS 数据分析和转化的相关教材中涉及到很多矢栅数据转化的方法,如“面积占优法”、“重要性法”等方法都可以应用到六角格地形量化过程中,转化成某一种量化规则^[8]。二是各种论文资料。由于很多的论文资料等都是相关领域的专家学者长期研究的结晶和成果,经过了一定的检验,具有一定的可信度,包括外军联合战区模拟系统 JTLS(The Joint Theater Level Simulation) 中有关兵棋六角格地形量化的规则。经过整理、归纳和转化,也都可以成为本文规则制定的重要来源。

2) 各类地图数据生产的作业细则和作业规范。在地图数据生产过程中,为了给制图人员提供详细、可靠的数据生产依据,并能使生成的地图数据可以统一管理、共享、更新和使用,往往需要制定出各类规范的、标准的地图数据生产作业细则和作业规范。这些作业细则和作业规范通过抽取、整合和转换,同样能得到六角格地形量化的规则,并且还能成为衡量量化后数据质量的重要指标。比如,在不同比例尺地图上显示不同等级河流的规定就可以转化成为六角格量化规则中关于

河流等级确定的依据。

3) 制图专家的经验。在某些情况下,各类作业细则或作业规范并不能完全规定出所有制图显示或数据生产的依据,也很难将生产过程中所遇到的所有情况全部列举出来,某些复杂的、特殊的情况会缺乏一个明确的、量化的标准,这时在长期生产作业过程中所形成的制图专家的经验就发挥了很大作用,对六角格地形量化规则的制定同样具有重要的借鉴意义。

4) 客观世界的逻辑推理。无论什么样的量化规则或生产标准,若想使该规则保持生命力、具有实际意义,就必须符合现实世界的客观存在和实际的逻辑推理过程,这是制定规则的最基本的原则。比如道路在没有桥梁的情况下不可能延伸入水域面积,岛屿必然被海洋或其他水域所包围等。若违背了符合客观世界和逻辑推理这一基本原则,任何的规则都不可能成立。

5) 各类兵棋游戏。由于各类兵棋游戏的制作大都来源于兵棋推演,因此,其游戏地图也多以六角网格地图为基础地图。虽然很多地图的数据是模拟产生的,但其实际的地形效果和游戏推演规则对于制定六角格的地形量化规则同样具有重要启迪作用。比如兵棋游戏中棋子沿格元与格元间中心点连线行进对于制定六角格地形量化中道路的量化和集成就具有重要的启发和借鉴意义。同时,兵棋游戏由于其本身就承载了很多兵棋推演的量化规则。因此研究和分析各类兵棋游戏的地图同样是地形量化规则制定的重要依据之一。

事实上,通过上述几个方面获取到的只是相关的知识,这些知识是零乱的、琐碎的。通过系统地整理和总结后,采用适当的表达形式将其抽象转化为计算机可识别的形式化语言,形成规则,才能进行应用。在这个过程中适当的表达形式就是产生式规则表达方法。

3 基于产生式规则的六角格地形量化规则的制定

六角网格由于其独特的、优于其他正多边形的几何特性和更贴近真实情况、等距量度方向最多(其有 6 个方向,而四边形只有 4 个)的特性常常成为模拟推演时地形量化的首选多边形。在地形量化过程中一般将六角格分为两大部分:格元和格边。格元是指六角格格边所包含的内部,用于存储或表示地形量化后具体的地形特征(如海洋、岛屿、陆地等),同时还存储有地形的高程、平

均坡度等其他表示地形特征的内容;格边是指六角网格的六条边,用于存储或表示在模拟过程中表示障碍的特征(如河流、壕沟等)。其具体的量化逻辑实现过程是先根据规则判断出格元的基本地形类型和格边的基本障碍类型;而后将道路进行分级,再叠加到格元和格边上;根据道路的等级对格元的地形类型和格边的障碍类型进行进一步细分,形成最终的六角格量化地形。

需要说明的是,在不同的比例尺数字地图基础上,制定的量化规则中的各种阈值和等级分类也各不相同,因此,此处所制定的规则主要是针对 1:100 万地图的,其中所涉及到的相关阈值和等级分类只示意表示,在具体实现过程中可根据需要和相应依据具体设定。同理,若想得到其他比例尺的地形量化情况,只需将其中涉及到的相关阈值和等级分类依据相应资料修改即可。

因此,在 1:100 万比例尺范围上,规定铁路、国道及相应等级的道路为一级道路,属于高等级道路;省道为二级道路,属于低等级道路;省道以下统一为三级道路,属于无路通行。

根据上述产生式规则的表示形式,六角格地形量化规则主要是表示事物间的因果关系,因此采用的也是产生式规则最基本的表现形式,即“ $If(前件) \rightarrow Then(后件)$ ”,具体表示为 $If(E_1 \wedge E_2 \wedge \cdots \wedge E_n) Then(A)$, 其中, E_1, E_2, \cdots, E_n 表示前件条件, A 表示后件结论。

3.1 格元地形类型判断规则

根据外军 JTLS 系统中地形分类情况和我军军用基础地理信息要素分类标准,将格元地形类型分为开阔地、丘陵、山地;居民区、植被、沙漠与戈壁、岛屿、海洋、其他水域(湖泊、水库、池塘)、沼泽等十大类。其中前 3 类根据高程方差和平均坡度判断,后 7 类按面积占优法判断,而后进行重要性检测。具体判断规则如下所述。

1) 按面积比占优法判断。若格元内只有居民区等后 7 类地形要素的某一种,计算该要素与格元相交面积 S_i 。设格元面积为 S , 则面积比为 $Q_i = S_i/S$, 如图 1(a) 所示;若面积比 $Q_i \geq M$, 则格元地形类型即为该种地形类型;若面积比 $Q_i < M$, 则按高程方差和平均坡度方法判断(其中 M 表示百分比阈值)。

用产生式规则表示为:

$If(格元内只有居民区等后 7 类地形要素的某一种)$

$Then(计算该要素所占格元面积比 Q_i);$

If(面积比 Q_i 不小于阈值 M)
Then(格元地形类型即为该地形);
If(面积比 Q_i 小于阈值 M)
Then(按高程方差和平均坡度法继续判断)
后面所有的规则基本上都可以用上述表示法解析表示。由于篇幅所限,下文不再一一解析。

若格元内有居民地等后 7 类地形要素两种或两种以上时,设格元内该地形要素与格元相交部分面积为 $\{S_1, S_2, \dots, S_n\}$, 面积比 $Q_k = S_k / S$ (如图 1(b) 所示); 依据面积比作进一步判断: 若 $SUM(Q_1, Q_2, \dots, Q_n) = 1$, 则取 $MAX(Q_1, Q_2, \dots, Q_n)$ 作为该格元的地形类型; 若 $SUM(Q_1, Q_2, \dots, Q_n) < 1$, 则取 $MAX[Q_1, \dots, Q_n, (1 - SUM(Q_1, Q_2, \dots, Q_n))]$ 作为该格元的地形类型, 其中若 $[1 - SUM(Q_1, Q_2, \dots, Q_n)]$ 最大, 则格元地形判断继续按高程方差和平均坡度判断。

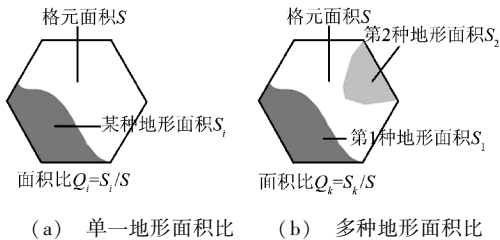
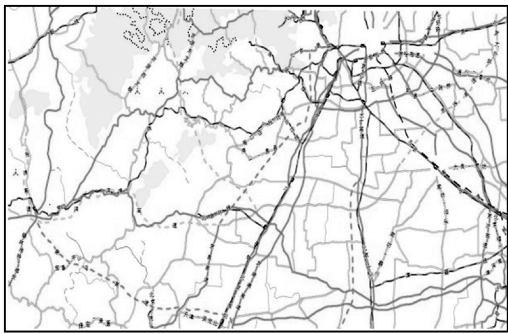


图 1 地形类型面积比示意图

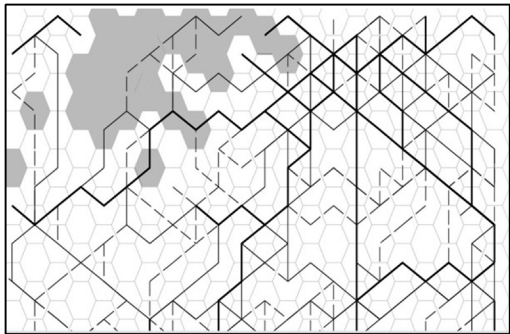
2) 按高程方差和平均坡度判断。依据我国基本地形判断阈值制定该规则相应判断阈值, 则有高程方差 $H \leq 100$ 且平均坡度 $\alpha \leq 3^\circ$, 判定该格元内地形类型为开阔地; 若高程方差 $100 < H \leq 400$ 或平均坡度 $3^\circ < \alpha \leq 30^\circ$, 则判定该格元内地形类型为丘陵; 若高程方差 $H > 400$ 或平均坡度 $\alpha > 30^\circ$, 则判定该格元内地形类型为山地。

3) 按道路等级进一步细分格元地形类型。确定格元基本类型后, 再根据格元内道路等级对格元地形类型作进一步细分: 若高等级路通过该格元, 则为带有高等级路的某种地形格元; 若低等级路通过该格元, 则为带有低等级路的某种地形格元; 若无路通过该格元, 则地形类型不变; 若高等级路和低等级路同时通过同一格元, 则只有当低等级路长度与高等级路长度相比达到一定限值时, 才能将该格元判定为带有低等级路的某种地形格元, 否则为带有高等级路的某种地形格元。

根据上述规则, 通过编程实现如图 2 所示效果图。图 2(a) 表示原始矢量图, 图 2(b) 表示六角格量化后地图。其中灰色格元表示量化后植被格元, 粗黑实线表示铁路, 细黑实线表示高速公路, 细黑虚线表示省道。



(a) 原始地图



(b) 经过量化后六角格地图

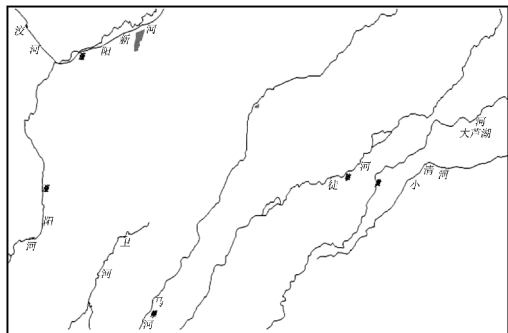
图 2 格元地形量化效果图

3.2 格边障碍类型判断规则

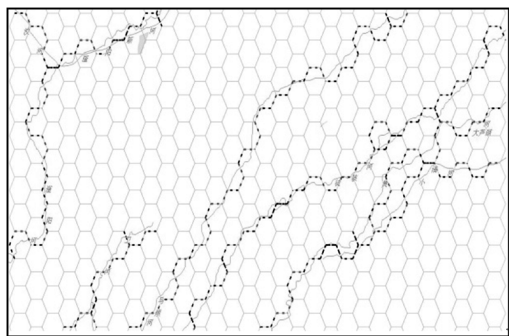
参考外军 JTLS 系统格边障碍分类情况, 根据我军实际地形情况, 将格边障碍类型分为单线河 (如运河等)、双线河 (如面状河等)、干涸河道 (包括沟壑、干谷)、海岸线、可通行、限制级障碍、困难级障碍、不可通行、默认连通等九大类。

格边障碍的判断分为两种情况。

1) 通过垂线法判断河流、壕沟、干沟等线状障碍的情况, 即对线状障碍进行综合集成。定义格元中垂线, 即格元中心点与格边中点的连线, 通过中垂线与格元内线状障碍交点情况判断格边障碍类型情况: 若格元中垂线与河流、壕沟、干沟等线状障碍相交, 中垂线上有交点所对应的格边即为障碍集成简化的格边。具体效果如图 3 所示, 其中图 3(a) 表示河流原始矢量图; 图 3(b) 表示六角格量化后地图, 短虚线条表示量化后河流。



(a) 河流原始地图



(b) 量化后六角格地图

图3 河流障碍量化后效果图

确定格边基本障碍类型后,再根据格边通过道路等级情况对格边障碍类型作进一步细分。

若高等级路通过该格边,则为带有高通行能力的某种格边障碍;若低等级路通过该格边,则为带有低通行能力的某种格边障碍;若无路通过该格边,则为不可通行的某种格边障碍。如图4所示,其中短虚线条表示河流,粗黑实线表示铁路,细黑实线表示高速公路,长虚线表示省道。

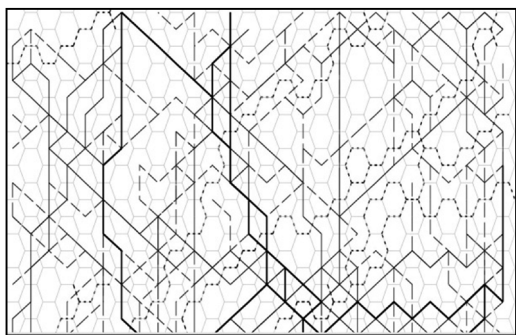


图4 叠加道路后河流量化效果图

2) 通过相邻两格元地形类型判断公共格边障碍情况。

① 相邻两格元属于同种地形类型,且没有道路通过该格边,则该格边障碍类型为默认连通。

② 相邻两格元属于不同种类地形,且没有道路通过该格边,则该格边障碍类型为不可通行。

③ 相邻两格元属于同种地形类型,但有道路通过该格边,则该格边障碍类型需根据道路通行情况作进一步判断:若高等级路通过该格边,则为可通行;若低等级路通过该格边,则为限制级障碍。

④ 相邻两格元属于不同种类地形,但有道路通过该格边,则该格边障碍类型需根据道路通行情况作进一步判断:若高等级路通过该格边,则为限制级障碍;若低等级路通过该格边,则为困难级

障碍。

通过上述4条判断规则可得到如图5所示的示意效果图,其中粗黑线表示不可通行,细黑线表示海岸线。

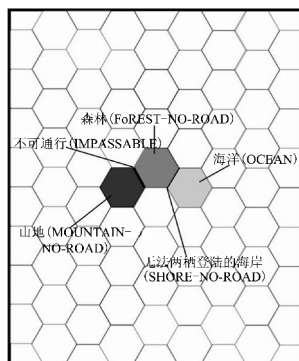


图5 公共格边判断示意图

4 结束语

规则制定一般包含以下几方面研究内容,即制定规则的作用、规则制定的依据、规则的表达形式、规则的具体内容等。此处对六角格地形量化情况采用产生式规则的逻辑思维过程,制定了具体的量化规则和检测规则,对建立六角网格地形量化模型和实现量化数据的规范化、自动化生产提供理论依据。但实际情况中的地形情况千差万别、复杂丰富,如果仅仅通过一些规则就想用六角格形式完全而准确的描述客观世界是比较困难的,因此,需要对规则做进一步的研究和细化,以达到更全面、真实、科学的模拟现实世界的目的。

参考文献:

- [1] 李蔚,袁镇福,盛德仁,等.火电厂凝汽器性能诊断专家系统知识库的建立[J].热力发电,2005,34(9):25-28.
- [2] 高秀文,龚健雅.基于知识的GIS专题数据综合的研究[J].武汉大学学报:信息科学版,2005,30(5):400-404.
- [3] 王记伟.基于规则推理的应急事件自动处理技术研究[D].沈阳:东北大学,2009:7-10.
- [4] 吴杰,王文杰.基于产生式规则的计费引擎研究[J].计算机应用,2004,24(11):149-151.
- [5] 徐舒.产生式表示的改进[D].上海:复旦大学,2005:6-8.
- [6] 王晗.基于本体的规则推理及审计信息导引研究[D].哈尔滨:哈尔滨工程大学,2011:15-16.
- [7] 王维峰,高宇飞,巩文化,等.军事仿真想定中的数据冲突消解方法[J].计算机工程,2012,38(8):34-36.
- [8] 周成军,张锦明,范嘉宾,等.训练模拟系统中地形量化模型的探讨[J].测绘科学技术学报,2010,27(2):149-152.