DOI:10.13203/j.whugis1991.03.008

第16卷 第3期 武汉测绘科技大学学报 Vol.16 No.3
1991年 9月 Journal of Wuhan Technical University of Surveying and Mapping Sep. 1991

栅格图形数据叠置分析方法及其在城镇规划中应用

丁 建 伟

摘 要

本文介绍用栅格数据进行图形叠置分析的方法，提出矢量数据转换为栅格数据的链拓扑法、减少栅格数据存储量的编码方法、根据模糊综合评判原理建立多因素综合评价数学模型以及叠置评价结果的类型格网合并的边界跟踪算法，最后给出一个实例说明栅格图形数据叠置分析方法在城镇规划中的应用。

【关键词】 栅格数据；矢量数据；图形叠置分析；模糊综合评判

1 多元信息的图形叠置分析

多元信息的图形叠置分析是多元信息综合分析，地理空间信息分析和多专题集成信息制图的有效方法之一，也是GIS实现地理数据处理综合化的重要手段。

1.1 多元信息的图形叠置分析概念

多元信息的图形叠置分析是将两幅或多幅同一区域，同一比例尺，同象元分辨率、同一数学基础的不同空间信息的图形叠加在一起，以每一输入特征的属性通过一定的数学方法组合在一起，来描述每个新的输入特征，这种拓扑叠加不仅建立新的空间特征，而且建立起新的属性关系（图1），用下述关系式表达：

$$U=F(A,\ B,\ C,\ \cdots)$$

式中A，B，C，…表示各层上确定的属性值，F函数取决于各层上属性与用户需要间关系。

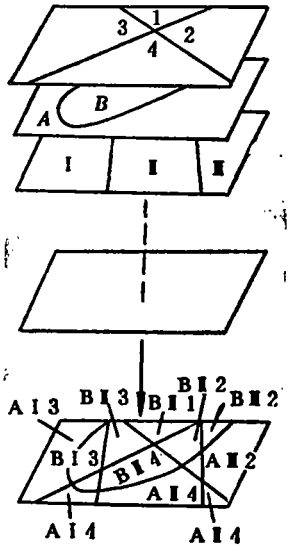

图1 多元信息图形叠置分析示意图

收稿日期：1990—12—04

*本文是硕士论文的一部分．指导教师为徐庆荣教授、黄伟副教授。

1.2 两种数据的图形叠置分析之比较

图形叠置分析包括格网、矢量两种数据格式。在叠置中主要难点是拓扑匹配和数据质量问题。矢量数据进行图形叠置分析精度较高，但在图形叠置后往往会产生大量无意义的小多边形，处理这些小多边形和叠置后多边形边界相交点搜索是较为复杂和费时的，而栅格数据叠置分析避免了这些棘手问题，能快速而精确处理，大多数专家都倾向于用栅格数据进行图形叠置分析，特别是遥感技术采集的栅格格式的各种数据更刺激了采用栅格数据进行图形叠置分析。栅格数据结构已在卫星图象处理系统GIS的分析应用中占有十分重要的地位，并且栅格图形数据叠置分析已在综合评价中得到了较广泛的应用[1-4]。

2 栅格图形数据叠置分析方法实现

2.1 矢量数据到栅格数据的转换

由于表示区域界线、行政区划界、交通线、专题类型界线等数据通常是通过数字化获取的矢量数据，在进行栅格图形数据叠置分析时，首先要实现这些矢量数据到栅格数据的转换，本文采用多边形链拓扑法实现矢量数据到栅格数据的转换。

设多边形数据结构及编码方法如图2，节点$P_i=\{X_i, Y_i\}$，$i=1, 2, \cdots, n$，组成链$CC=\{LR, RR, SP, NP\}$，由链有序连接成多边形$PL=\{LR/RR, CCi\}$，并设$\Delta n=LR-RR$，任一链两端点坐标(X_{i1}, Y_{i1})，(X_{i2}, Y_{i2})，其对应栅格数据坐标$(J_{X_{i1}}, I_{Y_{i1}})$，$(J_{X_{i2}}, I_{Y_{i2}})$。

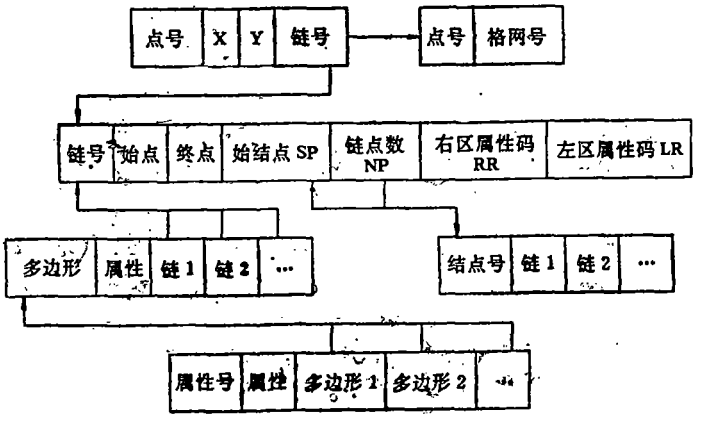

图2 多边形数据结构及编码

（1）对于第i条链，计算Δn，链端点坐标转为栅格坐标：

$$\begin{cases} J_{X_{i1}} = 1 + \mathrm{INT}(x_{i1}/D_X) \\ I_{Y_{i1}} = 1 + \mathrm{INT}[(y_{max} - y_{i1})/D_y] \end{cases} \qquad \begin{cases} J_{x_{i2}} = 1 + \mathrm{INT}(x_{i2}/D_X \\ I_{y_{i2}} = 1 + \mathrm{INT}[y_{max} - y_{i2})/D_y] \end{cases}$$

其中D_X，D_y为栅格大小值，y_{max}为y_i中最大值。

（2）若$y_{i2}>y_{i1}$，则$\Delta n=-\Delta n$ $\begin{cases} J_{x_1}=J_{x_{i1}} \\ I_{y_1}=I_{y_{i1}} \end{cases}$ $\begin{cases} J_{x_2}=J_{x_{i2}}+1 \\ I_{y_2}=I_{y_{i2}}+1 \end{cases}$

若$y_{i2}<y_{i1}$，则$\Delta n=\Delta n$ $\begin{cases} J_{x_1}=J_{x_{i1}}+1 \\ I_{y_1}=I_{y_{i1}}+1 \end{cases}$ $\begin{cases} J_{x_2}=J_{x_{i2}} \\ I_{y_2}=I_{y_{i2}} \end{cases}$

（3）计算$A=(y_{i2}-y_{i1})/(x_{i2}-x_{i1})$

若 $0<\mathrm{arctg}A<\pi/4$，则 $J=J_{x_1}$，J_{x_2}循环，

$$S_y=A\cdot[(J-1)D_x+D_x/2-x_{i1}]+y_{i1}$$

$$II=1+[y_{max}-S_y)/D_y]$$

$$M(II,\ J)=\Delta n$$

若 $\pi/4<\mathrm{arctg}A<\pi/2$，则$I=I_{y_1}$，$I_{y_2}$循环

$$S_x=[y_{max}-(I-1)D_y-D_y/2-y_{i1}+A\cdot x_{i1}]/A$$

$$JJ=1+[S_x/D_x]$$

$$M(I,\ JJ)=\Delta n$$

（4）对所在链左边的一行（列）扫描线的所有栅格填充Δn（图3），经所有多边形链的上述处理，对每个栅格的Δn进行加法运算，最后得到每个栅格属性值$M(i,\ j)$。

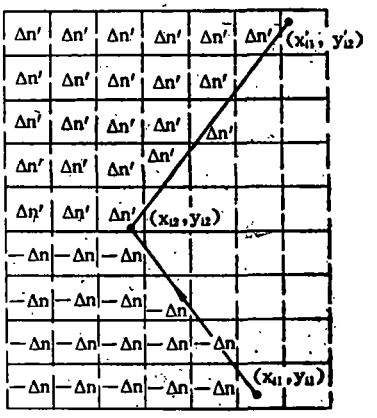

图3　填充示意图

此算法简单，只使用加法运算，处理速度快，另外，在实施中不考虑链在数据文件中的先后顺序，一次搜索实现全图转换。

2.2　减少栅格数据存储量的编码方法

以栅格方式存储的数据为GIS空间分析和环境研究提供了最便利的条件，但一般栅格数据存储量较大，一个实用的数据处理系统，必须使组织的栅格数据以最大限度地压缩存储量，通过改变其编码方法来简化存储方式，同时使数据有最小的冗余度。[3] 笔者采用如下编码处理：

对规则的$M\times N$格网中，设某扫描线上同属性的象元段的象元（i，j），其中起始象元（m_1，n_1），终止（m_2，n_2），属性值M，则其编码值：

$$IB=K\cdot i+j$$

$$ID=K'\cdot(K\cdot m_1+n_1)+(K\cdot m_2+n_2)$$

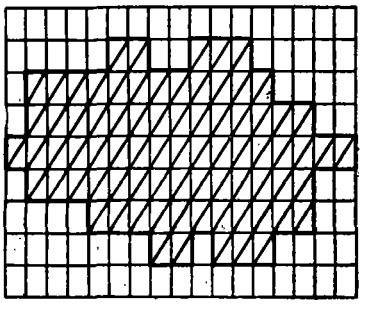

图4　格网数据存储格式

IB	M
206	5
207	5
214	3
…	…
1414	1

→

ID	M
2090207	5
2140219	3
3040307	5
…	…
14141414	1

其中K，K'视栅格总量而定，这里取$K=100$，$K'=10000$。

对所有非零象元按性质分段记录ID和M，而对研究区域外的象元不记录（图4），这不仅压缩了存储量，而且减少了数据冗余度。

2.3 栅格图形叠置分析中综合评价模型建立

利用栅格数据图形进行多因素综合评价，其实质是在选定有关评价因素，因子和权重的情况下，确定每一因素、因子的等线划分，根据每一评价格网单元相对于评价因子的取值和所选择的评价模型，进行综合分析，确定单元的评价等级，其中关键是综合评价模型的建立。本文根据模糊综合评判原理来建立多因素综合评价模型——模糊加权综合评价模型。

设评价因子论域$U=\{u_1, u_2, \cdots, u_n\}$，其中$u_i(i=1, 2, \cdots n)$为评价因子；

评判论域 $V=\}v_1, v_2, \cdots, v_m\}$，其中 $v_j(j=1, 2, \cdots, m)$ 为评价域值；

权重论域 $W=\{w_1, w_2, \cdots, w_n\}$，其中$w_i(i=1, 2, \cdots, n)$ 为因子权重值。

选用正态分布函数为隶属度函数。

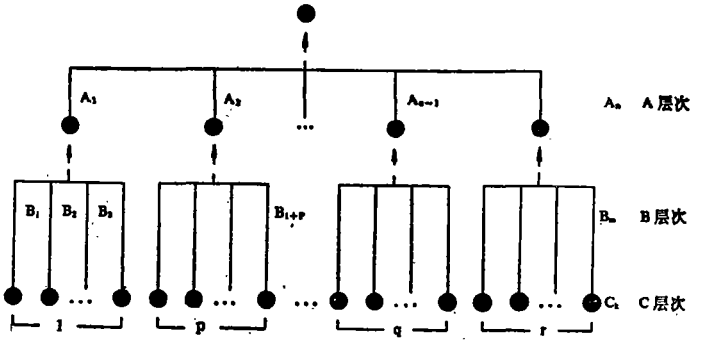

图5　多层次综合评价逻辑树

对于有限论域U上每个因子u_i都有一个单因子评判：$R_i=(r_{i1}, r_{i2}, \cdots, r_{im})$ 其模糊隶属度：[6]

$$r_{ij}=\exp\left[-\left(\frac{u_i-u_{ij}}{\alpha_{ij}}\right)^2\right]$$

其中：$\mu_{ij}=(u_{i\,上限}+u_{ij下限})/2$

$$\alpha_{ij}=(|u_{ij上限}-u_{ij下限}|\sqrt{-1/\ln 0.5})/2$$

r_{ij}的取值大小反映u_i隶属于第j级程度的高低。

因子论域U和评判域V之间建立起模糊隶属矩阵：

$$R=\begin{pmatrix} r_{11}, & r_{12}, & \cdots, & r_{1m} \\ r_{21}, & r_{22}, & \cdots, & r_{2m} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ r_{n1}, & r_{n2}, & \cdots, & r_{nm} \end{pmatrix}$$

且有模糊变换　$W^T \circ R=A^T$

由图 5 的多层次分析逻辑模型，把$U(U=\sum u_i)$作划分M，

$$U/M=\{u_1,\ u_2,\ \cdots,\ u_n,\ \},\ 而u_i=\{u_{i1},\ u_{i2},\ \cdots,\ u_{ik}\},$$

则 $A_i^T=W_i^T\circ R_i=\{a_{i1},\ a_{i2},\ \cdots,\ a_{im}\}$，

由此可得到U/M的综合评判关系：

$$A^T=W^T\circ R=W^T\circ\begin{pmatrix}W_1\circ R_1\\ W_2\circ R_2\\ \cdots\cdots\\ W_n\circ R_n\end{pmatrix}$$

推广得到多层次模糊综合评价模型。[6]

设V表示子集a_i中的m个值，每个值均为$\sum w_i r_{ij}$的计算值，$\wedge$表示子集a_i中的m个值，其中一个为$\sum w_i r_{ij}$中的最大值，其余$m-1$个值以零替代；评价计算值b_r。现根据试验区情况建立如下用于城镇规划的土地利用评价数学模型。

$$W_r=\sum_{i=1}^{e} w_i$$

$$a_r=\bigvee_{j=1}^{m}\ \sum_{i=1}^{e} W_i\ \bigwedge_{j=1}^{m} b_{ij}$$

$$b_r=\max\{a_r\}$$

在决定b_r时，对各划分考虑突出主因子影响和分层主因素影响，即为“加权划分主因子和分层主因素决定型”评判模型，其中e为分层主因素个数。

2.4 叠置结果的类型栅格合并的边界跟踪

栅格叠置分析结果根据其评价等级的划分进行分级，对分级后的同类型栅格合并，输出评价结果图。这里提出一种边界跟踪算法。

设栅格数据$M(i,\ j)$，$i=1,\ 2,\ \cdots;\ j=1,\ 2,\ \cdots,\ n$（图 6），对任意栅格单元，若$M(i,\ j)=M(i,\ j-1)=M(i,\ j+1)=M(i-1,\ j)=M(i+1,\ j)$，则$M(i,\ j)$为类型边界内部的格网单元，否则属类型边界上的格网单元。

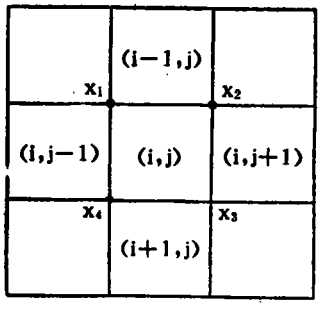

图 6　八向邻域图

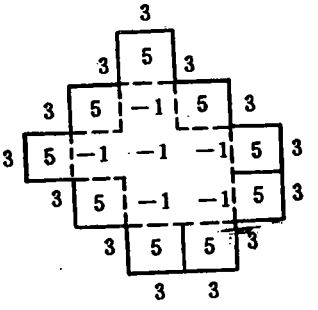

图 7　邻域栅格边界性质

按行扫描，凡类型边界内的格网单元赋－1，类型边界上的栅格单元值不变，生成类型边界上栅格值文件。栅格之间有三种不同性质的交界线（图 7）。

以行扫描找到首个非零单元作为起点，计算四角坐标（图 6）：

$$\begin{cases} x_1 = (j-1)\,dx \\ y_1 = (i-1)dy \end{cases} \qquad \begin{cases} x_2 = jdx \\ y_2 = (i-1)dy \end{cases}$$

$$\begin{cases} x_3 = jdx \\ y_3 = idy \end{cases} \qquad \begin{cases} x_4 = (j-1)dx \\ y_4 = idy \end{cases}$$

a) 若 $M(i-1,\ j)\geq 0$，且 $M(i-1,\ j)\neq M(i,\ j)$，则按顺序记录x_2，y_2，x_1，y_1；

b) 若 $M(i,\ j-1)\geqslant 0$，且 $M(i,\ j-1)\neq M(i,\ j)$，则按顺序记录 x_1，y_1，x_4，y_4；

c) 若 $M(i+1,\ j)\geqslant 0$，且 $M(i+1,\ j)\neq M(i,\ j)$，则按顺序记录x_4，y_4，x_3，y_3；

d) 若 $M(i,\ j+1)\geqslant 0$，且 $M(i,\ j+1)\neq M(i,\ j)$，则按顺序记录x_3，y_3，x_2，y_2。

按逆时针方向跟踪下一个同类型边界上的格网单元，把原格网值赋－1，新格网单元重复上述算法处理，一条边界处理完后，再找新的类型边界起点，依次处理实现全图跟踪，建立起绘图数据文件。

此算法简单，公共边界只跟踪一次，不必重复处理，在跟踪过程中实现坐标的顺序排队，便于快速处理和图形输出。

3 栅格图形数据叠置分析在城鎮规划中的应用

3.1 图形叠置分析在城镇规划中的应用

（1）城镇现状数据的统计分析

运用图形叠加实现城镇现状信息的数量和区域分布特征的提取，按区域进行统计分析，如城镇行政区划图和土地利用图叠加，可统计每一行政区内的土地利用类型及面积比例，同样可统计如交通、人口、建筑等数据。

（2）城镇资源与环境综合评价

以图形叠置技术为手段，根据确定的分析或评价方案和一定的数学模型进行多因素综合评价，确定每一评价单元的评价等级，最后得到反映单元间质量差异的评价图，为资源与环境规划提供依据。

（3）城镇信息动态分析评价

将不同时期的同一信息类型图进行叠置，分析该信息随时间而发生变化的情况，并通过类型分析，把握其变化的规律。

（4）城镇规划决策评价

将土地利用现状与环境要素叠置，分析土地利用结构中存在的问题，同时，将规划方案与环境要素叠置，评价规划决策的合理性。[2]

3.2 深圳市布吉镇土地利用评价实例

深圳市布吉镇位于深圳市北，全镇面积96平方公里，是深圳特区与内地连接的一个重要门户，近年来发展迅速，初具规模（图8）。本文结合布吉镇城镇规划，用栅格图形数据叠置分析方法进行布吉镇土地利用综合评价。

（1）基础资料的图形化和格网化

将基础资料如自然条件、道路交通、人口、市政设施、用地性质等统计或图件资料转绘

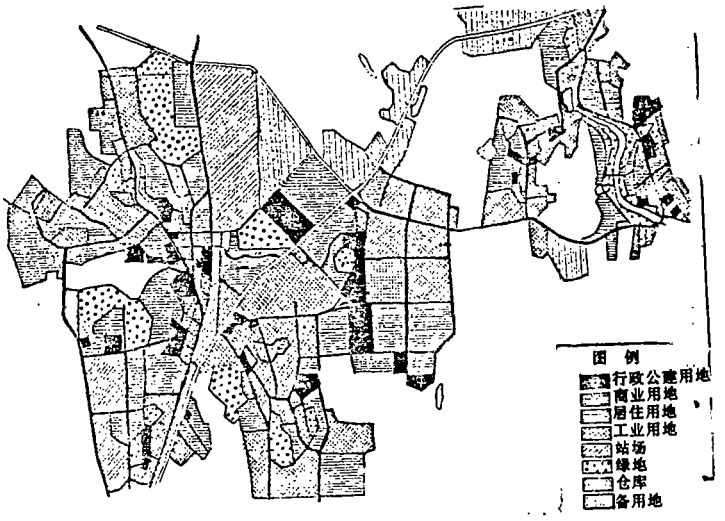

图 8　布吉镇土地利用现状图

成同一比例尺的单项分析图，并用数字化输入建立现状基础资料数据库，同时，进一步对这些数据进行矢量数据到栅格数据的转换。本试验栅格大小选实地150×150平方米的格网，全镇规划区共覆盖797个格网。

（2）评价因素、因子体系的确定

从自然、环境、社会、经济等影响土地的基本因素入手，选择评价因素、因子，并组成多层次的评价体系。根据布吉镇具体情况共选择 7 个主因素，15个子因素、25个因子，组成三个层次的评价因素因子体系（图9）。

（3）评价等级标准及因素、因子权重值的拟定

按照规划的最基本需要和考虑计算机存贮量，一般评价等级划分不宜过细，笔者在试验

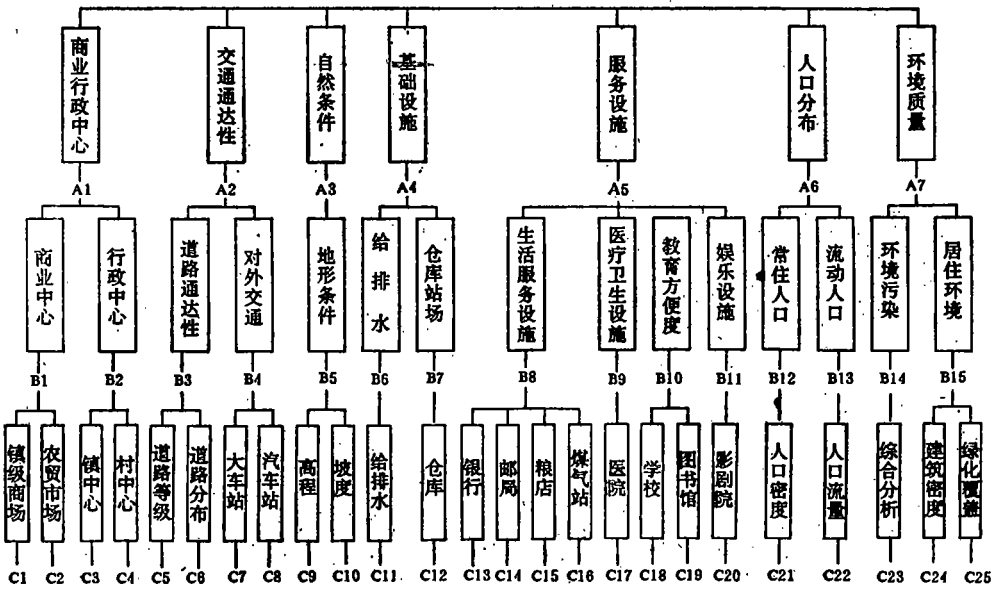

图 9　布吉镇土地利用评价因素、因子体系

中将各因素和因子划分为五级。（表1）

表1　因素、因子等级标准划分实例

因素	因子	评价等级标准					
		Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅵ	Ⅴ	
交通通达性 A2	道路等级 C5	≥30	20～30	15～20	10～15	<10	(m)
	道路分布 C6	主次	次次	主居	次居	居居	
自然条件 A3	坡度 C10	0-2	2-6	6-10	10-20	>20	(%)
基础设施 A4	给排水 C11	好	较好	一般	较差	无	
	到仓库距离 C12	≤300	300～500	500～1000	1000～2000	>2000	(m)
环境质量 A7	综合分析 C23	清洁	较清洁	轻度污染	中度污染	重污染	

采用层次分析法（AHP）确定因素、因子权重，以专家评定结果来构成AHP评判矩阵，经一致性检验后得到各因素、因子的权重值（表2）。（因子的权重值略）

表2　因素权重值拟定

因素	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	Σ
权重值	0.205	0.220	0.085	0.133	0.188	0.075	0.094	1.000

（4）评价结果分析

通过上述的图形处理和模型计算，最后输出图10的综合评价图。

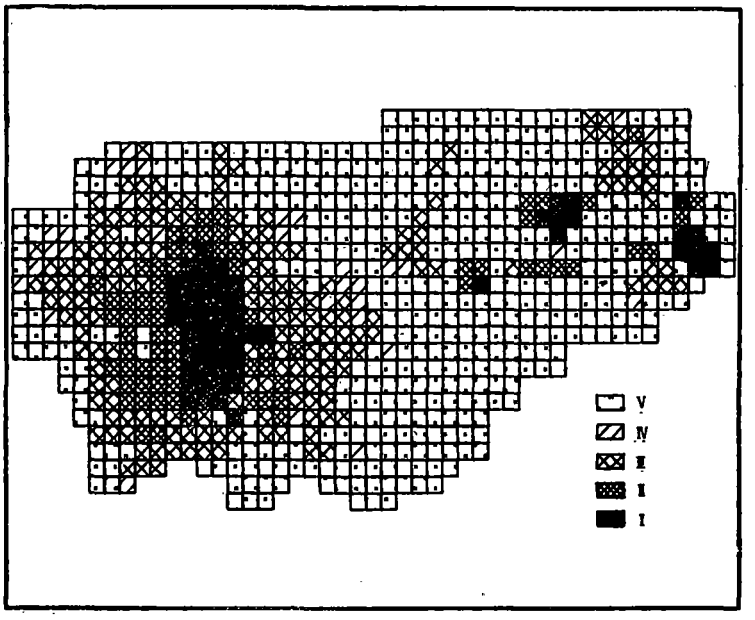

图10　布吉镇土地利用综合评价图

（1）从评价结果分析，选取的这些因素、因子对土地利用的影响是较显著的，权重的分配也是较合理的，如由于铁路的影响，使镇中心的等级分布呈不连续，深惠公路附近，虽城镇基础设施不配套，但是其等级并不低，这说明选择的因素具有较好的灵敏度。

（2）根据评价结果得到表3的分析。

（3）评价结果等级平衡表（表4）表明近期建设用地潜力较大，中远期规划土地利用的余地充足，中部地区适宜规划为未来的镇中心。图11为吉镇土地利用规划图。

表4　评价结果等级平衡表

价评等级	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ	Σ
格数	56	60	181	35	465	797
比例（%）	7.0	7.5	22.7	4.4	58.4	100

表3　评价结果分析

评价等级	土地利用程度	地价	等级区位分布	土地利用现状分析	土地利用评价及规划
Ⅰ	好	高	旧城镇中心部分村中心	主要为行政、商业、商住、居住用地：环境质量差，路网发达。	宜发展商业、商住及部分行政用地，环境治理重点区。
Ⅱ	较好	较高	旧城东部较集中村附近零星分布	铁路影响，两片不连续居住、工业用地，区内道路系统不良。	宜发展行政、居住及部分工业用地，是重点旧城改造区。
Ⅲ	一般	中等	村镇四周分布，沿公路零星分布	农村居住用地菜、地，环境和用地条件较好，市政设施不发达。	宜于居住及工业用地是近期建设投资少，见效快的土地。
Ⅳ	较差	较低	村镇外围有少许分布，比例少。	农村居住用地	宜于居住、工业、农贸市场用地，需加强基础设施配套建设。
Ⅴ	差	低	集中在中部区域和西部边缘。	山地、林地、未开发区	中远期规划发展区

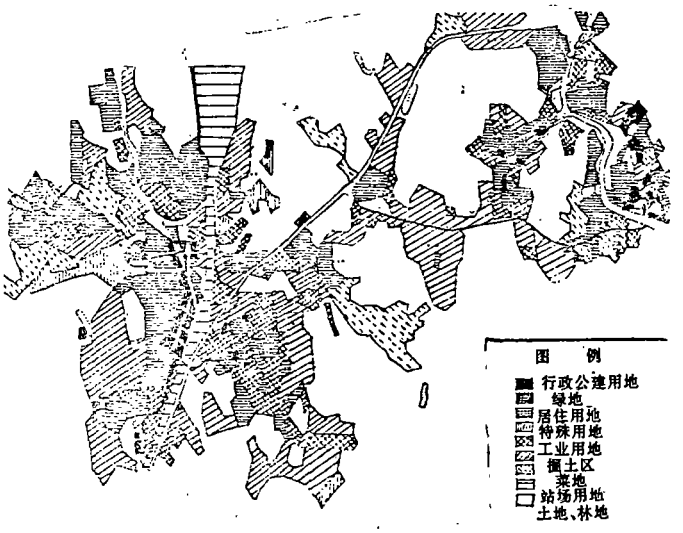

图11 布吉镇土地利用规划图

4 结 论

（1）栅格图形数据叠置分析是定性、定量和定位相结合进行综合评价的有效手段，是实现综合评价智能化的一个有效途径；

（2）本文提出的数据转换的链拓扑法和边界跟踪算法完全能胜任多因素综合评价的数据处理；

（3）对于多因素综合评价，减少栅格数据存储量是很有必要的，本文所用的编码方法对减少其存储量是较有效的；

（4）本文根据模糊综合评判原理建立的多因素综合评价数学模型具有普遍适用性，对具体应用领域的评价因素、因子体系及等级划分标准，因素、因子权重值的确定一般由多学科专家评定；

（5）通过用栅格图形数据叠置分析进行布吉镇土地利用综合评价为布吉镇土地利用规划提供了可靠的依据和具有定性、定量和定位相结合的评价数据。栅格图形数根叠置分析在城镇规划中具有广阔的应用前景。

参 考 文 献

[1] P A Burrough Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment, Monographs on Soil and Resources Survey No. 12, Oxford Science Publications, 1986.

[2] Bathke W L. Practical Application of Land Information Systems as Related to Planning Purposes, FIG. International Congress of Surveyors, Commission 8, 1986.

[3] Benndorf K. Vektorgraphik und Rasterdatenverarbeitung fur Raumbezogene Informationssyteme, Nachrichten aus dem Karten und Vermessungwesen, 1987.
[4] M S 蒙莫尼尔著；胡毓鉅、黄伟等译。机助制图——原理与展望.测绘出版社，1986.
[5] 胡继才. 模糊综合评判及地形图质量的评定. 武汉测绘科技大学学报，1986(3).
[6] 陈 军，孙玉国. 基于GIS的城市多因素模糊综合评价. 武汉测绘科技大学学报，1988(4).

A Method of Graphic Overlay Analysis from Grid Data and its Application in the City and Town Planning

Ding Jianwei

Abstract

In this paper, a method of graphic overlay analysis from the grid data is introduced. Four technical processes are proposed:

A way of chain topology for converting the vector data into grid data.

A specific encoding for data compression of grid mode and and its effective storage.

Based on the fuzzy theoory a mathematical model of multielement comprehensive analysis is established.

A border following program using in the grid merging after attribute data types overlay analysis.

Finally, an application of land-use evaluation for buji (a town in Shen-zhen city) town planning is shown to examine the proposal model of grid data graphic overlay by the author.

[Key words] grid data; vector data; graphic overlay analysis; fuzzy comprehensive evaluation