DOI:10.13203/j.whugis1993.04.001

第18卷 第4期 武汉测绘科技大学学报 Vol. 18 No. 4
1993年 12月 Journal of Wuhan Technical University of Surveying and Mapping Dec. 1993

地图模糊矩阵模型与制图术语表述数学化研究

钟业勋① 胡毓钜②

(①广西测绘局,南宁市建政路5号,530023;②武汉测绘科技大学,地图制图系,武汉珞瑜路39号,430070)

摘　要　笔者在过去所研究地图模糊矩阵模型的基础上,进一步探讨了建立地图模糊矩阵模型问题,通过矩阵运算来对地图学中有关制图综合、图象变换等概念给出了数学定义,从而使概念表述数学化。

关键词　地图模型;地图模糊矩阵;数学表述;

分类号　P287　TP301.2

0　引　言

模型是人们对某种实体系统的一种简化了的相似形体或数学结构之类的形式语言。模型是在对原型分析与综合的基础上,通过归纳、演绎、溯因和比较这些重要环节来实现的[1]。笔者在对文献[2]的地图集合模型中的表达式的六个变量进行比较研究后,发现前三个变量 x、y、z 在于确定点的位置,而后三个变量 i、j、t 则确定点的实质内容。根据两组变量功能的不同,而在文献[3]中提出了第一特征值 a 和第二特征值 b 的概念,并导出了地图笛卡尔积模型。通过对第二特征值 b 的研究表明,地图上每一种地图要素,对应着一个 b 值,因此,地图要素实质上是 b 值相同的点集——泛等值线(如单线河、小路等)或泛等值面(如水域等)。

地图学中关于制图综合、图象反转等概念,在传统的教科书中,都是以文字描述的形式表述的,因而不能作定量表述而缺乏精密性。为了使地图学中若干重要概念的表述数学化和精细化,有必要在已有研究成果的基础上,进一步深入探讨。本文是作者对地图学中有关制图综合、图象变换等概念表述数学化的探讨。

1　地图的模糊矩阵模型

人们阅读地图时,对地图要素在图上的位置及它们之间的相互关系,是通过目视比较来判定的,这与矩阵中通过元素所在行和列的比较来确定元素的位置很相似。地图笛卡尔积模型中,第一特征值 a 虽能表示要素的位置特征,但这种表示较抽象。为此,我们以地图笛卡尔积模型中的第二特征值 b 作为矩阵的元素,以行数 x 和列数 y 表示元素的位置特征,建立地图模糊矩阵模型。

1.1　图元定义

任何地图,不管其图种、类型、比例尺和制图区域,其表示的内容总是有限的,即每一幅地

收稿日期:1993—02—23.钟业勋,男,54岁,高级工程师,现从事地图学教育与地图模型的研究.

图总是表示着若干种确定的地图要素。线划符号是地图内容的主体，注记又总是依托于某种地图要素，如居民地注记依托于居民地符号等。因此，本文中提到地图要素时，包括其说明注记。从分合论的观点看，任何一幅地图，总可分解为只有一种线划要素的地图来。

设地图线划要素的第二特征值为 $b_i(i\neq0)$，b_i 的集合为 B_i：

$$B_i = \{b_i | i \neq 0\} \tag{1}$$

上式中，当 $b_i=1$ 时为黑色要素；当 $0<b_i<1$ 时为彩色要素。

图面被 B_i 分割为若干块面状域，面状域的第二特征值为 b_0，b_0 的集合为 B_0：

$$B_0 = \{b_i | i = 0\} \tag{2}$$

当 $b_0=0$ 时，面状域为空白域；当 $0<b_0<1$ 时，为彩色域。

B_i 与 B_0，在图象显示中，具有相辅相成的作用：B_0 作为 B_i 的显示背景，并确定着 B_i 的形状和粗细；B_i 作为 B_0 的边界，限定着 B_0 的形状和大小。对阳象地图，一般 $b_0<b_i$。阴象地图则相反。这就是说，线划要素与其相互依存的面状域，必须具有一定的反差，才能使彼此得以有效的显示。

B_i 与 B_0 具有互补关系，即

$$B_0 = 1 - B_i = B_i^c \tag{3}$$

从(1)至(3)式可见，单线划要素地图 U_i 可以表示为 B_i 与 B_0 的并集：

$$U_i = B_i \cup B_0 = B_i \cup B_i^c \tag{4}$$

定义 1　图元定义：具有一种线划要素 B_i 及一种面状域 B_0，B_i 与 B_0 满足互补关系者，这种图面称为图元。

1.2　图元的模糊矩阵模型

构成同一幅地图和各图元，具有同一的图廓。若将图元分成 $m\times n$ 个相等的方格，当图形数字化后，通过某一阈值的比较，使各格子的第二特征值二值化，即使每一个格子只能取 b_i 或 b_0。在这过程中，考虑到线状(或点状)要素为地图的主体，可规定其权重大于面状域的权重。

设 S_i 为一个格子内线划要素占有的面积，S_0 为格子的面积，则格子的第二特征值 b_{xy} 可按下式确定：

$$b_{xy} = \begin{cases} b_i & \text{当} \dfrac{S_i}{S_0} > k \\ b_0 & \text{当} \dfrac{S_i}{S_0} \leqslant k \end{cases} \tag{5}$$

所有地图要素皆与客观实际的两个基本要素有关，即位置及其上面的特征。位置仅指二维平面上的位置[5]。此处的 x、y 即可表示格子的位置，并假定 $z=0$。k 为给定的阈值。b_i 的点数与 k 值有关。例如，若取 $k=0.2$，则 $b_{xy}=S_i/S_0\leqslant0.2$ 的格子，均取 b_0 值。一般说来，k 值过小会使线划符号“肥大”，反之会使线划符号“瘦削”，两者都会使图象失真。

另一方面，地图要素显示的细致程度，与 m、n 的大小有关。m、n 值越大，图元被分割成相等的小格数越多，格子面积越小，图象显示越细致。反之亦然。只要我们选取较大的 m、n 值和适当的 k 值，则能使图象显示达到我们所需要的细致程度。

若将图元分成 m 行和 n 列，图元 U_i 便可用一个以 b_i 和 b_0 为元素的模糊矩阵表示。

$$U_i = \begin{bmatrix} b_{11},\cdots,b_{1y},\cdots,b_{1n} \\ \cdots\quad\cdots\quad\cdots \\ b_{x1},\cdots,b_{xy},\cdots,b_{xn} \\ \cdots\quad\cdots\quad\cdots \\ b_{m1},\cdots,b_{my},\cdots,b_{mn} \end{bmatrix} = [b_{xy}]_{mn} \qquad \begin{pmatrix} x = 1,2,\cdots m \\ y = 1,2,\cdots n \end{pmatrix} \tag{6}$$

1.3　地图的图元集合模型

从综合的观点看,任何地图均可看作多个图元的复合。因此,地图 U 表现为其组成图元的并集:

$$U = \bigcup_{i\in I} U_i = \bigcup_{i\in I} [b_{xy}]_{m\times n} | b_{xy} \in [0,1] \tag{7}$$

上式中 I 为 i 的指标集。

1.4　地图模糊矩阵模型中各元素的计算

地图模糊矩阵模型中的元素 b_{xy},即地图要素的第二特征值 b,文献[3]给出了 b 的计算方法:

$$b_{xy} = \sqrt{\frac{\mu_i^2 + j^2 + t^2}{3}} \left| \begin{array}{l} \mu_i \in [0,1] \\ j \in [0,1] \\ t \in [0,1] \end{array} \right. \tag{8}$$

(8)式中,t 为地图面状域使用的网线比例,j 为表象特征值[3,6],μ_i 为地图要素的性质特征函数,且有:

$$\begin{cases} 0 \leqslant t \leqslant 1 \\ j = \dfrac{1681.9 - 700\alpha - 546.1\beta - 435.8\gamma}{1681.9} \\ \mu_i = \dfrac{i}{M} | i = 0,1,\cdots,M \end{cases} \left| \begin{array}{l} \alpha \in [0,1] \\ \beta \in [0,1] \\ \gamma \in [0,1] \end{array} \right. \tag{9}$$

(9)式中,M 为地图内容按某种分类标准分类的总类数,i 为某类地图要素在规定的分类系统中的序号。α,β,γ 分别为地图要素吸收红光、绿光、蓝光的比例,地图要素的颜色,也就是它对三原色光红光、绿光、蓝光分别按 α,β,γ 比例吸收后的综合效应。

2　地图制图过程图象变换的数学运算

2.1　地图制图中图象变换的形式

一般地说,地图可视为实地的同态模型。根据地图资料制作地图,其实质是图象变换的动态过程,它包括同构变换与同态变换两种形式。

2.1.1　同构变换

同构是两个系统结构的同一;相似性是一个图形向另一个图形的变换,其各点间距离以相同比例尺变化。两图形中各点一一对应,一个图形中要素间几何关系的集合是另一个图形中要素间几何关系集合的同构图象。一张负片和它的放大图之间的关系,以及稿图、清绘图和成图之间的关系,这是具有多样性关系的同构。同构映象是可以反转的,即可在其图象的基础上复制出原图的结构。

2.1.2　同态变换

同态是同构概念和概括。由于地图形式与内容的综合,被制图的实体结构不可能不经简化

而得以复制。这说明地图并非实体同构模型，而是一种同态模型。同态有别于同构，它允许对被映象(制图)系统的结构进行简化[7]。地图编绘过程，实质上是对底图作某种简化和修改的过程，资料底图本身是实地某一时刻的同态模型，同时又是新编地图与实体在新的时刻同态的中介。

2.2　图象变换运算的基本元素

定义 2　基础图元：图象变换前的图元称为基础图元，用 U_A 表示，即

$$U_A = \begin{bmatrix} b(A)_{11},\cdots,b(A)_{1y},\cdots,b(A)_{1n} \\ \cdots \quad \cdots \quad \cdots \\ b(A)_{x1},\cdots,b(A)_{xy},\cdots,b(A)_{xn} \\ \cdots \quad \cdots \quad \cdots \\ b(A)_{m1},\cdots,b(A)_{my},\cdots,b(A)_{mn} \end{bmatrix} = [b(A)_{xy}]_{m\times n} \quad (b(A)_{xy} \in [0,1]) \tag{10}$$

定义 3　结构图元：通过与基础图元 U_A 作某种运算，以实现向目标图元转化的图元称为结构图元，用 U_Q 表示，即

$$U_Q = \begin{bmatrix} b(Q)_{11},\cdots,b(Q)_{1y},\cdots,b(Q)_{1n} \\ \cdots \quad \cdots \quad \cdots \\ b(Q)_{x1},\cdots,b(Q)_{xy},\cdots,b(Q)_{xn} \\ \cdots \quad \cdots \quad \cdots \\ b(Q)_{m1},\cdots,b(Q)_{my},\cdots,b(Q)_{mn} \end{bmatrix} = [b(Q)_{xy}]_{m\times n} \quad (b(Q)_{xy} \in [0,1]) \tag{11}$$

定义 4　目标图元：基础图元 U_A 与结构图元 U_Q 运算的结果称为目标图元，用 U_B 表示，即

$$U_B = \begin{bmatrix} b(B)_{11},\cdots,b(B)_{1y},\cdots,b(B)_{1n} \\ \cdots \quad \cdots \quad \cdots \\ b(B)_{x1},\cdots,b(B)_{xy},\cdots,b(B)_{xn} \\ \cdots \quad \cdots \quad \cdots \\ b(B)_{m1},\cdots,b(B)_{my},\cdots,b(B)_{mn} \end{bmatrix} = [b(B)_{xy}]_{m\times n} \quad (b(B)_{xy} \in [0,1]) \tag{12}$$

2.3　地图制图中有关术语的定义及应用实例

定义 5　选取：若 $U_Q \in U_A$，使 $U_Q \in U_B$ 的变换称为选取，U_Q 称为选取图元。

选取变换的模型为

$$U_B = U_A \cap U_Q | U_Q \in U_A \tag{13}$$

为了便于计算，在下面的例子中我们均取模糊矩阵的 b_1 截集[8]，使之变为普通矩阵。b_1 的截集，也即以 b_1 为“门坎”。

例 1：当

$$\begin{cases} b(A)_{xy} = \begin{cases} 1 & b(A)_{xy} = b_1 \\ 0 & b(A)_{xy} = b_0 \end{cases} \\ b(Q)_{xy} = \begin{cases} 1 & b(Q)_{xy} = b_1 \\ 0 & b(Q)_{xy} = b_0 \end{cases} \\ b(B)_{xy} = \begin{cases} 1 & b(B)_{xy} = b_1 \\ 0 & b(B)_{xy} = b_0 \end{cases} \end{cases}$$

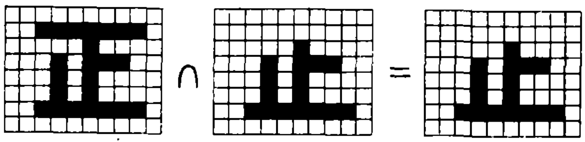
时，并已知 U_A 的 b_1 截集为 U_{Ab_1}，U_Q 的 b_1 截集为 U_{Qb_1}，求选取变换得到的目标图元 U_{Bb_1}。

$$U_{Ab_i}=\begin{bmatrix}0&0&0&0&0&0&0&0&0&0\\0&0&1&1&1&1&1&1&1&0\\0&0&0&0&0&1&0&0&0&0\\0&0&0&1&0&1&1&1&0&0\\0&0&0&1&0&1&0&0&0&0\\0&0&0&1&0&1&0&0&0&0\\0&0&1&1&1&1&1&1&1&0\\0&0&0&0&0&0&0&0&0&0\end{bmatrix}\qquad U_{Qb_i}=\begin{bmatrix}0&0&0&0&0&0&0&0&0&0\\0&0&0&0&0&0&0&0&0&0\\0&0&0&0&0&1&0&0&0&0\\0&0&0&1&0&1&1&1&0&0\\0&0&0&1&0&1&0&0&0&0\\0&0&0&1&0&1&0&0&0&0\\0&0&1&1&1&1&1&1&1&0\\0&0&0&0&0&0&0&0&0&0\end{bmatrix}$$

解:$U_{Bb_i}=U_{Ab_i}\bigcap B_{Qb_i}$

$$\begin{bmatrix}0\wedge0&0\wedge0&0\wedge0&0\wedge0&0\wedge0&0\wedge0&0\wedge0&0\wedge0&0\wedge0&0\wedge0\\0\wedge0&0\wedge0&1\wedge0&1\wedge0&1\wedge0&1\wedge0&1\wedge0&1\wedge0&1\wedge0&0\wedge0\\0\wedge0&0\wedge0&0\wedge0&0\wedge0&0\wedge0&1\wedge1&0\wedge0&0\wedge0&0\wedge0&0\wedge0\\0\wedge0&0\wedge0&0\wedge0&1\wedge1&0\wedge0&1\wedge1&1\wedge1&1\wedge1&0\wedge0&0\wedge0\\0\wedge0&0\wedge0&0\wedge0&1\wedge1&0\wedge0&1\wedge1&0\wedge0&0\wedge0&0\wedge0&0\wedge0\\0\wedge0&0\wedge0&0\wedge0&1\wedge1&0\wedge0&1\wedge1&0\wedge0&0\wedge0&0\wedge0&0\wedge0\\0\wedge0&0\wedge0&1\wedge1&1\wedge1&1\wedge1&1\wedge1&1\wedge1&1\wedge1&1\wedge1&0\wedge0\\0\wedge0&0\wedge0&0\wedge0&0\wedge0&0\wedge0&0\wedge0&0\wedge0&0\wedge0&0\wedge0&0\wedge0\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}0&0&0&0&0&0&0&0&0&0\\0&0&0&0&0&0&0&0&0&0\\0&0&0&0&0&1&0&0&0&0\\0&0&0&1&0&1&1&1&0&0\\0&0&0&1&0&1&0&0&0&0\\0&0&0&1&0&1&0&0&0&0\\0&0&1&1&1&1&1&1&1&0\\0&0&0&0&0&0&0&0&0&0\end{bmatrix}$$

例 1 的对应图象为



定义 6　舍弃:若 $U_Q\in U_A$,使 $U_Q\notin U_B$ 的变换称为舍弃,U_Q 称为舍弃图元。

舍弃变换的模型为

$$U_B=U_A\bigcap U_Q^C|U_Q\in U_A$$

上式中,$U_Q^C=1-U_Q$。

选取与舍弃是两个相对立的概念,选取图元的补集,即为舍弃图元,反之亦然。

例 2:已知 U_A 的 b_i 截集为 U_{Ab_i},U_Q 的 b_i 截集为 U_{Qb_i},求舍弃变换得到的目标图元 U_{Bb_i}。

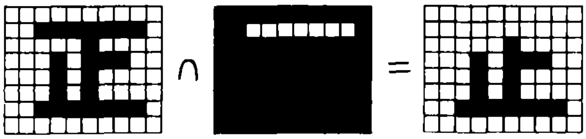
$$U_{Ab_i}=\begin{bmatrix}0&0&0&0&0&0&0&0&0&0\\0&0&1&1&1&1&1&1&1&0\\0&0&0&0&0&1&0&0&0&0\\0&0&0&1&0&1&1&1&0&0\\0&0&0&1&0&1&0&0&0&0\\0&0&0&1&0&1&0&0&0&0\\0&0&1&1&1&1&1&1&1&0\\0&0&0&0&0&0&0&0&0&0\end{bmatrix}\qquad U_{Qb_i}=\begin{bmatrix}0&0&0&0&0&0&0&0&0&0\\0&0&1&1&1&1&1&1&1&0\\0&0&0&0&0&0&0&0&0&0\\0&0&0&0&0&0&0&0&0&0\\0&0&0&0&0&0&0&0&0&0\\0&0&0&0&0&0&0&0&0&0\\0&0&0&0&0&0&0&0&0&0\\0&0&0&0&0&0&0&0&0&0\end{bmatrix}$$

$$U_{Qb_i}^C=\begin{bmatrix}1&1&1&1&1&1&1&1&1&1\\1&1&0&0&0&0&0&0&0&1\\1&1&1&1&1&1&1&1&1&1\\1&1&1&1&1&1&1&1&1&1\\1&1&1&1&1&1&1&1&1&1\\1&1&1&1&1&1&1&1&1&1\\1&1&1&1&1&1&1&1&1&1\\1&1&1&1&1&1&1&1&1&1\end{bmatrix}$$

解:$U_{Bb_i}=U_{Ab_i}\bigcap U_{Qb_i}^C$

$$
=\begin{bmatrix}
0\wedge 1 & 0\wedge 1 & 0\wedge 1 & 0\wedge 1 & 0\wedge 1 & 0\wedge 1 & 0\wedge 1 & 0\wedge 1 & 0\wedge 1 & 0\wedge 1\\
0\wedge 1 & 0\wedge 1 & 1\wedge 0 & 1\wedge 0 & 1\wedge 0 & 1\wedge 0 & 1\wedge 0 & 1\wedge 0 & 1\wedge 0 & 0\wedge 1\\
0\wedge 1 & 0\wedge 1 & 0\wedge 1 & 0\wedge 1 & 0\wedge 1 & 1\wedge 1 & 0\wedge 1 & 0\wedge 1 & 0\wedge 1 & 0\wedge 1\\
0\wedge 1 & 0\wedge 1 & 0\wedge 1 & 1\wedge 1 & 0\wedge 1 & 1\wedge 1 & 1\wedge 1 & 1\wedge 1 & 0\wedge 1 & 0\wedge 1\\
0\wedge 1 & 0\wedge 1 & 0\wedge 1 & 1\wedge 1 & 0\wedge 1 & 1\wedge 1 & 0\wedge 1 & 0\wedge 1 & 0\wedge 1 & 0\wedge 1\\
0\wedge 1 & 0\wedge 1 & 0\wedge 1 & 1\wedge 1 & 0\wedge 1 & 1\wedge 1 & 0\wedge 1 & 0\wedge 1 & 0\wedge 1 & 0\wedge 1\\
0\wedge 1 & 0\wedge 1 & 1\wedge 1 & 1\wedge 1 & 1\wedge 1 & 1\wedge 1 & 1\wedge 1 & 1\wedge 1 & 1\wedge 1 & 0\wedge 1\\
0\wedge 1 & 0\wedge 1 & 0\wedge 1 & 0\wedge 1 & 0\wedge 1 & 0\wedge 1 & 0\wedge 1 & 0\wedge 1 & 0\wedge 1 & 0\wedge 1
\end{bmatrix}
=\begin{bmatrix}
0&0&0&0&0&0&0&0&0&0\\
0&0&0&0&0&0&0&0&0&0\\
0&0&0&0&0&1&0&0&0&0\\
0&0&0&1&0&1&1&1&0&0\\
0&0&0&1&0&1&0&0&0&0\\
0&0&0&1&0&1&0&0&0&0\\
0&0&1&1&1&1&1&1&1&0\\
0&0&0&0&0&0&0&0&0&0
\end{bmatrix}
$$

本例的图象为



定义 7　增补：若 $U_Q \notin U_A$，使 $U_Q \in U_B$ 的变换称为增补，U_Q 称为增补图元。

增补变换的模型为

$$U_B = U_A \cup U_Q | U_Q \notin U_A \tag{14}$$

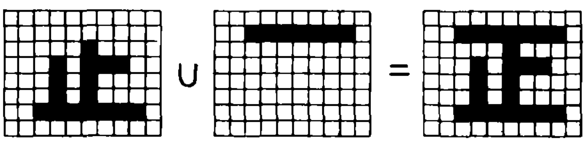
例 3：已知 U_A 的 b_i 截集为 U_{Ab_i}，U_Q 的 b_i 截集为 U_{Qb_i}，求增补变换得到的目标图元 U_{Bb_i}。

$$
U_{Ab_i}=\begin{bmatrix}
0&0&0&0&0&0&0&0&0&0\\
0&0&0&0&0&0&0&0&0&0\\
0&0&0&0&0&1&0&0&0&0\\
0&0&0&1&0&1&1&1&0&0\\
0&0&0&1&0&1&0&0&0&0\\
0&0&0&1&0&1&0&0&0&0\\
0&0&1&1&1&1&1&1&1&0\\
0&0&0&0&0&0&0&0&0&0
\end{bmatrix}
\qquad
U_{Qb_i}=\begin{bmatrix}
0&0&0&0&0&0&0&0&0&0\\
0&0&1&1&1&1&1&1&1&0\\
0&0&0&0&0&0&0&0&0&0\\
0&0&0&0&0&0&0&0&0&0\\
0&0&0&0&0&0&0&0&0&0\\
0&0&0&0&0&0&0&0&0&0\\
0&0&0&0&0&0&0&0&0&0\\
0&0&0&0&0&0&0&0&0&0
\end{bmatrix}
$$

解：$U_{Bb_i}=U_{Ab_i}\cup U_{Qb_i}$

$$
=\begin{bmatrix}
0\vee 0 & 0\vee 0 & 0\vee 0 & 0\vee 0 & 0\vee 0 & 0\vee 0 & 0\vee 0 & 0\vee 0 & 0\vee 0 & 0\vee 0\\
0\vee 0 & 0\vee 0 & 0\vee 1 & 0\vee 1 & 0\vee 1 & 0\vee 1 & 0\vee 1 & 0\vee 1 & 0\vee 1 & 0\vee 0\\
0\vee 0 & 0\vee 0 & 0\vee 0 & 0\vee 0 & 0\vee 0 & 1\vee 0 & 0\vee 0 & 0\vee 0 & 0\vee 0 & 0\vee 0\\
0\vee 0 & 0\vee 0 & 0\vee 0 & 1\vee 0 & 0\vee 0 & 1\vee 0 & 1\vee 0 & 1\vee 0 & 0\vee 0 & 0\vee 0\\
0\vee 0 & 0\vee 0 & 0\vee 0 & 1\vee 0 & 0\vee 0 & 1\vee 0 & 0\vee 0 & 0\vee 0 & 0\vee 0 & 0\vee 0\\
0\vee 0 & 0\vee 0 & 0\vee 0 & 1\vee 0 & 0\vee 0 & 1\vee 0 & 0\vee 0 & 0\vee 0 & 0\vee 0 & 0\vee 0\\
0\vee 0 & 0\vee 0 & 1\vee 0 & 1\vee 0 & 1\vee 0 & 1\vee 0 & 1\vee 0 & 1\vee 0 & 1\vee 0 & 0\vee 0\\
0\vee 0 & 0\vee 0 & 0\vee 0 & 0\vee 0 & 0\vee 0 & 0\vee 0 & 0\vee 0 & 0\vee 0 & 0\vee 0 & 0\vee 0
\end{bmatrix}
=\begin{bmatrix}
0&0&0&0&0&0&0&0&0&0\\
0&0&1&1&1&1&1&1&1&0\\
0&0&0&0&0&1&0&0&0&0\\
0&0&0&1&0&1&1&1&0&0\\
0&0&0&1&0&1&0&0&0&0\\
0&0&0&1&0&1&0&0&0&0\\
0&0&1&1&1&1&1&1&1&0\\
0&0&0&0&0&0&0&0&0&0
\end{bmatrix}
$$

本例的图象为



定义 8　综合：存在着结构图元 U_{Q_1} 和 U_{Q_2}，若 $U_{Q_1} \in U_A$，而 $U_{Q_2} \notin U_A$，使 $U_{Q_1} \in U_B$ 且 $U_{Q_2} \in U_B$ 的变换称为综合。

制图综合实质上是选取与增补的复合运算，其模型为

$$U_B = (U_A \cap U_{Q_1}) \cup U_{Q_2} | U_{Q_1} \in U_A,\quad U_{Q_2} \notin U_A$$

例 4：已知 U_A 的 b_i 截集为 U_{Ab_i}，U_{Q_1} 的 b_i 截集为 $U_{Q_1b_i}$，U_{Q_2} 的 b_i 截集为 $U_{Q_2b_i}$，求综合变换得到的

图元 U_{Bb_s}。

$$U_{Ab_s}=\begin{bmatrix}0&0&0&0&1&0&0&1&0&0\\0&0&0&1&0&0&1&0&0&0\\0&0&1&1&0&1&0&1&1&1\\0&1&0&1&0&0&0&1&0&0\\0&0&0&1&0&0&0&1&1&1\\0&0&0&1&0&0&0&1&0&0\\0&0&0&1&0&0&0&1&1&1\\0&0&0&1&0&0&0&1&0&0\end{bmatrix}\quad U_{Q_1b_i}=\begin{bmatrix}0&0&0&0&1&0&0&0&0&0\\0&0&0&1&0&0&0&0&0&0\\0&0&1&1&0&0&0&0&0&0\\0&1&0&1&0&0&0&0&0&0\\0&0&0&1&0&0&0&0&0&0\\0&0&0&1&0&0&0&0&0&0\\0&0&0&1&0&0&0&0&0&0\\0&0&0&1&0&0&0&0&0&0\end{bmatrix}$$

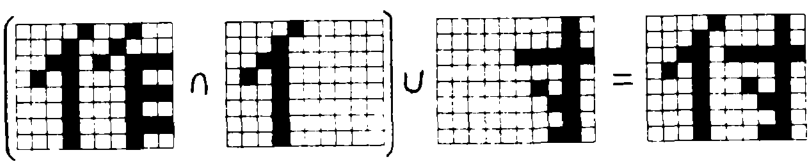
$$U_{Q_2b_s}=\begin{bmatrix}0&0&0&0&0&0&0&0&1&0\\0&0&0&0&0&0&0&0&1&0\\0&0&0&0&0&1&1&1&1&1\\0&0&0&0&0&0&0&0&1&0\\0&0&0&0&0&0&1&0&1&0\\0&0&0&0&0&0&0&1&1&0\\0&0&0&0&0&0&0&0&1&0\\0&0&0&0&0&0&0&1&1&0\end{bmatrix}$$

解:$U_{Bb_s}=(U_{Ab_s}\bigcap U_{Q_1b_i})\bigcup U_{Q_2b_s}$

$$=\begin{bmatrix}0\wedge0&0\wedge0&0\wedge0&0\wedge0&1\wedge1&0\wedge0&0\wedge0&1\wedge0&0\wedge0&0\wedge0\\0\wedge0&0\wedge0&0\wedge0&1\wedge1&0\wedge0&0\wedge0&1\wedge0&0\wedge0&0\wedge0&0\wedge0\\0\wedge0&0\wedge0&1\wedge1&1\wedge1&0\wedge0&1\wedge0&0\wedge0&1\wedge0&1\wedge0&1\wedge0\\0\wedge0&1\wedge1&0\wedge0&1\wedge1&0\wedge0&0\wedge0&0\wedge0&1\wedge0&0\wedge0&0\wedge0\\0\wedge0&0\wedge0&0\wedge0&1\wedge1&0\wedge0&0\wedge0&0\wedge0&1\wedge0&1\wedge0&1\wedge0\\0\wedge0&0\wedge0&0\wedge0&1\wedge1&0\wedge0&0\wedge0&0\wedge0&1\wedge0&0\wedge0&0\wedge0\\0\wedge0&0\wedge0&0\wedge0&1\wedge1&0\wedge0&0\wedge0&0\wedge0&1\wedge0&1\wedge0&1\wedge0\\0\wedge0&0\wedge0&0\wedge0&1\wedge1&0\wedge0&0\wedge0&0\wedge0&1\wedge0&0\wedge0&0\wedge0\end{bmatrix}\bigcup\begin{bmatrix}0&0&0&0&0&0&0&0&1&0\\0&0&0&0&0&0&0&0&1&0\\0&0&0&0&0&1&1&1&1&1\\0&0&0&0&0&0&0&0&1&0\\0&0&0&0&0&0&1&0&1&0\\0&0&0&0&0&0&0&1&1&0\\0&0&0&0&0&0&0&0&1&0\\0&0&0&0&0&0&0&1&1&0\end{bmatrix}$$

$$=\begin{bmatrix}0\vee0&0\vee0&0\vee0&0\vee0&1\vee0&0\vee0&0\vee0&0\vee0&0\vee1&0\vee0\\0\vee0&0\vee0&0\vee0&1\vee0&0\vee0&0\vee0&0\vee0&0\vee0&0\vee1&0\vee0\\0\vee0&0\vee0&1\vee0&1\vee0&0\vee0&0\vee1&0\vee1&0\vee1&0\vee1&0\vee1\\0\vee0&1\vee0&0\vee0&1\vee0&0\vee0&0\vee0&0\vee0&0\vee0&0\vee1&0\vee0\\0\vee0&0\vee0&0\vee0&1\vee0&0\vee0&0\vee0&0\vee1&0\vee0&0\vee1&0\vee0\\0\vee0&0\vee0&0\vee0&1\vee0&0\vee0&0\vee0&0\vee0&0\vee1&0\vee1&0\vee0\\0\vee0&0\vee0&0\vee0&1\vee0&0\vee0&0\vee0&0\vee0&0\vee0&0\vee1&0\vee0\\0\vee0&0\vee0&0\vee0&1\vee0&0\vee0&0\vee0&0\vee0&0\vee1&0\vee1&0\vee0\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}0&0&0&0&1&0&0&0&1&0\\0&0&0&1&0&0&0&0&1&0\\0&0&1&1&0&1&1&1&1&1\\0&1&0&1&0&0&0&0&1&0\\0&0&0&1&0&0&1&0&1&0\\0&0&0&1&0&0&0&1&1&0\\0&0&0&1&0&0&0&0&1&0\\0&0&0&1&0&0&0&1&1&0\end{bmatrix}$$

本例图象为



定义 9　图象分解:若存在 n 个结构图元 $U_{Q_1},U_{Q_2},\cdots,U_{Q_n}$,$n$ 的指标集为 N,当基础图元表现为所有结构图元的并集,即

$$U_A=\bigcup_{n\in N}U_{Q_n}$$

时,对 U_A 逐个选取 $U_{Q_1},U_{Q_2},\cdots,U_{Q_n}$的变换称为图象分解。其中 U_A 称为总图(母图),各 U_{Q_n}称为分图(子图),其模型为

$$\begin{cases} U_{B_1} = U_A \cap U_{Q_1} \\ U_{B_2} = U_A \cap U_{Q_2} \\ \cdots \qquad \cdots \\ U_{B_n} = U_A \cap U_{Q_n} \end{cases} \tag{15}$$

比较(13)式与(15)式可知，图象分解是有条件的选取变换。

例 5　已知 $U_A, U_{Q_1}, U_{Q_2}, U_{Q_3}$ 的 b_s 截集分别为 $U_{Ab_s}, U_{Q_1b_s}, U_{Q_2b_s}, U_{Q_3b_s}$，求分解变换得到的图象 $U_{B_1b_s}, U_{B_2b_s}, U_{B_3b_s}$。

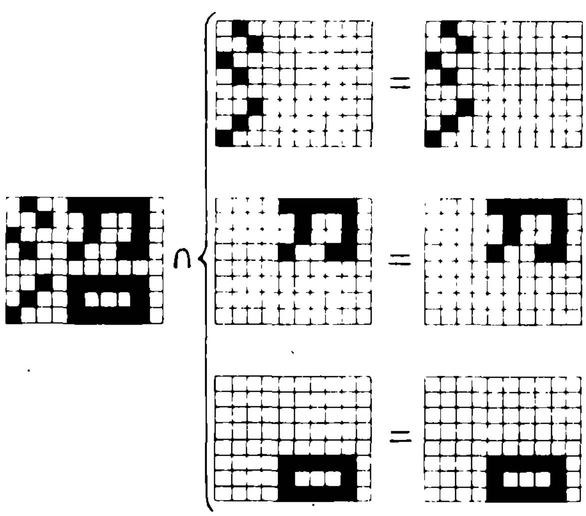
$$U_{Ab_s} = \begin{bmatrix} 0&1&0&0&1&1&1&1&1&0\\ 0&0&1&0&0&1&0&0&1&0\\ 1&0&0&0&0&1&0&0&1&0\\ 0&1&0&0&1&0&0&1&1&0\\ 0&0&0&0&0&0&0&0&0&0\\ 0&0&1&0&1&1&1&1&1&0\\ 0&1&0&0&1&0&0&0&1&0\\ 1&0&0&0&1&1&1&1&1&0 \end{bmatrix} \qquad U_{Q_1b_s} = \begin{bmatrix} 0&1&0&0&0&0&0&0&0&0\\ 0&0&1&0&0&0&0&0&0&0\\ 1&0&0&0&0&0&0&0&0&0\\ 0&1&0&0&0&0&0&0&0&0\\ 0&0&0&0&0&0&0&0&0&0\\ 0&0&1&0&0&0&0&0&0&0\\ 0&1&0&0&0&0&0&0&0&0\\ 1&0&0&0&0&0&0&0&0&0 \end{bmatrix}$$

$$U_{Q_2b_s} = \begin{bmatrix} 0&0&0&0&1&1&1&1&1&0\\ 0&0&0&0&0&1&0&0&1&0\\ 0&0&0&0&0&1&0&0&1&0\\ 0&0&0&0&1&0&0&1&1&0\\ 0&0&0&0&0&0&0&0&0&0\\ 0&0&0&0&0&0&0&0&0&0\\ 0&0&0&0&0&0&0&0&0&0\\ 0&0&0&0&0&0&0&0&0&0 \end{bmatrix} \qquad U_{Q_3b_s} = \begin{bmatrix} 0&0&0&0&0&0&0&0&0&0\\ 0&0&0&0&0&0&0&0&0&0\\ 0&0&0&0&0&0&0&0&0&0\\ 0&0&0&0&0&0&0&0&0&0\\ 0&0&0&0&0&0&0&0&0&0\\ 0&0&0&0&1&1&1&1&1&0\\ 0&0&0&0&1&0&0&0&1&0\\ 0&0&0&0&1&1&1&1&1&0 \end{bmatrix}$$

解：对 U_{Ab_s} 分别按(15)式与 $U_{Q_1b_s}, U_{Q_2b_s}, U_{Q_3b_s}$ 作交运算后，得

$$U_{B_1b_s} = U_{Q_1b_s}; \quad U_{B_2b_s} = U_{Q_2b_s}, \quad U_{B_3b_s} = U_{Q_3b_s}$$

本例的图象如下图：



定义 10　图象合成：若存在一个基础图元 U_A 和 n 个结构图元 $U_{Q_1}, U_{Q_2}, \cdots, U_{Q_n}$，$n$ 的指标集为 N，当 U_A 与各个 U_{Q_i} 通过逐个增补而得到目标图元 U_B 时，称为图象的合成。其中基础图元和

各结构图元称为分图,U_B 称为合成图,其模型为:

$$U_B = U_A \bigcup_{n\in N} U_{Q_n} \mid U_{Q_n} \notin U_A \tag{16}$$

图象合成和图象分解,互为逆变换。

比较(14)式与(16)式可知,图象合成是有条件的增补变换。

例 6:已知 U_A、U_{Q_1},U_{Q_2}的 b_i 截集为 U_{Ab_i},$U_{Q_1b_i}$,$U_{Q_2b_i}$,求合成图象 U_{Bb_i}。

$$U_{Ab_i}=\begin{bmatrix}0&1&0&0&0&0&0&0&0&0\\0&0&1&0&0&0&0&0&0&0\\1&0&0&0&0&0&0&0&0&0\\0&1&0&0&0&0&0&0&0&0\\0&0&0&0&0&0&0&0&0&0\\0&0&1&0&0&0&0&0&0&0\\0&1&0&0&0&0&0&0&0&0\\1&0&0&0&0&0&0&0&0&0\end{bmatrix}\quad U_{Q_1b_i}=\begin{bmatrix}0&0&0&0&1&1&1&1&1&0\\0&0&0&0&0&1&0&0&1&0\\0&0&0&0&0&1&0&0&1&0\\0&0&0&0&1&0&0&1&1&0\\0&0&0&0&0&0&0&0&0&0\\0&0&0&0&0&0&0&0&0&0\\0&0&0&0&0&0&0&0&0&0\\0&0&0&0&0&0&0&0&0&0\end{bmatrix}$$

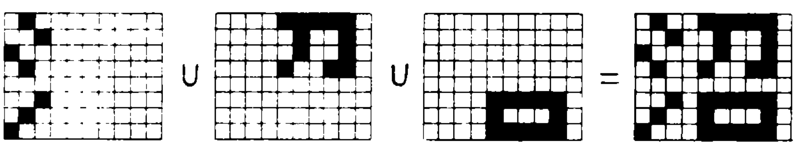
$$U_{Q_2b_i}=\begin{bmatrix}0&0&0&0&0&0&0&0&0&0\\0&0&0&0&0&0&0&0&0&0\\0&0&0&0&0&0&0&0&0&0\\0&0&0&0&0&0&0&0&0&0\\0&0&0&0&0&0&0&0&0&0\\0&0&0&0&1&1&1&1&1&0\\0&0&0&0&1&0&0&0&1&0\\0&0&0&0&1&1&1&1&1&0\end{bmatrix}$$

解:$U_{Bb_i}=U_{Ab_i}\bigcup U_{Q_1b_i}\bigcup U_{Q_2bi}$

$$=\begin{bmatrix}0\vee0\vee0&1\vee0\vee0&0\vee0\vee0&0\vee0\vee0&0\vee1\vee0&0\vee1\vee0&0\vee1\vee0&0\vee1\vee0&0\vee1\vee0&0\vee0\vee0\\0\vee0\vee0&0\vee0\vee0&1\vee0\vee0&0\vee0\vee0&0\vee0\vee0&0\vee1\vee0&0\vee0\vee0&0\vee0\vee0&0\vee1\vee0&0\vee0\vee0\\1\vee0\vee0&0\vee0\vee0&0\vee0\vee0&0\vee0\vee0&0\vee0\vee0&0\vee1\vee0&0\vee0\vee0&0\vee0\vee0&0\vee1\vee0&0\vee0\vee0\\0\vee0\vee0&1\vee0\vee0&0\vee0\vee0&0\vee0\vee0&0\vee1\vee0&0\vee0\vee0&0\vee0\vee0&0\vee1\vee0&0\vee1\vee0&0\vee0\vee0\\0\vee0\vee0&0\vee0\vee0&0\vee0\vee0&0\vee0\vee0&0\vee0\vee0&0\vee0\vee0&0\vee0\vee0&0\vee0\vee0&0\vee0\vee0&0\vee0\vee0\\0\vee0\vee0&0\vee0\vee0&1\vee0\vee0&0\vee0\vee0&0\vee0\vee1&0\vee0\vee1&0\vee0\vee1&0\vee0\vee1&0\vee0\vee1&0\vee0\vee0\\0\vee0\vee0&1\vee0\vee0&0\vee0\vee0&0\vee0\vee0&0\vee0\vee1&0\vee0\vee0&0\vee0\vee0&0\vee0\vee0&0\vee0\vee1&0\vee0\vee0\\1\vee0\vee0&0\vee0\vee0&0\vee0\vee0&0\vee0\vee0&0\vee0\vee1&0\vee0\vee1&0\vee0\vee1&0\vee0\vee1&0\vee0\vee1&0\vee0\vee0\end{bmatrix}$$

$$=\begin{bmatrix}0&1&0&0&1&1&1&1&1&0\\0&0&1&0&0&1&0&0&1&0\\1&0&0&0&0&1&0&0&1&0\\0&1&0&0&1&0&0&1&1&0\\0&0&0&0&0&0&0&0&0&0\\0&0&1&0&1&1&1&1&1&0\\0&1&0&0&1&0&0&0&1&0\\1&0&0&0&1&1&1&1&1&0\end{bmatrix}$$

本例的图象如下:



定义 11　图象反转:若点 $b_{ixy}\in U_A$,经变换后得 $b'_{ix'y'}\in U_B$,当同名点变换前后满足中轴对称关系,即

$$x' = x \qquad y' = n - y + 1$$

时，称为图象反转。上式中的 n 为矩阵的最大列序号。当 $b'_{uv}=b_{uv}$ 时，称为同象反转；当 $b'_{uv}=1-b_{uv}$ 时，称为异象反转。

地图制图中的阳象翻版、阳象制版，属于同象反转变换；而地图复照、阴象翻版、阴象制版，则属于异象反转变换。

文献[8]指出，模糊集合的并、交运算满足吸收率，即

$$U_B=(U_A\cap U_B)\cup U_B$$

若令 $U_Q=U_B$，则得图象反转变换模型

$$U_B=(U_A\cap U_Q)\cup U_Q|U_Q=U_B$$

同理，上式的反变换模型为

$$U_A=(U_B\cap U_Q)\cup U_Q|U_Q=U_A$$

在文献[9]中，作者通过圆柱投影，圆锥投影和方位投影的列矩阵式的变换，证明了上式的实用价值。

例 7：已知 U_A 与 U_Q 的 b_i 截集 U_{Ab_i}、U_{Qb_i}，求图象反转变换的图象 U_{Bb_i}。

$$U_{Ab_i}=\begin{bmatrix}0&0&0&0&0&0&0&0&0&0\\0&0&1&1&1&1&1&1&1&0\\0&0&0&0&0&1&0&0&0&0\\0&0&0&1&0&1&1&1&0&0\\0&0&0&1&0&1&0&0&0&0\\0&0&0&1&0&1&0&0&0&0\\0&0&1&1&1&1&1&1&1&0\\0&0&0&0&0&0&0&0&0&0\end{bmatrix}\qquad U_{Qb_i}=\begin{bmatrix}1&1&1&1&1&1&1&1&1&1\\1&0&0&0&0&0&0&0&1&1\\1&1&1&1&0&1&1&1&1&1\\1&1&0&0&0&1&0&1&1&1\\1&1&1&1&0&1&0&1&1&1\\1&1&1&1&0&1&0&1&1&1\\1&0&0&0&0&0&0&0&1&1\\1&1&1&1&1&1&1&1&1&1\end{bmatrix}$$

解：$U_{Bb_i}=(U_{Ab_i}\cap U_{Qb_i})\cup U_{Qb_i}$

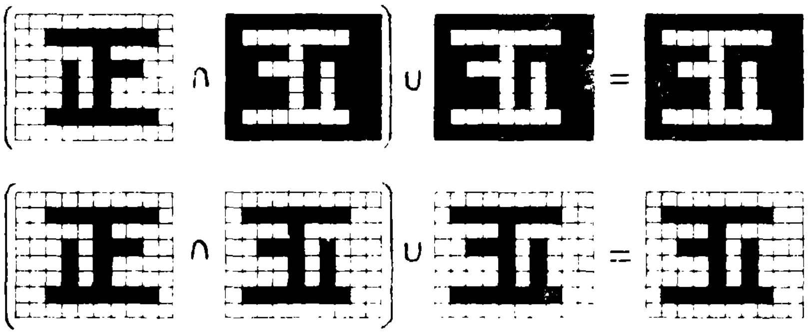
$$=\begin{bmatrix}0\wedge1&0\wedge1&0\wedge1&0\wedge1&0\wedge1&0\wedge1&0\wedge1&0\wedge1&0\wedge1&0\wedge1\\0\wedge1&0\wedge0&1\wedge0&1\wedge0&1\wedge0&1\wedge0&1\wedge0&1\wedge0&1\wedge1&0\wedge1\\0\wedge1&0\wedge1&0\wedge1&0\wedge1&0\wedge0&1\wedge1&0\wedge1&0\wedge1&0\wedge1&0\wedge1\\0\wedge1&0\wedge1&0\wedge0&1\wedge0&0\wedge0&1\wedge1&1\wedge0&1\wedge1&0\wedge1&0\wedge1\\0\wedge1&0\wedge1&0\wedge1&1\wedge1&0\wedge0&1\wedge1&0\wedge0&0\wedge1&0\wedge1&0\wedge1\\0\wedge1&0\wedge1&0\wedge1&1\wedge1&0\wedge0&1\wedge1&0\wedge0&0\wedge1&0\wedge1&0\wedge1\\0\wedge1&0\wedge0&1\wedge0&1\wedge0&1\wedge0&1\wedge0&1\wedge0&1\wedge0&1\wedge1&0\wedge1\\0\wedge1&0\wedge1&0\wedge1&0\wedge1&0\wedge1&0\wedge1&0\wedge1&0\wedge1&0\wedge1&0\wedge1\end{bmatrix}\cup\begin{bmatrix}1&1&1&1&1&1&1&1&1&1\\1&0&0&0&0&0&0&0&1&1\\1&1&1&1&0&1&1&1&1&1\\1&1&0&0&0&1&0&1&1&1\\1&1&1&1&0&1&0&1&1&1\\1&1&1&1&0&1&0&1&1&1\\1&0&0&0&0&0&0&0&1&1\\1&1&1&1&1&1&1&1&1&1\end{bmatrix}$$

$$=\begin{bmatrix}0\vee1&0\vee1&0\vee1&0\vee1&0\vee1&0\vee1&0\vee1&0\vee1&0\vee1&0\vee1\\0\vee1&0\vee0&0\vee0&0\vee0&0\vee0&0\vee0&0\vee0&0\vee0&1\vee1&0\vee1\\0\vee1&0\vee1&0\vee1&0\vee1&0\vee0&1\vee1&0\vee1&0\vee1&0\vee1&0\vee1\\0\vee1&0\vee1&0\vee0&0\vee0&0\vee0&1\vee1&0\vee0&1\vee1&0\vee1&0\vee1\\0\vee1&0\vee1&0\vee1&1\vee1&0\vee0&1\vee1&0\vee0&0\vee1&0\vee1&0\vee1\\0\vee1&0\vee1&0\vee1&1\vee1&0\vee0&1\vee1&0\vee0&0\vee1&0\vee1&0\vee1\\0\vee1&0\vee0&0\vee0&0\vee0&0\vee0&0\vee0&0\vee0&0\vee0&0\vee1&0\vee1\\0\vee1&0\vee1&0\vee1&0\vee1&0\vee1&0\vee1&0\vee1&0\vee1&0\vee1&0\vee1\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}1&1&1&1&1&1&1&1&1&1\\1&0&0&0&0&0&0&0&1&1\\1&1&1&1&0&1&1&1&1&1\\1&1&0&0&0&1&0&1&1&1\\1&1&1&1&0&1&0&1&1&1\\1&1&1&1&0&1&0&1&1&1\\1&0&0&0&0&0&0&0&1&1\\1&1&1&1&1&1&1&1&1&1\end{bmatrix}$$

图象异象反转与同象反转的图象如下图。

定义 12　图象异色：若 $U_Q=\{b_i\}\in U_A$，变换后得 $U_{Q'}=\{b'_i\}\in U_B$，当且仅当 $b_i\neq b'_i$ 时，称为图象异色。当 $U_Q\in B_i$　$(i\neq0)$ 称为线划异色，U_Q 称为异色要素；$U_Q\in B_0$　$(i=0)$ 称为面状域异色，U_Q 称为异色域。

上述两种情况下，当 b_i 与 b'_i 满足(18)式时，即 $b'_i=1-b_i$ 时，称为异象变换。可见异象变换



是有条件的异色变换。刻图、撕膜过程,均属异象变换,这过程异象而不反转。地图清绘,做主色版分色样,皆为线划异色变换;做加色版分色样属于面状域异色变换。

依 b_i 与 b_i' 值大小的不同,异色变换有两种模型:

$U_B=U_A\bigcup U_Q\,|\,b_i\leqslant b_i'$ 或 $U_B=U_A\bigcap U_Q\,|\,b_i\geqslant b_i'$

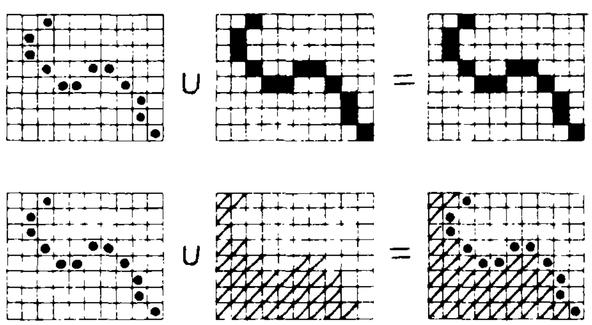
例 8:已知 $\{b_i\}\in U_A$,$\{b_i'=1\}\in U_Q$,求变换后的图元 U_B。

$$U_A=\begin{bmatrix}0&0&b_i&0&0&0&0&0&0&0\\0&b_i&0&0&0&0&0&0&0&0\\0&b_i&0&0&0&0&0&0&0&0\\0&0&b_i&0&0&b_i&b_i&0&0&0\\0&0&0&b_i&b_i&0&0&b_i&0&0\\0&0&0&0&0&0&0&0&b_i&0\\0&0&0&0&0&0&0&0&b_i&0\\0&0&0&0&0&0&0&0&0&b_i\end{bmatrix}\quad U_Q=\begin{bmatrix}0&0&1&0&0&0&0&0&0&0\\0&1&0&0&0&0&0&0&0&0\\0&1&0&0&0&0&0&0&0&0\\0&0&1&0&0&1&1&0&0&0\\0&0&0&1&1&0&0&1&0&0\\0&0&0&0&0&0&0&0&1&0\\0&0&0&0&0&0&0&0&1&0\\0&0&0&0&0&0&0&0&0&1\end{bmatrix}$$

解:$U_B=U_A\bigcup U_Q$

$$=\begin{bmatrix}0\vee0&0\vee0&b_i\vee1&0\vee0&0\vee0&0\vee0&0\vee0&0\vee0&0\vee0&0\vee0\\0\vee0&b_i\vee1&0\vee0&0\vee0&0\vee0&0\vee0&0\vee0&0\vee0&0\vee0&0\vee0\\0\vee0&b_i\vee1&0\vee0&0\vee0&0\vee0&0\vee0&0\vee0&0\vee0&0\vee0&0\vee0\\0\vee0&0\vee0&b_i\vee1&0\vee0&0\vee0&b_i\vee1&b_i\vee1&0\vee0&0\vee0&0\vee0\\0\vee0&0\vee0&0\vee0&b_i\vee1&b_i\vee1&0\vee0&0\vee0&b_i\vee1&0\vee0&0\vee0\\0\vee0&0\vee0&0\vee0&0\vee0&0\vee0&0\vee0&0\vee0&0\vee0&b_i\vee1&0\vee0\\0\vee0&0\vee0&0\vee0&0\vee0&0\vee0&0\vee0&0\vee0&0\vee0&b_i\vee1&0\vee0\\0\vee0&0\vee0&0\vee0&0\vee0&0\vee0&0\vee0&0\vee0&0\vee0&0\vee0&b_i\vee1\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}0&0&1&0&0&0&0&0&0&0\\0&1&0&0&0&0&0&0&0&0\\0&1&0&0&0&0&0&0&0&0\\0&0&1&0&0&1&1&0&0&0\\0&0&0&1&1&0&0&1&0&0\\0&0&0&0&0&0&0&0&1&0\\0&0&0&0&0&0&0&0&1&0\\0&0&0&0&0&0&0&0&0&1\end{bmatrix}$$

本例图象及面状域异色图象如下图:



定义 12　图象缩放:若线段 $l\in U_A$,变换后得 $l'\in U_B$,以 l' 与 l 之比,称为图象的缩放率。

令 $l'/l=k$,k 值的大小决定着图象的缩放。当 $k>1$ 时,称为放大变换;$k=1$ 时,称为等大变换;$k<1$ 时,称为缩小变换。

缩放变换一般伴随着图象反转、图象异色等变换进行，因此，其变换方式也以其依托的主要变换方式来实现。

3 结束语

地图编制是地图作者根据制图目的和任务，应用制图综合理论，进行创新的过程。编绘原图产生后，又需通过各种技术手段，进行一系列的图象变换，复制成可供人们使用的地图。在传统的地图学教科书中，关于综合取舍、图象反转、图象的阴阳变换等概念，一般为文字描述。本文提出了地图模糊矩阵模型，以反映地图内容实质的第二特征值 b 作为矩阵的元素，在定义基础图元，结构图元和目标图元的基础上，通过矩阵运算，对地图制图中的制图综合、图象合成和分解、图象反转和异色等基本概念，给出了数学定义，从而使这类文字描述型概念，获得了精密的数学形式。文章还通过应用实例和经验事实的比较，说明这些数学化概念，具有理论价值和实用意义。

参考文献

1 胡毓钜，钟业勋. 比较地图学在中国的研究与进展. 地图，1991(3)：10～14
2 钟业勋，胡毓钜. 地图的集合模型(表达式)及比较应用初探. 武汉测绘科技大学学报，1990(1)：58～65
3 钟业勋，胡毓钜，聂鸿猷. 地图要素的定量表示与地图笛卡尔积模型的探讨. 地图，1993(1)：19～25
4 周昌忠著. 科学思维学. 上海人民出版社，1988.
5 罗宾逊 A·H 等著. 地图学原理. 第五版. 李道义等译. 北京：测绘出版社，1989. 3～5
6 钟业勋，吴忠性，冯可君. 地图色彩的度量研究. 见：中国测绘学会地图制图专业委员会主编. 第四届全国地图学学术讨论会论文集，1991.
7 Andrzej Czerny. 地图——同构模型还是同态模型. 胡孝沁译. 武测译文，1990(2)：1～5
8 罗承忠. 模糊集引论：上册. 北京师范大学出版社，1989. 21～22
9 钟业勋，胡毓钜. 圆柱投影、圆锥投影和方位投影的统一数学模型及应用比较研究. 地图，1992(1)：1～6

A Study on the Cartographic Fuzzy Matrix Model and Mathematical Expressions of Cartographic Terms

Zhong Yexun[①] *Hu Yuju*[②]
(①Guangxi Regional Bureau of Surviying and Mapping ,Jianzheng Road 5,Nanning,China,530023)
(②Dept. of cartography,WTUSM,Luoyu Road 39,Wuhan,China,430070)

Abstract On the basis of the research of the cartographic models made by the authors in some years ago,this paper further studies the establishment of cartographic fuzzy matrix to made the concepts in cartography ,e.g. ,selection,deletion,mapping generalization and image transformation,into more precise mathematical expressions.

Key words cartographic model;cartographic fuxxy matric;mathematical expressions