

# 基于关联分析的气象云图识别问题研究

刘保相, 孟肖丽

(河北联合大学 理学院, 河北 唐山 063009)

**摘要:**气象云图识别中的一项很重要的工作是示踪云选取及追踪。提出了关联分析的识别方法,旨在提高示踪云识别。针对云块的属性及属性评估值进行示踪云选取;将选取的示踪云作为对象集,云块特征作为属性集,不同时刻示踪云关于属性的关系作为二元关系来建立概念格,借助概念格节点的内涵个数及外延属性的相似度进行示踪云追踪。实验结果表明,此选取方法得到的示踪云特征明显,有利于示踪云的追踪。

**关键词:**云图;评估值模型;概念格;格节点;关联分析

**中图分类号:** TP18    **文献标志码:** A    **文章编号:** 1673-4785(2014)05-0595-07

中文引用格式:刘保相,孟肖丽. 基于关联分析的气象云图识别问题研究[J]. 智能系统学报, 2014, 9(5): 595-601.

英文引用格式:LIU Baoxiang, MENG Xiaoli. The study on nephogram recognition based on relational analysis[J]. CAAI Transactions on Intelligent Systems, 2014, 9(5): 595-601.

## The study on nephogram recognition based on relational analysis

LIU Baoxiang, MENG Xiaoli

(College of Science, Hebei United University, Tangshan 063009, China)

**Abstract:** Important steps in nephogram recognition are selection and tracking of the target clouds. A new scheme of relational analysis is developed to improve tracking of tracers. The tracers are selected based on the clouds' attribute and attribute evaluation value. A concept lattice can be established. However, if the selected tracers are considered as object set, then characteristics of clouds as attribute sets, and the relationship among the same attributes of different tracers at different moments as the binary relation are efficient. So, tracers can be tracked according to the number of the intension of concept lattice nodes and the similarity of extension. The results showed that the characteristics of tracers based on the selection method are useful for tracking tracers based on relational analysis.

**Keywords:** nephogram; evaluation value model; concept lattice; lattice nodes; relational analysis

概念格是 Wille R. 教授与 1982 年提出的进行数据分析的一种有力工具,其上的每个节点是由内涵和外延构成的一个形式概念。形式背景生成概念格的过程实质上是概念聚类的过程,并通过 Hasse 图生动地体现了概念之间的泛化和特化关系。概念格是一种具有完备性和精确性特点的数据分析工具。

早期 Fujita 利用电影动画胶片人为判断云团的移动<sup>[1]</sup>; Endlish 和 Hall 等所研制的 SATS(automatic tracting system, SRI)通过提取云团的特征量,用模式匹配技术追踪云团<sup>[2-3]</sup>。进入 20 世纪 80 年代之后,国外在云团追踪方面以多颗卫星、多通道追踪方法的研究为主,国内在雷达回波图像追踪方面的研究比较多,赵青云、汤达章等对相关系数、相关综合亮温系数、矩阵特征量以及 R-形状描绘子在雷达强回波追踪上的应用做了研究<sup>[4-5]</sup>;白洁等利用 GMS 红外云图对强对流云团进行识别与追踪<sup>[6]</sup>;蔡叔

收稿日期:2013-06-30.

基金项目:国家自然科学基金资助项目(61170317),河北省自然科学基金资助项目(A2011209046).

通信作者:孟肖丽.mxlheut@163.com.

梅、阮征和陈钟荣通过建立自适应亮温阈值的云团识别方法,获得云团的发生、发展和消亡的完整生命过程<sup>[7]</sup>;兰红平等利用模式识别技术进行云团边界识别、拓扑处理,建立了云团生命时序与族谱关系<sup>[8]</sup>。云迹风为大气分析和数值预报模式提供大量有用资料,可用于观测大气环流情况,并在中尺度系统分析中起着重要作用。国外学者 Le Marshall<sup>[9]</sup>及国内学者王栋梁<sup>[10]</sup>、张守峰<sup>[11]</sup>、刘正光<sup>[12]</sup>先后提出云迹风资料使台风路径、降水及中心定位等方面的预测更准确;周兵<sup>[13]</sup>、许健民<sup>[14-15]</sup>通过对云迹风资料的同化试验及其他方法,得出云迹风资料对暴雨的分析具有指示作用。

云迹风是指用连续几幅静止气象卫星图像追踪图像上示踪云的位移,计算时通常将云块大小限定为  $16 \times 16$  个像素,搜索范围限定为  $64 \times 64$  个像素。云迹风的生成需要以下几个步骤:示踪云选取、示踪云追踪、示踪云高度指定和质量控制,前两项工作是计算云迹风的重要前提工作,也是本文研究的主要内容。

## 1 云团的数学刻画

由于像素块匹配所选用的窗口大小为  $16 \times 16$  个像素,搜索范围限定为  $64 \times 64$  个像素。在搜索范围内,所选用的窗口向任何一个方向移动 1 像素,都会成为新的限定像素块。如图 1 所示,原像素块向右、下方各移动一像素时,即产生一新的像素块。利用分步计算原理可知,限定的搜索范围有  $(64 - 16 + 1)^2 = 49^2$  个不同的限定像素块。

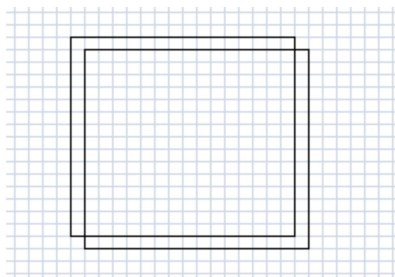


图 1 像素块的生成

Fig.1 The generation of pixel block

为了研究的方便,本文限定研究的云块大小为  $16 \times 16$  个像素,即等同于像素块匹配所选用的窗口大小。由此可知,这里研究的云块是通过大小确定的,与实际拥有的云量、云状等无关;云块位置与像素块匹配所选用的窗口的位置是一一对应的;限定的搜索范围内有  $(64 - 16 + 1)^2 = 49^2$  个云块。

用集合  $A$  表示  $T_1$  时刻对应的  $49^2$  个不同像素块,则  $A = \{a_{11}, a_{12}, \dots, a_{nn}\}$  (其中  $n = 49$ ),元素  $a_{ij}$  ( $i, j = 1, 2, \dots, 49$ ) 为  $16 \times 16$  像素的灰度矩阵,且  $a_{ij}$  在窗口中的位置如下所示:

$$\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & a_{nn} \end{bmatrix}$$

式中:  $n = 49$ 。同样地,集合  $B = \{b_{11}, b_{12}, \dots, b_{nn}\}$  表示  $T_2$  时刻对应的  $49^2$  个不同像素块,元素  $b_{ij}$  ( $i, j = 1, 2, \dots, 49$ ) 为  $16 \times 16$  像素的灰度矩阵,  $b_{ij}$  在窗口的对应位置为

$$\begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} & \cdots & b_{1n} \\ b_{21} & b_{22} & \cdots & b_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ b_{n1} & b_{n2} & \cdots & b_{nn} \end{bmatrix}$$

其中  $n = 49$ 。式中:元素下标标示云块对应的地理位置,  $a_{ij}$ 、 $b_{ij}$  处于搜索范围相同的位置。

## 2 示踪云选取

### 2.1 云块属性确定

为了鉴定是否为同一云块,从云块的属性着手,即判断云块的类型(高云、低云、中云和薄卷云)、灰度和云图纹理,并采用概念格方法对相同云块进行判定。云块的属性集  $V = \{v_1, v_2, v_3, v_4, v_5, v_6\}$ ,其中  $v_1$  表示高云、 $v_2$  表示低云、 $v_3$  表示中云、 $v_4$  表示薄卷云、 $v_5$  表示灰度和  $v_6$  表示云图纹理。

### 2.2 云块的属性集

利用评估值模型,将  $T_1$  时刻的云块集作为评估对象;  $V = \{v_1, v_2, \dots, v_6\}$  为评估属性集;  $A_{ij}$  为评估对象与评估属性间的关系集,其中  $f_i(a_{ij})$  为评估对象  $a_{ij}$  关于评估属性  $v_i$  的测定值。

若对象具有高云、低云、中云和薄卷云中的某个属性,则对应的矩阵元素取“1”,否则为“0”;云块平均灰度取值范围为:0~1 023,共 1 024 个整数等级,为了降低计算复杂度,将其分为 4 个级别:0[0~255]、1[256~511]、2[512~767]、3[768~1023];纹理是云块表面反复出现的局部模式及排列规则,对追踪云迹风具有很重要的作用,采用 Christodoulou 等提取的 55 种纹理特征<sup>[16]</sup>,对云块的纹理特征依次进行赋值为 1、2、...、55。 $T_1$  时刻的云块属性评估值矩阵  $R$  为

$$R = \begin{bmatrix} f_1(a_{11}) & f_2(a_{11}) & f_3(a_{11}) & f_4(a_{11}) & f_5(a_{11}) & f_6(a_{11}) \\ f_1(a_{12}) & f_2(a_{12}) & f_3(a_{12}) & f_4(a_{12}) & f_5(a_{12}) & f_6(a_{12}) \\ f_1(a_{13}) & f_2(a_{13}) & f_3(a_{13}) & f_4(a_{13}) & f_5(a_{13}) & f_6(a_{13}) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ f_1(a_{1n}) & f_2(a_{1n}) & f_3(a_{1n}) & f_4(a_{1n}) & f_5(a_{1n}) & f_6(a_{1n}) \\ f_1(a_{21}) & f_2(a_{21}) & f_3(a_{21}) & f_4(a_{21}) & f_5(a_{21}) & f_6(a_{21}) \\ f_1(a_{22}) & f_2(a_{22}) & f_3(a_{22}) & f_4(a_{22}) & f_5(a_{22}) & f_6(a_{22}) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ f_1(a_{nn}) & f_2(a_{nn}) & f_3(a_{nn}) & f_4(a_{nn}) & f_5(a_{nn}) & f_6(a_{nn}) \end{bmatrix}$$

式中： $n = 49$ , 矩阵  $R$  的每行表示一个对象的 6 个属性测定值, 每列表示一个属性下的  $49^2$  个对象的属性测定值。

同样的方法, 可得到  $T_2$  时刻评估对象的评估值矩阵  $R'$  :

$$R' = \begin{bmatrix} f_1(b_{11}) & f_2(b_{11}) & f_3(b_{11}) & f_4(b_{11}) & f_5(b_{11}) & f_6(b_{11}) \\ f_1(b_{12}) & f_2(b_{12}) & f_3(b_{12}) & f_4(b_{12}) & f_5(b_{12}) & f_6(b_{12}) \\ f_1(b_{13}) & f_2(b_{13}) & f_3(b_{13}) & f_4(b_{13}) & f_5(b_{13}) & f_6(b_{13}) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ f_1(b_{1n}) & f_2(b_{1n}) & f_3(b_{1n}) & f_4(b_{1n}) & f_5(b_{1n}) & f_6(b_{1n}) \\ f_1(b_{21}) & f_2(b_{21}) & f_3(b_{21}) & f_4(b_{21}) & f_5(b_{21}) & f_6(b_{21}) \\ f_1(b_{22}) & f_2(b_{22}) & f_3(b_{22}) & f_4(b_{22}) & f_5(b_{22}) & f_6(b_{22}) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ f_1(b_{nn}) & f_2(b_{nn}) & f_3(b_{nn}) & f_4(b_{nn}) & f_5(b_{nn}) & f_6(b_{nn}) \end{bmatrix}$$

式中： $n = 49$ 。

2.3 示踪云选取

在静止气象卫星图像上选择变化缓慢、随风移动的云, 即为选取的示踪云。随着欧氏距离和交叉相关系数的发展, Hayden 和 Merrill 利用最小灰度、最大灰度、最大最小灰度差及最小梯度标准选取示踪云<sup>[17]</sup>; 白洁和杨文凯等通过梯度分析的方法使反演风的位置得到优化, 再经过积雨云检测盒灰度分布均匀程度检验, 剔除不适合用来反演的目标物, 进而对示踪云进行选取<sup>[18]</sup>。然而这些选取方法得到的示踪云的特征不太明显, 计算得到的云迹风的质量有待提高。

文中云块的选取只是通过选用窗口大小确定, 而与实际的云量、云状等无关, 这样选取的云块可能是无云区, 所以选取的云块是不能直接作为示踪云的。示踪云含有云量, 具有高云、中云、低云或薄卷云的属性, 呈现一定的灰度和纹理特征, 所以判断云块  $a_{ij}$  是否可以作为示踪云, 则要检验云块是否具有这些属性特征。由于云块具有 6 个属性中的 3 个特征时, 其灰度分布的表面起伏特征较为明显, 满足示踪云的特性, 则界定示踪云的标准为: 若云块的属性

评估值至少 3 项不为 0 时, 此云块则为示踪云。分别得到两时刻的示踪云集合  $Y = \{a_1, a_2, \dots, a_i\}$  和  $Y' = \{b_1, b_2, \dots, b_j\}$  (其中  $i, j \leq n^2$ )。

3 概念格的示踪云识别

对象集  $U$  为  $T_1$ 、 $T_2$  两时刻的示踪云集合  $Y = \{a_1, a_2, \dots, a_i\}$  和  $Y' = \{b_1, b_2, \dots, b_j\}$ , 每块示踪云  $a_i \in Y$  (或  $b_j \in Y'$ ) 为一个对象; 属性集为  $V = \{v_1, v_2, \dots, v_6\}$ , 其中属性  $v_1$  表示高云、属性  $v_2$  表示低云、属性  $v_3$  表示中云、属性  $v_4$  表示薄卷云、属性  $v_5$  表示灰度及属性  $v_6$  表示云图纹理;  $R$  为  $T_1$ 、 $T_2$  时刻的示踪云关于  $V = \{v_1, v_2, \dots, v_6\}$  的二元关系,  $R \subseteq (Y, Y') \times V$ 。若  $((a_i, b_j), v) \in R$ , 则说明  $T_1$  时刻的云块  $a_i$  或  $T_2$  时刻的云块  $b_j$  具有属性  $v$ , 记为  $(a_i, b_j)Rv$ , 并规定

$$a_iRv = \begin{cases} 1, & f(a_i) > 0 \\ 0, & \text{其他} \end{cases} \tag{1}$$

$(U, V, R)$  构成形式背景 (如表 1)。形式背景的全体概念  $L(U, V, R)$  存在偏序关系, 则  $L(U, V, R)$  是  $(U, V, R)$  的概念格。

表 1 形式背景  
Table 1 Formal context

	$v_1$	$v_2$	$v_3$	$v_4$	$v_5$	$v_6$
$a_1$	$a_1$	$a_1$	$a_1$	$a_1$	$a_1$	$a_1$
	$Rv_1$	$Rv_2$	$Rv_3$	$Rv_4$	$Rv_5$	$Rv_6$
$a_2$	$a_2$	$a_2$	$a_2$	$a_2$	$a_2$	$a_2$
	$Rv_1$	$Rv_2$	$Rv_3$	$Rv_4$	$Rv_5$	$Rv_6$
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
$a_i$	$a_i$	$a_i$	$a_i$	$a_i$	$a_i$	$a_i$
	$Rv_1$	$Rv_2$	$Rv_3$	$Rv_4$	$Rv_5$	$Rv_6$
$b_1$	$b_1$	$b_1$	$b_1$	$b_1$	$b_1$	$b_1$
	$Rv_1$	$Rv_2$	$Rv_3$	$Rv_4$	$Rv_5$	$Rv_6$
$b_2$	$b_2$	$b_2$	$b_2$	$b_2$	$b_2$	$b_2$
	$Rv_1$	$Rv_2$	$Rv_3$	$Rv_4$	$Rv_5$	$Rv_6$
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
$b_j$	$b_j$	$b_j$	$b_j$	$b_j$	$b_j$	$b_j$
	$Rv_1$	$Rv_2$	$Rv_3$	$Rv_4$	$Rv_5$	$Rv_6$

结合表 1 的形式背景,得到其形式概念,并生成 Hasse 图。在每个概念格的节点处识别同一块示踪云,并且识别规则为:不同时刻的示踪云相互识别,即  $T_1$  时刻的示踪云  $a_i$  与  $T_2$  时刻的示踪云  $b_j$  相互识别;示踪云  $a_i$ 、 $b_j$  共同拥有的内涵越多,为同一示踪云的概率越大。根据实际情况可规定,当示踪云共同具有的内涵个数多于  $n$  时,才能做出其为同一示踪云的初步判断;示踪云会受到外界环境的影响,其云型、云状、高度、灰度及纹理等特征都不断地发生变化,那么同一块示踪云在不同时刻对应的属性值往往是不同的。在步骤(2)的基础上,判断不同时刻同一示踪云的对应属性下的相似度  $\mu_k$  ( $k = 1, 2,$

$\cdots, 6$ ),当  $\mu_k$  大于相同示踪云的界定值  $\lambda$ ,并且总体的平均属性相似度  $\bar{\mu}$  最大者为不同时刻的同一示踪云。

$$\mu_k = \begin{cases} 1, & \frac{\min(f(a_i), f(b_j))}{\max(f(a_i), f(b_j))} > \lambda \\ 0, & \frac{\min(f(a_i), f(b_j))}{\max(f(a_i), f(b_j))} \leq \lambda \end{cases} \quad (2)$$

式中:  $k = 1, 2, \cdots, 6$ 。

$$\bar{\mu} = \frac{\mu_1 + \mu_2 + \mu_3 + \mu_4 + \mu_5 + \mu_6}{6} \quad (3)$$

4 实验结果与分析

只研究搜索范围内有的 36 个云块窗口,  $T_1$  时刻的云块分别为  $A_{11}$ 、 $A_{12}$ 、 $\cdots$ 、 $A_{16}$ 、 $A_{21}$ 、 $A_{21}$ 、 $\cdots$ 、 $A_{66}$ ;  $T_2$  时刻的云块为  $B_{11}$ 、 $B_{12}$ 、 $\cdots$ 、 $\cdots$ 、 $B_{66}$ 。云块  $A_{ij}$  与云块  $B_{ij}$  处于相同的搜索位置,  $T_1$  时刻的云块在搜索范围的位置如下图 2 所示。

$A_{11}$	$A_{12}$	$A_{13}$	$A_{14}$	$A_{15}$	$A_{16}$
$A_{21}$	$A_{22}$	$A_{23}$	$A_{24}$	$A_{25}$	$A_{26}$
$A_{31}$	$A_{32}$	$A_{33}$	$A_{34}$	$A_{35}$	$A_{36}$
$A_{41}$	$A_{42}$	$A_{43}$	$A_{44}$	$A_{45}$	$A_{46}$
$A_{51}$	$A_{52}$	$A_{53}$	$A_{54}$	$A_{55}$	$A_{56}$
$A_{61}$	$A_{62}$	$A_{63}$	$A_{64}$	$A_{65}$	$A_{66}$

图 2 云块在搜索范围的位置

Fig.2 The position of cloud in search scope

每个云块对应的属性评估值如表 2 所示,判断搜索范围内是否有示踪云及  $T_1$  时刻的示踪云在  $T_2$  时刻的位置,相同界定值  $\lambda = 0.9$ 。

表 2 云块的属性评估值  
Table 2 Attribute evaluation value

	$v_1$	$v_2$	$v_3$	$v_4$	$v_5$	$v_6$		$v_1$	$v_2$	$v_3$	$v_4$	$v_5$	$v_6$
$A_{11}$	0	0	0	0	2	1	$B_{11}$	0	0	0	0	0	0
$A_{12}$	1	0	0	0	2	0	$B_{12}$	1	0	0	0	1	0
$A_{13}$	0	0	0	0	1	0	$B_{13}$	1	0	0	0	2	0
$A_{14}$	0	1	0	0	2	0	$B_{14}$	0	0	0	0	0	0
$A_{15}$	0	0	1	0	0	3	$B_{15}$	0	0	0	0	1	0
$A_{16}$	0	0	0	1	0	0	$B_{16}$	0	0	0	0	1	2
$A_{21}$	1	0	0	0	1	0	$B_{21}$	0	0	0	0	1	0
$A_{22}$	1	0	0	0	2	53	$B_{22}$	1	0	0	0	2	0
$A_{23}$	1	0	0	0	2	0	$B_{23}$	1	0	0	0	1	0
$A_{24}$	0	1	0	0	1	0	$B_{24}$	0	0	0	0	0	0
$A_{25}$	0	0	0	0	2	0	$B_{25}$	0	0	0	0	0	0
$A_{26}$	0	0	0	1	1	0	$B_{26}$	0	0	0	1	1	0
$A_{31}$	0	0	0	1	1	0	$B_{31}$	0	0	1	0	3	0

续表 2

	$v_1$	$v_2$	$v_3$	$v_4$	$v_5$	$v_6$		$v_1$	$v_2$	$v_3$	$v_4$	$v_5$	$v_6$
$A_{32}$	1	0	0	0	2	0	$B_{32}$	1	0	0	0	1	0
$A_{33}$	0	1	0	0	1	0	$B_{33}$	1	0	0	0	2	51
$A_{34}$	0	1	0	0	3	2	$B_{34}$	1	0	0	0	2	0
$A_{35}$	0	1	0	0	2	0	$B_{35}$	1	0	0	0	1	0
$A_{36}$	0	1	0	0	2	0	$B_{36}$	0	0	0	0	0	0
$A_{41}$	1	0	0	0	1	0	$B_{41}$	0	0	1	1	3	1
$A_{42}$	1	0	0	0	2	20	$B_{42}$	0	1	0	0	2	0
$A_{43}$	1	0	0	0	0	18	$B_{43}$	0	1	0	0	1	0
$A_{44}$	0	1	0	0	2	0	$B_{44}$	0	0	0	0	0	0
$A_{45}$	1	0	0	0	3	0	$B_{45}$	0	0	0	0	0	0
$A_{46}$	0	0	0	0	0	0	$B_{46}$	0	1	0	0	1	0
$A_{51}$	0	0	0	0	0	0	$B_{51}$	0	1	0	0	1	0
$A_{52}$	1	0	0	0	1	0	$B_{52}$	0	1	0	0	3	2
$A_{53}$	0	0	0	0	0	0	$B_{53}$	0	1	0	0	3	52
$A_{54}$	0	0	0	0	0	0	$B_{54}$	0	1	0	0	3	0
$A_{55}$	0	0	0	0	0	0	$B_{55}$	0	0	0	1	2	0
$A_{56}$	0	1	0	0	2	0	$B_{56}$	0	0	0	0	0	0
$A_{61}$	0	0	0	0	0	0	$B_{61}$	0	1	0	0	1	0
$A_{62}$	0	0	0	0	0	0	$B_{62}$	0	0	0	0	2	0
$A_{63}$	0	0	1	0	2	0	$B_{63}$	0	1	0	0	1	0
$A_{64}$	0	0	0	0	1	4	$B_{64}$	1	0	0	0	1	0
$A_{65}$	0	0	0	0	2	3	$B_{65}$	0	0	0	0	0	0
$A_{66}$	0	0	0	0	2	4	$B_{66}$	0	0	0	0	0	0

满足属性评估值至少 3 项不为 0 的云块为示踪云,结合表 2 判别为示踪云的云块为  $A_{22}$ 、 $A_{34}$ 、 $A_{42}$ 、 $B_{33}$ 、 $B_{41}$ 、 $B_{52}$  和  $B_{53}$ 。利用式(1)对示踪云的属性评估值进行计算得到对应的形式背景,如表 3 所列。

表 3 形式背景

	$v_1$	$v_2$	$v_3$	$v_4$	$v_5$	$v_6$
$A_{22}$	1	0	0	0	1	1
$A_{34}$	0	1	0	0	1	1
$A_{42}$	1	0	0	0	1	1
$B_{33}$	1	0	0	0	1	1
$B_{41}$	0	0	1	1	1	1
$B_{52}$	0	1	0	0	1	1
$B_{53}$	0	1	0	0	1	1

对应的形式背景形成的形式概念如表 4 所示。

表 4 形式概念格

概念名称	外延	内涵
$c_0$	$\varphi$	$v_1v_2v_3v_4v_5v_6$
$c_1$	$A_{22}A_{42}B_{33}$	$v_1v_5v_6$
$c_2$	$A_{34}B_{52}B_{53}$	$v_2v_5v_6$
$c_3$	$B_{41}$	$v_3v_4v_5v_6$
$c_4$	$A_{22}A_{34}A_{42}B_{33}B_{41}B_{52}B_{53}$	$\varphi$

构建的概念格如图 3 所示。

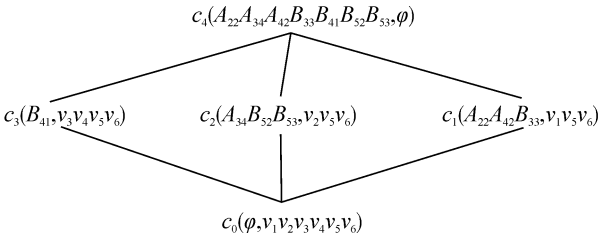


图 3 概念格

Fig.3 Concept lattice

对于节点  $c_1$ ,  $T_1$  时刻的示踪云  $A_{42}$  与  $T_2$  时刻的示踪云  $B_{33}$  前 4 个对应属性评估值相等,则有  $\mu_k = 1$  ( $k = 1, 2, 3, 4$ );利用式(2)得  $\mu_5 = \frac{\min(2, 4)}{\max(2, 4)} = 0.5$   $< \lambda$ ,说明  $T_1$  时刻的示踪云  $A_{42}$  不会飘到  $T_2$  时刻云块  $B_{33}$  的位置。 $T_1$  时刻的示踪云  $A_{22}$  与  $T_2$  时刻的示踪云  $B_{33}$  的前 5 个属性评估值相同,即属性相似度  $\mu_k = 1$  ( $k = 1, 2, 3, 4, 5$ );利用式(2)得到两块示踪云对属性  $v_6$  的相似度  $\mu_6 = \frac{\min(53, 51)}{\max(53, 51)} > 0.96 > \lambda$ ,说明  $T_1$  时刻的示踪云  $A_{22}$  在  $T_2$  时刻漂移到了云块  $B_{33}$  的位置。



对于节点  $c_2$ , 示踪云  $A_{34}$  与  $B_{53}$  的前 5 个属性的对应属性评估值相等, 而属性  $v_6$  的相似度  $\mu_6 = \frac{\min(2, 52)}{\max(2, 52)} \approx 0.38 < \lambda$ , 说明示踪云  $A_{34}$  在  $T_2$  时刻不会飘到云块  $B_{53}$  的位置。  $T_1$  时刻的示踪云  $A_{34}$  与  $T_2$  时刻的示踪云  $B_{52}$  的对应属性评估值相等, 则有  $\mu_k = 1$  ( $k = 1, 2, 3, 4, 5, 6$ ), 说明  $T_1$  时刻的示踪云  $A_{34}$  在  $T_2$  时刻飘到了云块  $B_{52}$  的位置。

对于节点  $c_3$ , 只有  $T_2$  时刻的示踪云  $B_{41}$ , 说明此云块可能是从其他区域飘过来, 或者是在  $T_1$  到  $T_2$  时刻这段时间内新生成的。

## 5 结束语

对示踪云选取、追踪构建一种关联分析的识别模型, 通过像素块匹配大小对云块进行定义; 针对云块的属性及属性评估值选取示踪云; 将选取的示踪云作为对象集, 云块特征作为属性集, 不同时刻示踪云间关于对应属性的关系作为二元关系以建立概念格; 由于概念格具有完备性和精确性的特点, 针对生成的概念节点的内涵个数、外延对应属性相似度进行示踪云追踪。

由于示踪云是复杂天气现象的一部分, 会经常出现不同高度或者不同类型的云混杂在一起, 对此情况下的示踪云追踪需要做进一步的研究。

## 参考文献:

- [1] FUJITA T, BRADBNRY D L, MURINO C, et al. A study of mesoscale cloud motions computed from ATS-I and terrestrial photographs[D]. Chicago: University of Chicago, 1968: 25-30.
- [2] ENGLISH R M, WOLF D E, HALL D J, et al. Use of a pattern recognition technique for determining cloud motions from sequences of satellite photographs[J]. J Appl Meteor, 1971, 10: 105-117.
- [3] HALL D J, ENGLISH R M, WOLF D E, et al. Experiments in automatic cloud tracking using SMSGOES data[J]. J Appl Meteor, 1977, 16: 1219-1230.
- [4] 赵清云, 汤达章. 雷达跟踪回波运动方法的研究(II)——相关亮度综合分析法及其数值试验[J]. 南京气象学院学报, 1988, 11(2): 197-207.
- ZHAO Qingyun, TANG Dazhang. Method study for tracking radar echoes(II) correlation-brightness and its numerical simulation[J]. Journal of Nanjing Institute of Meteorology,

- 1988, 11(2): 197-207.
- [5] 汤达章, 周咏梅, 胡明宝. 雷达回波跟踪的两种方法及精度比较[J]. 应用气象学报, 1994, 1(3): 304-311.
- TANG Dazhang, ZHOU Yongmei, HU Mingbao. Two radar echo tracking methods and comparison between their accuracies[J]. Quarterly Journal of Applied Meteorology, 1994, 1(3): 304-311.
- [6] 白洁, 王洪庆, 陶祖钰. GMS 卫星红外图强对流云团的识别与追踪[J]. 热带气象学报, 1997, 13(2): 158-167.
- BAI Jie, WANG Hongqing, TAO Zuyu. Recognition and tracing of severe convective cloud from IR images of GMS[J]. Journal of Tropical Meteorology, 1997, 13(2): 158-167.
- [7] 蔡叔梅, 阮征, 陈钟荣. 基于自适应阈值的云团识别与追踪方法及个案试验[J]. 气象科技, 2011, 39(3): 332-338.
- CAI Shumei, RUAN Zheng, CHEN Zhongrong. Method for identifying and tracking cloud clusters based on adaptive threshold temperature and a case study[J]. Meteorological Science and Technology, 2011, 39(3): 332-338.
- [8] 兰红平, 孙向明, 梁碧玲, 等. 雷暴云团自动识别和边界相关追踪技术研究[J]. 气象, 2009, 35(7): 101-111.
- LAN Hongping, SUN Xiangming, LIANG Biling, et al. An automatic tracking and recognition algorithm for thunderstorm cloud-cluster[J]. Meteorological monthly, 2009, 35(7): 101-111.
- [9] LE M J F, LESLIELM, SPINOSO C. The generation and assimilation of cloud-drift winds in numerical weather prediction[J]. Journal of Meteorological Society of Japan, 1997, 75: 383-393.
- [10] 王栋梁, 梁旭东, 端义宏. 云迹风在热带气旋路径数值预报中的应用研究[J]. 气象学报, 2005, 6: 351-358.
- WANG Dongliang, LIANG Xudong, DUAN Yihong. Impact of four-dimensional variational data assimilation of the cloud drift wind data on tropical cyclone track numerical forecast[J]. Acta Meteorological Sinica, 2005, 6: 351-358.
- [11] 张守峰, 王诗文. 应用卫星云导风进行台风路径预报试验[J]. 热带气象学报, 1999, 15: 347-355.
- ZHANG Shoufeng, WANG Shiwen. Numerical experiments of the prediction of typhoon tracks by using satellite cloud-derived wind[J]. Journal of Tropical Meteorology, 1999, 15(4): 347-355.
- [12] 刘正光, 喻远飞, 吴冰, 等. 利用云导风矢量的台风中心自动定位[J]. 气象学报, 2003, 61(5): 636-640.
- LIU Zhengguang, YU Yuanfei, WU Bing, et al. Automatic

location of typhoon center using cloud derived wind vectors [J]. Acta Meteorologica Sinica, 2003, 61(5): 636-640.

[13]周兵,徐海明,吴国雄,等.云迹风资料同化对暴雨预报影响的数值模拟[J].气象学报,2002,60(3):309-317.

ZHOU Bing, XU Haiming, WU Guoxiong, et al. Numerical simulation of CMWDA with it's impacting on torrential rain forecast[J]. Acta Meteor Sinica, 2002, 60(3): 309-317.

[14]许健民,张其松,王大昌,等.云迹风计算中的两个几何问题[J].应用气象学报,1997,8(1):11-18.

XU Jianmin, ZHANG Qisong, WANG Dachang, et al. Two geometrical problems in cloud motion wind algorithm[J]. Quarterly Journal of Applied Meteorology, 1997, 8(1): 11-18.

[15]许健民,张其松,方翔.用红外和水汽两个通道的卫星测值指定云迹风的高度[J].气象学报,1997,55(4):408-417.

XU Jianmin, ZHANG Qisong, FANG Xiang. Height assignment of cloud motion winds with infrared and water vapour channels[J]. Acta Meteor Sinica, 1997, 55(4): 408-417.

[16]CHRISTODOULOU C I, MICHAELIDES S C, Pattichis C S. Multifeature texture analysis for the classification of clouds in satellite imagery[J]. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 2003, 41(11): 2662-2668.

[17]HAYDEN C M, MERRIL R T. Recent NESDIS research in

wind estimation from geostationary satellite images [C]// Proceedings of ECMWF Workshop on Data Assimilation and the Use of Satellite Data. Reading, UK, 1988: 273-293.

[18]杨文凯,白洁,严卫,等.云迹风反演中高密度示踪云选取技术的研究[J].气象,2007,33(4):35-39.

YANG Wenkai, BAI Jie, YAN Wei, et al. A study of selecting high density tracers in deriving winds from geostationary meteorological satellite data [J]. Meteorological monthly, 2007, 33(4): 35-39.

作者简介:



刘保相,男,1957年生,教授,主要研究方向为有限群论、粗糙集与数据信息处理。主持或主研厅局级以上的科研项目11项,获河北省教育厅科技进步一等奖和唐山市科技进步一等奖;获河北省教学成果一等奖;美国大学生数学建模竞赛一等奖指导教师、河北省劳动模范、全国师德先进个人、全国“五一”劳动奖章获得者;发表学术论文50多篇,编写教材9部,版专著1部。



孟肖丽,女,1988年生,硕士研究生,主要研究方向为信息处理数学模型及其应用。

## 第 5 届 IEEE 灰色系统与智能服务国际会议

### The 5th IEEE International Conference on Grey Systems and Intelligent Services

经 IEEE 总部批准,由 IEEE 灰色系统委员会、中国优选法统筹法与经济数学研究会灰色系统专业委员会发起,南京航空航天大学 and 英国 De Montfort 大学承办的第 5 届 IEEE 灰色系统与智能服务国际会议定于 2015 年 8 月 18-20 日在英国 De Montfort 大学召开。会议的主要议题包括灰色系统理论与应用,系统分析、建模与仿真,系统预测、决策与控制,数据挖掘与计算智能,复杂装备研制管理,社会、经济、生态系统演化与控制,突发事件应急管理,技术创新与新兴产业成长等。

开始日期:2015-08-18

结束日期:2015-08-20

会议网站:[http://newsweb.nuaa.edu.cn/nuaa\\_html/newsweb/gsgg/2014/1008/17317.html](http://newsweb.nuaa.edu.cn/nuaa_html/newsweb/gsgg/2014/1008/17317.html)