6(1987), 1: 77～80

红外研究
Chin. J. Infrared Res.

多峰谱线对比度的一种新的表述

李祚泳
(成都气象学院探测系)

摘要——本文把多峰谱线的峰值对比度集合作为可测函数 $f(x)$，以每个峰值区域内谱线的光强度分布对波长的面积分与整个谱线光强度对波长的面积分的比值作为峰值域对比度的重要性测度 $g(\cdot)$，应用模糊测度理论，给出多峰谱线或多峰干涉条纹的对比度。

一、引言

众所周知，单谱线或干涉条纹的对比度定义为[1]

$$K=\frac{I_{\max}-I_{\min}}{I_{\max}+I_{\min}},\tag{1}$$

式中 $I_{\max}$ 和 $I_{\min}$ 分别为亮线和暗线的光强度。但式(1)对于如图1所示的多峰谱线就不太适当，因为该谱线上有多个峰值。当然，可以把多峰谱线看作是多条等效单谱线的迭合，对每个峰值等效于一条单峰谱线，应用式(1)的对比度定义，给出其对比度 k_i，然后对所有的 N 个峰值等效谱线的对比度 k_i 求平均值，即得多峰谱线的总的对比度

$$K=\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}k_i=\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}\frac{I_{\max}-I_{\min}}{I_{\max}+I_{\min}}。\tag{2}$$

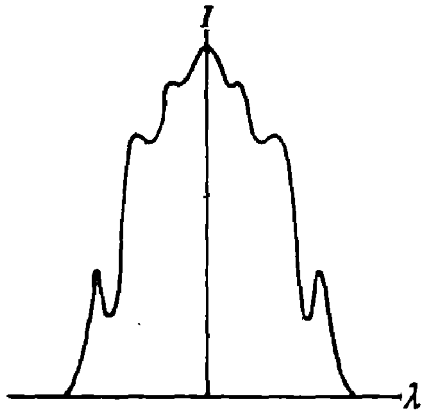

图1 多峰谱线
Fig. 1 The multiple-peak spectral line.

不过，由式(2)给出的多峰谱线的对比度是将每个峰值等效的单谱线的对比度 k_i 视作等权的，它不能反映出每个峰值等效单谱线的对比度 k_i 对整个多峰谱线对比度 K 的贡献的大小。为了考虑不同峰值等效谱线的对比度对整个多峰谱线对比度所起的不同作用，有必要建立一个能表征这种不同影响的权重函数，这个权重函数应能反映出每个峰值对于多峰谱线的对比度的重要性。

事实上，由于多峰谱线光强分布的变化，每个峰值的对比度是不同的，因而，所谓的多峰谱线的对比度本身就是一个具有模糊性的不确切的概念。如果把谱线峰值等效的单谱线对

本文1986年3月8日收到。

比度 k_i 的集合视作模糊函数 $f(x)$，而把峰值权重函数看作是模糊(Fuzzy)测度集合中的重要性测度 $g(\cdot)$，那么，应用模糊测度和积分的概念[2]，有

$$c=\int f(x)\circ g(\cdot)=\sup\{a\wedge g(F_a)\}a\in(0,\ 1), \tag{3}$$

式中 $F_a=\{x|f(x)\geqslant a\}$, $0\leqslant a\leqslant 1$, $g(F_a)=\sup\{g(x)\}$, $x\in F_a$。由式(3)即可确定多峰谱线的对比度 K。

二、多峰谱线的模糊函数及其重要性测度

设谱线有 N 个峰值 i_1, i_2, ……i_N，记这 N 个峰值的全体 $\{i_1,\ i_2,\ \cdots\cdots i_N\}$ 为 i，称为谱线峰值域。对于域中的第 j 个峰值等效的单谱线，其对比度根据式(1)应为

$$k_i=\frac{I_{j\max}-I_{j\min}}{I_{j\max}+I_{j\min}}。 \tag{4}$$

同时，对域中每个峰值 i_j，都相应地赋予一个实数 $\mu(i_j)$，它应能描述每个峰值等效单谱线的对比度在整个谱线的总对比度中的重要性，并且应满足条件：(1)：$\mu(i)=1$；(2)：$\mu(\phi)=0$；(3)：若 $A\subset B\subset i$，则 $\mu(A)\leqslant\mu(B)$。

显然，μ 就是可测空间$(i,\ \mathscr{P}(i))$上的一个模糊性测度，它为 i 上的重要性测度。对于多峰谱线，重要性测度 $\mu(\cdot)$设计成以下形式是合理的：

$$\mu(i_j)=\frac{E_j}{\sum\limits_{j=1}^{N}E_j}, \tag{5}$$

式中 $E_j=\int I_j(\lambda)d\lambda_j$ 为第 j 个峰值的光强度分布对波长间隔的面积分。

如果把谱线峰值的对比度 k_j 构成的集合作为谱线峰值域的模糊函数 $f(x)$，并把由式(5)给出的峰值谱线的重要性测度 $\mu(\cdot)$作为模糊测度 $g(\cdot)$，则应用式(3)的模糊测度和积分定义，就能定量描述多峰谱线的对比度。

三、实例计算

在图1所示的多峰谱线中，考虑到峰值分布的对称性，只需要考虑包括主峰值在内的左边四个峰值即可。在计算每个峰值的对比度 k_i 时，式中的 $I_{j\min}$ 取与该峰值邻近的最小的那

表1　由式(4)和式(5)得到的结果

Table 1　The results obtained from formulae (4)and (5).

	i_1		i_2		i_3		i_4	
	$i_{\max}$	$i_{\min}$	$i_{\max}$	$i_{\min}$	$i_{\max}$	$i_{\min}$	$i_{\max}$	$i_{\min}$
光强度 I	50	43	45	36	37	11	19	1
E_j	3×46=138		211		168		55	
$k_j=\frac{i_{\max}-i_{\min}}{i_{\max}+i_{\min}}$	0.8		0.11		0.54		0.90	
$\mu(\cdot)=E_j/\sum\limits_j E_j$	0.24		0.37		0.29		0.10	

个光强度。按式(4)计算的4个峰值的对比度和按式(5)计算的谱线的重要性测度$\mu(\cdot)$列于表1。

现以每个峰值的对比度k_j的集合作为模糊积分公式(3)中的模糊函数$f(x)$，以每个峰值的重要性测度$\mu(\cdot)$作为模糊积分公式(3)中的模糊测度$g(\cdot)$，进行模糊积分运算。为了兼顾所有峰值的作用，在进行式(3)积分运算时，以加权求和型$M(\cdot\oplus)$代替"sup"和"$\wedge$"两个运算，其中"$\cdot$"为普通乘法，"$\oplus$"运算为$a\oplus b=\min(1, a+b)$[3]。式(3)的计算结果表明该多峰谱线的总对比度为0.32，参见表2。

表2 由式(3)得到的结果

Table 2 The results obtained from formula (3).

a	$\mu(F_a)$	$a\cdot\mu(F_a)$	$\Sigma a\cdot\mu(F_a)$
0.08	max{0.24, 0.37, 0.29, 0.10}=0.37	0.03	0.32
0.11	max{0.37, 0.29, 0.10}=0.37	0.04	
0.54	max{0.29, 0.10}=0.29	0.16	
0.90	0.10	0.09	

四、结　语

在前面的计算实例中，如果用式(2)对峰值的对比度取平均，则得谱线的对比度$K=0.41$。可见应用模糊性测度理论计算多峰谱线的对比度，既不同于用综合评判法，也不同于加权平均法。正如各因素的权重在综合评判中起着重要性作用一样，在这里，重要性测度在描述总的对比度过程中起着相当关键的作用。重要性测度作为考虑各峰值的对比度所起的作用的准则，而它的确定有时是比较困难的，既有一定的客观依据，也有一定的人为因素。

参考文献

[1] 毋国光、战元令，光学，人民教育出版社，1979, p.395～396.
[2] 张文修，模糊数学基础，西安交通大学出版社，1984, p.174～194.
[3] 陈永义、刘云丰、汪培庄，模糊数学，3(1983), 1: 61～67.

NEW EXPRESSION OF THE CONTRAST OF MULTIPLE-PEAK SPECTRAL LINE

Li Zuoyong

(Department of Detection, Chengdu Institute of Meteorology)

ABSTRACT

The set of contrast of spectral line with multiple peaks is taken as measurable function $f(x)$. The ratio of two area integrals of intensity distribution over wavelength, one of which is for the spectral line within the scope of each peak, and the other, for all spectral lines, is taken as important measure $g(\cdot)$ of contrast of peak value field. Then the contrast of spectral line or interference stripe of multiple peaks is given out by the measure theory of fuzzy integrals.