

文章编号: 1001-3806(2004)02-0133-04

不同云层背景中目标的识别

易亨瑜^{1,2}, 吕百达¹, 季云松²

(1. 四川大学 激光物理与化学研究所, 成都 610064; 2. 中国工程物理研究院 应用电子学研究所, 绵阳 621900)

摘要: 针对云层中目标的识别问题, 选择 Sobel 算子对输入图像进行了边缘检测, 并以计算机模拟光学相关运算给出了识别结果。结果显示, 在积状云和层状云背景中的目标识别较容易, 在波状云中的目标识别较难。背景强度较强, 目标亮度过强或过弱, 或采集器件等因素导致图像中输入图像模糊, 也会影响目标的识别率。另外, 强目标相关峰比较尖锐, 信噪比较大。

关键词: 目标识别; 光学相关; 边缘检测; Sobel 算子

中图分类号: O438 **文献标识码:** A

Target recognition under different complicated background of cloud

Yi Heng-yu^{1,2}, Lü Bai-dai¹, Ji Yun-song²

(1. Institute of Laser Physics & Chemistry, Sichuan University, Chengdu 610064, China; 2. Institute of Applied Electronic, CAEP, Mianyang 621900, China)

Abstract: How to recognize targets under complicated background of cloud is studied in this paper by stimulating optical correlation. Some factors influencing recognition are calculated, such as the change of shape of cloud, target intensity, clearness or faintness of input image and so on. Simulation results show that targets can be found more easily in cumulus or stratus than in undulance cloud, because undulance cloud is more abrupt change in its intensity. The analyses also show that the clearer the input image is, the more easily the target is recognized; and the more intensive the target is, the more easily it is recognized.

Key words: target recognition; optical correlation; edge detection; Sobel operator

引 言

天空的云彩绚丽多姿, 变化万千, 根据外观, 一般可分为积状云、层状云、波状云。积状云是由大气对流形成的, 外形很像棉花和高耸的山峰; 冷、暖气团的交界面上的层状云像幕布一样布满天空, 覆盖几百公里甚至上千公里的地区; 而大气波动形成的波状云的形状则像一片片鱼鳞和屋顶的瓦片。在这样的环境中出现一个飞行物, 其属性的判断具有重要的应用价值。

在简单背景下的目标识别研究已取得了较好的成果^[1~5]。而自然环境中的目标, 由于背景的干扰给其识别带来了一定的困难。汤传坤^[6]研究了复杂背景中的红外点目标的检测和跟踪。为了进一步减少点源目标检测带来的虚警率和漏警率, 空中面目标的识别研究仍然是必要的。作者在文中对不同云

层背景中面目标的识别问题进行了分析。

1 原 理

图像识别是指检测和判断图像中是否包含所需的特定信息, 其中光学相关是图像相关检测的一种重要手段。假设待识别的目标为 $s(x, y)$, 制作成匹配滤波器 $S(\alpha, \beta)$; 云层背景分布为 $n(x, y)$ 。将目标任意插入背景中, 得到的输入场景 $f(x, y) = s(x - a, y - b) + n(x, y)$, 其中 (a, b) 为任意值。通过相关运算在输出平面上的复振幅分布:

$$g(x, y) = f(x, y) \odot S(x, y) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} S^*(\alpha, \beta) f(\alpha - x, \beta - y) d\alpha d\beta = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} S^*(\alpha, \beta) S(\alpha - x + a, \beta - y + b) d\alpha d\beta + \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} S^*(\alpha, \beta) n(\alpha - x, \beta - y) d\alpha d\beta \quad (1)$$

式中, * 表示复共轭, \odot 表示相关运算。由上式可知, $f(x, y)$ 和 $s(x, y)$ 的相关运算, 是将 $f(x, y)$ 平移 (a, b) 后, 再与 $s(x, y)$ 的共轭复数相乘再求积分。若 $f(x, y)$ 和 $s(x, y)$ 越相似, 则积分值越大。如果

作者简介: 易亨瑜 (1969-), 男, 博士研究生, 现从事激光技术研究。

E-mail: yihengyu1@sina.com

收稿日期: 2003-05-14; 收到修改稿日期: 2003-10-21

$f(x, y)$ 和 $s(x, y)$ 相等, (1) 式中只有第 1 项, 且 $(a, b) = (0, 0)$, 则积分最大值位于 $(x, y) = (0, 0)$ 处; 如果目标包含于 $f(x, y)$ 中, (1) 式中第 1 项是自相关信号, 对应于输出平面上一个较强的亮点, 显示了目标在输入场景中的位置; 第 2 项是噪声, 能量比较弥散, 故积分值在重合处 $(x, y) = (a, b)$ 处取极值。

为了锐化相关峰, 可以在初始滤波函数上乘以一个因子, 从而实现相关输出的拉普拉斯变换^[7]; 也可以对输入场景或匹配滤波器进行边缘检测。由于在输入图像中, 目标内部的灰度值, 一般是连续变化的; 而其边界处, 灰度变化则存在相对大的突变, 故在数学上可以利用求导的方法来检测。对于一个连续的图像函数 $f(x, y)$, 它在位置 (x, y) 的梯度可以表示为:

$$\nabla f(x, y) = \begin{pmatrix} \partial f / \partial x \\ \partial f / \partial y \end{pmatrix} \quad (2)$$

图像边界分割的算子很多, 效果较好的是 Sobel 算子^[8], 其模板如图 1, 运算时将模板在图像上移动并在每个位置计算对应中心像素的梯度值。

-1		1	1	2	1
-2		2			
-1		1	-1	-2	-1

Fig. 1 Sobel operator template

之后再选择合适的阈值, 就能得到目标的轮廓。阈值选择有很多, 一般是以图像直方图为基础来进行图像灰度分割的。图像的直方图为:

$$p(r) = \lim_{N \rightarrow \infty} n_r / N \quad (3)$$

式中, N 为图像内像元总数, n_r 为灰度级为 r 的像元数。把图像的灰度分成不同的等级, 然后用设置灰度门限的方法去确定物的边界。该灰度门限可以通过最小错误分割法^[9]来确定。

2 模拟计算结果

选两幅在图形开发环境 OpenGL 环境中生成的光照飞机模型图, 将其大小转化为 64×64 个像素阵列, 见图 2。另外在积状云、层状云、波状云图像中任选 3 幅云彩图, 将其大小转化为 512×512 个像素阵列; 灰度化后, 各图的灰度变化范围、平均亮度、均方根抖动见表 1。由表 1 可知, 战斗机的平均亮度、均方根抖动, 都大于直升飞机, 定义为强目标。

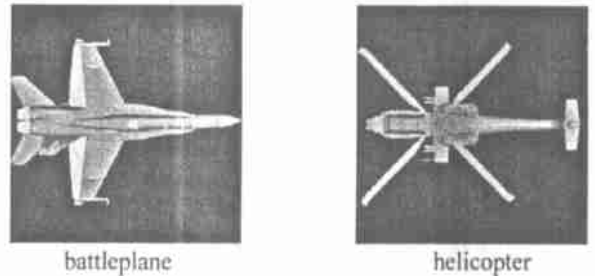


Fig. 2 Target and input image

Table 1 Characteristic parameters of monochromic image

image	brightness range	average	standardized	
		brightness	difference	
target	battleplane	0~255	35.7174	8.2030
	helicopter	0~188	22.9639	7.0961
background	stratus	165~255	192.9709	5.0412
	cumulus	20~187	108.1763	5.0249
	undulance	0~251	143.1488	7.1167

为了模拟真实场景, 将飞机模型图进行裁减, 取出飞机部分制作滤波器, 并插入云彩图中任意两处位置, 制作输入图像。当背景强度和目标照明适中时, 输入图像的目标轮廓较清晰, 见图 3; 用直升飞机制作匹配滤波器, 对输入图像进行目标识别, 得到图 4 的结果; 用战斗机制作匹配滤波器, 对输入图像进行目标识别, 得到图 5 的结果。当云层背景强度较强、目标照明过强或过弱时, 输入图像中目标轮廓模糊, 见图 6; 用直升飞机制作匹配滤波器, 对输入图像进行目标识别, 得到图 7 的结果; 用战斗机制作匹配滤波器, 对输入图像进行目标识别, 得到图 8 的结果。为了便于定量比较, 采用以下 4 个判据: (1) 相关峰强度值 $peak$; (2) PCE 值^[7] (相关峰强度与相关峰能量之比); (3) 信噪比 SNR ^[3] (相关峰强度与相关峰旁瓣外的噪声均方差之比); (4) 半宽度 $FWHM$ (相关峰值降至其峰值的一半时的宽度); (5) 相关鉴别率 ACR (自相关峰与互相关峰的比值)。

2.1 目标轮廓清晰时

用直升飞机制作匹配滤波器, 对输入图像 (见图 3) 进行目标识别, 得到图 4 的结果; 用战斗机制作匹配滤波器, 对输入图像 (见图 3) 进行目标识别, 得到图 5 的结果。各种云层及两种目标的识别结果如表 2 所示。由表 1 可知, 在强度起伏上, 波状云为 7.1167, 小于战斗机, 而大于直升飞机, 所以用梯度边缘检测法, 在波状云背景中, 直升飞机目标已经淹没于噪声中, 而战斗机却还能够检测出来。这在图 5c 和表 2 中可以看到。

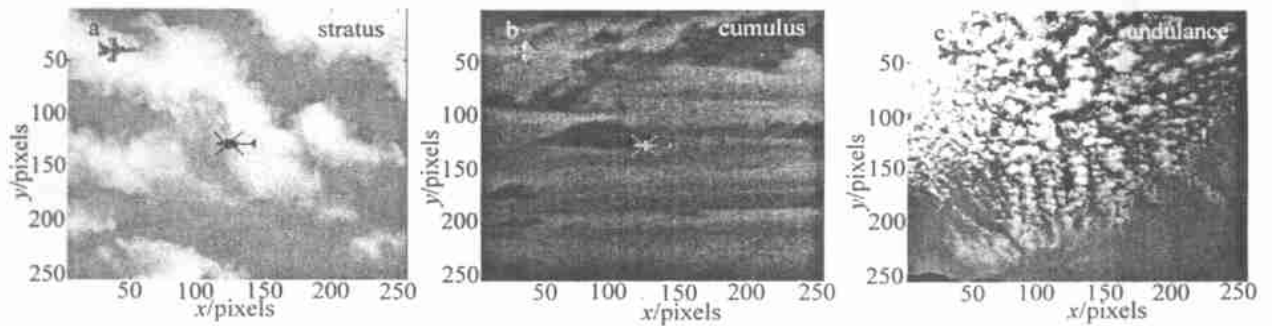


Fig. 3 Input image in three kinds of background

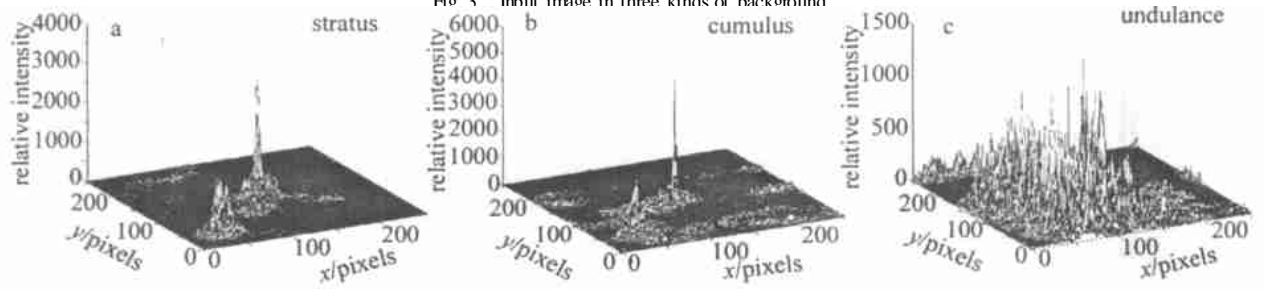


Fig. 4 Computer simulated output for helicopter recognition

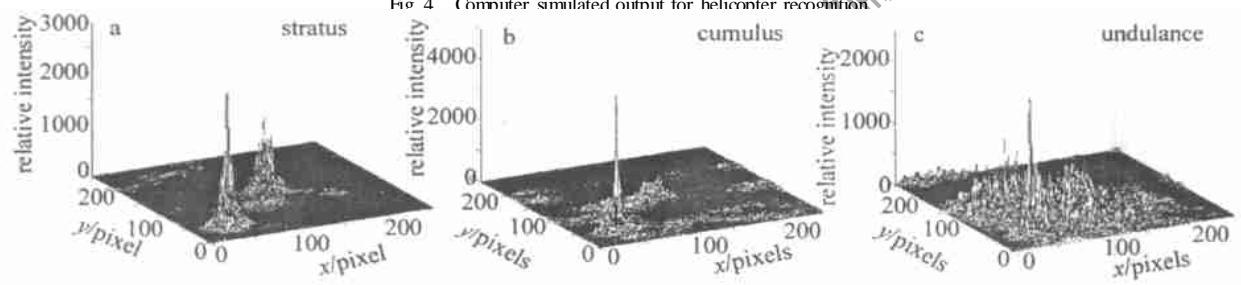


Fig. 5 Computer simulated output for battleplane recognition

Tabel 2 Simulated output for two kinds of targets in different clear background

target	noise	background	peak	PCE	S/N	FWHM/ pixels	ACR
helicopter	battleplane	stratus	3025	0.1118	316.148	4.698	1.6796
		cumulus	5329	0.1711	476.1245	1.243	2.4445
		undulance	< 1280	—	—	—	< 0.935
battleplane	helicopter	stratus	2916	0.5811	348.395	4.88	2.0250
		undulance	2304	1.6576	220.8538	4.163	2.0035

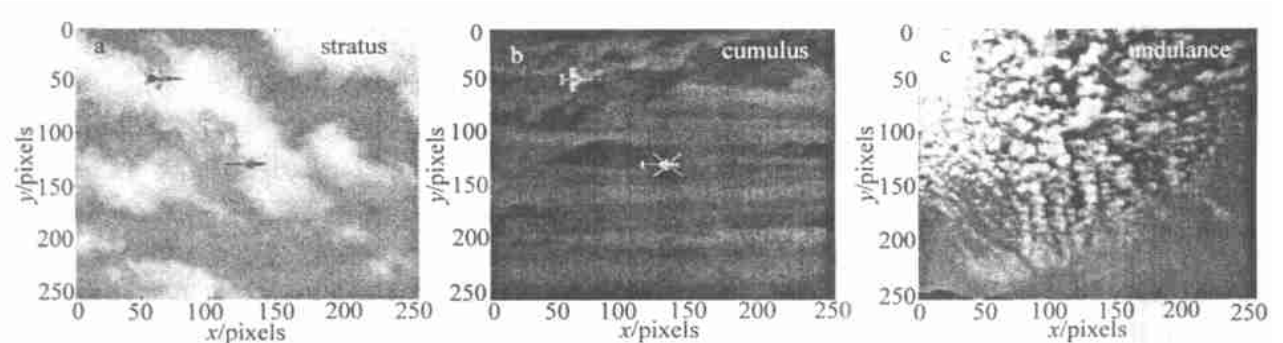


Fig. 6 Faint input image in three kinds of background

2.2 当目标轮廓模糊时

对输入图像(见图 3)进行边缘模糊处理,模拟

背景强度较强、目标照明过强或过弱时的现象,并加入较大高斯白噪声,模拟环境对采集器件的影响而

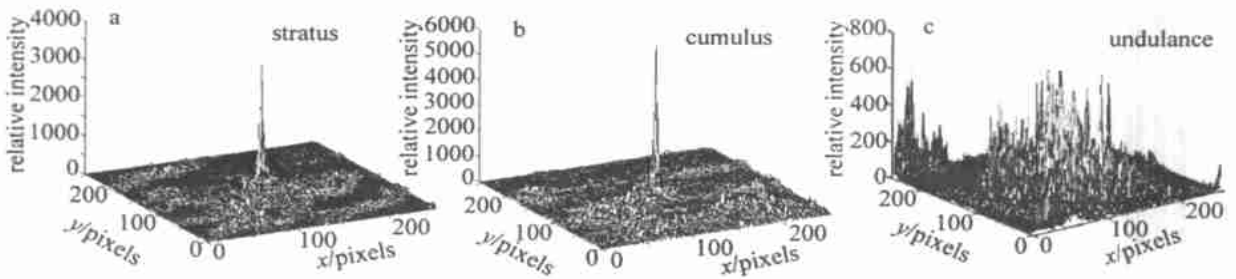


Fig. 7 Computer simulated output for helicopter recognition

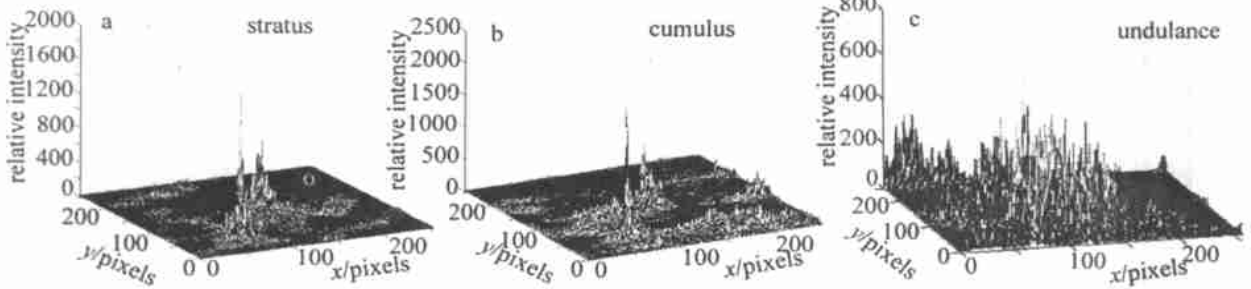


Fig. 8 Computer simulated output for battleplane recognition

引入的噪声。处理后得到了输入图像,见图6。用直升飞机制作匹配滤波器,对输入图像进行目标识别,得到图7的结果;用战斗机制作匹配滤波器,对输入图像图6进行目标识别,得到图8的结果。各种云层及两种目标的识别结果如表3所示,其中S,C,U分别表示背景为积状云、层状云、波状云,H,B分别表示直升飞机和战斗机。与表1数据相比,经

过模糊处理并加入噪声后,在表3中输入图像的特征参数(灰度变化范围、平均亮度、均方根抖动)都发生了变化。由图7c和表3可知,在波状云背景中,直升飞机目标已经淹没于噪声中,而战斗机却还能够检测出来。另外,由于噪声过大,没法准确测出图8c的目标相关峰半宽度。

Tabel 3 Simulated output for two kinds of targets in different faint background

characteristic of input image				taget	noise	peak	PCE	S/N	FWHM / pixels	ACR
backg round	brightness		standardized difference							
	range	average								
S	125~250	191	4.9617	H	B	3721	0.0089	529.04	1.673	2.497
				B	H	1849	0.0074	315.01	2.404	2.544
C	10~215	91.1	5.0567	H	B	5929	0.0131	840.18	1.994	5.390
				B	H	2025	0.0084	349.23	2.415	2.132
U	10~250	145	6.6884	H	B	< 476	---	---	---	< 0.4
				B	H	729	0.0026	98.595	---	1.257

3 结论

上述分析和计算结果表明,在积状云和层状云背景中的目标识别较容易,在波状云中的目标识别较难。另外,强目标的相关峰比较尖锐,信噪比较大,故比弱目标容易识别。这说明,用 Sobel 算子对输入图像进行边缘检测,当背景的强度起伏超过目标时,以寻找相关峰最大值的方法来识别目标,已经无法给出正确的结果。这就要求在相关峰检测上采用其它的辅助方法,如神经网络、绝对差等方法,对

相关峰和互相关峰的形状和其它特征进行判别。

另外,背景强度较强,目标亮度过强或过弱,或采集器件等因素导致图像中输入图像模糊,会使目标相关等尖锐度下降,信噪比减少,并会在一定程度上影响目标的识别率。模拟计算结果还显示目标的相关识别具有平移不变性。对具有旋转、大小等畸变的空中目标,可以通过LRH^[10]或SDF^[11]等滤波器技术进行识别。

(下转第140页)

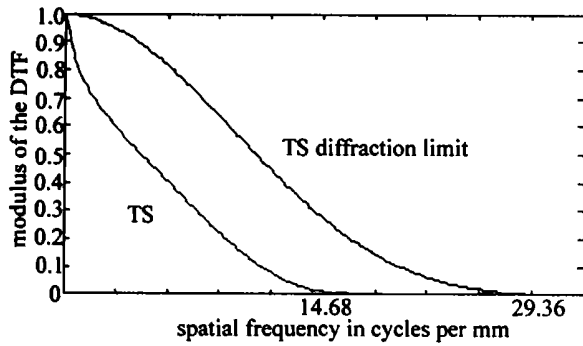


Fig. 7 FFT MIF

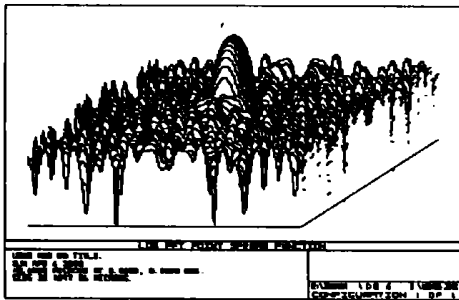
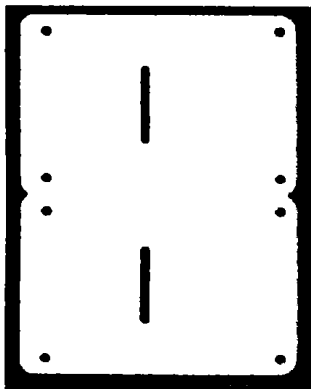


Fig. 8 FFT point spread function

Fig. 9 The processed samples of Al₂O₃ ceramic substrate with RF laser

向的分辨能力,成像质量很好。图9是用该划片机加工的氧化铝陶瓷基片样品,其加工质量可与国外进口的陶瓷划片机相媲美。

4 结论

通过试验,发现试验结果和理论分析符合得非常好。由于导光系统设计得比较好,作者研制的射频CO₂激光陶瓷基板划片机具有如下优点:(1)刻划速度快,可达10m/min。(2)刻划的沟槽窄,小于0.1mm。(3)热影响区小,一般在0.1mm~0.25mm范围内,工件变形小。(4)断面光滑,切口平行度好,切口有棱角,切边洁净,一次成形,无需二次加工。(5)自动化程度高,面板显示,操作简单,使用方便。可对复杂图案进行加工,可加工出极小的圆角、极窄的线条或尖角。(6)工艺成熟,激光划片程序化。(7)噪音低,无公害。该划片机目前已大量生产和销售,产生了良好的经济效益和社会效益。

参考文献

- [1] COLLEY A D, BAKER H J, HALL D R A P L, 1992, 61(2): 136~138.
- [2] UDALOV Y B, TSKHAI S N, PETERS P J M *et al.* Gas Laser-Recent Developments and Future Prospects, 1996, 5(3): 73~88.
- [3] SPACHT D P, DEMARIA A J. Laser Focus World, 2001, 6(2): 123~127.
- [4] 浜崎正信. 实用激光加工. 北京: 机械工业出版社, 1992. 192~193.
- [5] 吕百达. 激光光束学. 成都: 四川大学出版社, 1992. 105~107.
- [6] 魏光辉, 朱宝亮. 激光束光学. 北京: 北京工业学院出版社, 1988. 201~202.

(上接第136页)

参考文献

- [1] VANDER L A. IEEE Trans Inf Theory, 1964, IT10: 139~145.
- [2] 苏红军, 陈学文, 陈祯培 *et al.* 光学学报, 1996, 16(1): 92~95.
- [3] 陈怀新, 陈祯培, 陈晓伟. 中国激光, 1998, A25(4): 353~358.
- [4] 陈鹤鸣, 施伟华, 贾小兵. 中国激光, 1999, A26(5): 421~424.
- [5] 成 罡, 金国藩, 郭敏贤 *et al.* 光学学报, 1999, 19(9): 1237~1243.
- [6] 汤传坤. 光电工程, 1995, 22(5): 1~6.
- [7] VIJAYA K B V K, SHI W, HENDRIX C. Opt Lett, 1990, 15(14): 807~809.
- [8] 何 斌, 马天予, 王运坚 *et al.* Visual C++数字图像处理. 北京: 人民邮电出版社, 2001. 459~471.
- [9] 章毓晋. 图像分割. 北京: 科学出版社, 2001. 9~19.
- [10] MOYA A, ESTEVE-TABOADA J J, GARCIA J *et al.* Appl Opt, 2000, 39(29): 5347~5352.
- [11] LI Y Zh, ROSEN J. Appl Opt, 2000, 39(8): 1251~1259.