

文章编号: 1000-5013(2010)06 0632-04

利用遗传算法实现模板匹配的瓷砖分选

郑力新, 姚强, 周凯汀, 林福泳

( 华侨大学 信息科学与工程学院, 福建 泉州 362021 )

摘要: 提出瓷砖图像模板匹配的匹配程度公式, 分析匹配度与公式值的关系. 将匹配程度公式作为最优保留个体遗传算法的目标函数, 设立遗传算法的 3 个变量, 即  $x$  轴起始位置、 $y$  轴起始位置和放大倍数对图像的模板进行匹配优化. 实验结果表明, 遗传算法的匹配结果基本稳定, 能满足工业实时性的要求, 模板的大小同匹配时间成反比, 同效果成正比.

关键词: 模板匹配; 瓷砖; 遗传算法; 分选; 适应度函数; 精度

中图分类号: TP 391. 41; TQ 174. 76 文献标识码: A

在瓷砖的生产过程中, 区分瓷砖的主要依据是它们的花纹, 因此可以根据纹理的不同, 采用模板匹配的方法完成机器代替人力的工作. 在图像识别中, 模板匹配是常用的方法. 模板匹配是将图像中某种特征或目标作为模板, 在被识别的图像上滑动, 并作运算, 确定被识别图像上的特征或目标的位置, 识别出待测的事物与标本相同或相似的方法<sup>[1]</sup>. 遗传算法<sup>[2,3]</sup> (Genetic Algorithm, GA) 是模仿自然界生物进化机制发展起来的随机高效全局搜索和优化方法, 其本质是一种高效、并行、全局的搜索方法. 直接的模板匹配速度太慢, 不能满足生产实时性的要求, 而采用遗传算法来完成模板匹配, 能够快速搜索到最佳匹配效果, 大大提高搜索效率, 能够满足实际生产的需求. 本文将遗传算法与模板匹配相结合, 提出瓷砖图像模板匹配的匹配程度公式并应用于瓷砖的分选.

1 模板匹配

模板匹配的基本原理: 设一个  $3\text{ px} \times 3\text{ px}$  的图像模板  $W(i, j)$ , 其像素  $w(i, j)$  的位置如图 1 所示. 该模板叠放在被检测的图像  $F$  上平移, 图像  $F$  通常称作子图像  $F^{m, n}(i, j)$ , 其像素  $f(i, j)$  的位置如图 1 所示.

$f(m-1,n-1)$	$f(m-1,n)$	$f(m-1,n+1)$
$f(m,n-1)$	$f(m,n)$	$f(m,n+1)$
$f(m+1,n-1)$	$f(m+1,n)$	$f(m+1,n+1)$

图 1 像素位置

Fig. 1 Pixel position

若模板  $W(i, j)$  与子图像  $F^{m, n}(i, j)$  完全一致, 两者之差为零, 即表示两者匹配的程度很好. 匹配程度或相似程度可表示为

$$D(m, n) = \sum_{i=-1}^1 \sum_{j=-1}^1 [F^{m, n}(i, j) - W(i, j)]^2.$$

2 改进的保留最佳适应个体的遗传算法

标准遗传算法存在早期收敛慢、早熟现象, 以及后期在最优解附近振荡的缺陷, 而这些缺点是可以提高交叉概率和变异概率来改善的. 但是, 交叉概率和变异概率的提高又会带来新的问题, 如变异概率大的话, 遗传算法就退化成随机搜索了, 已经求得的最大值被替换掉了, 即出现振荡现象<sup>[4]</sup>.

保留最佳适应个体的遗传算法的基本流程, 如图 2 所示. 在每一代中求出最佳个体, 如果下一代的

最佳个体的适应度值比上一代的最佳个体适应度值高, 则继续进行算法; 否则, 用上一代的最佳个体替代下一代中的一个个体。这样就保证了算法始终在朝着适应度值不断增加的方向进行。

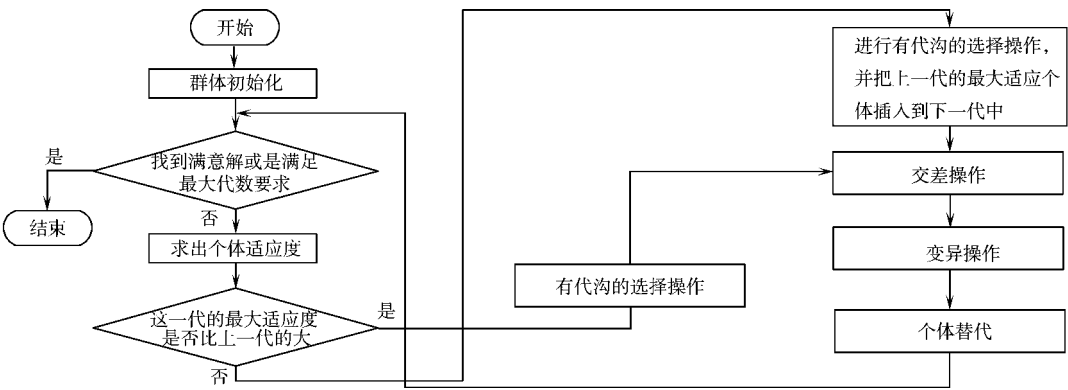


图 2 保留最佳适应个体的遗传算法流程

Fig.2 Flow chart of genetic algorithm for best keeping chromosome

用改进后的遗传算法求 Shubert 函数, 有

$$f(x_1, x_2) = \sum_{i=1}^5 i \cdot \cos[(i+1) \cdot x_1 + i] \cdot \sum_{i=1}^5 i \cdot \cos[(i+1) \cdot x_2 + i], \quad -10 \leq x_1, x_2 \leq 10.$$

Shubert 函数是个多峰值函数, 在区间 $[-10, 10]$ 有 760 个局部最小值, 而其中的 18 个是全局最小值 $-186.73$ . 标准遗传算法的计算速度慢, 而且很容易进入局部最小值点。用改进的保留最佳值的遗传算法的方法, 可以很快搜索到最小值, 并且不会陷入局部最小值点。具体算法有如下 5 个步骤。

- (1) 采用二进制编码。要求精度为 0.000 1, 因为 $[10 - (-10)]/0.000 1 = 200\ 000$ ,  $2^{17} < 200\ 000 < 2^{18}$ 。所以, 每个变量要用长度为 18 的二进制串来表示, 两个变量要 36 位二进制串。
- (2) 初始化种群。取初始种群的大小为 40, 即随机生成长度为 36 的二进制串, 每个二进制串的每一位随机地取 0 和 1。
- (3) 求每个个体的适应度和种群中的最佳适应个体。将 $f(x)$ 取为适应度函数。例如, 对于个体 $p = (010110100010100100100101011101010101)$ , 其适应度值为 $fit(x) = f(x) = -128.54$ 。如果这一步的循环代数( $n$ )满足要求或最佳适应个体满足精度要求, 则结束循环, 退出程序。当其不满足结束循环的条件且这一代的代数大于 1 时, 如果这一代的最佳个体的适应度值大于上一代最佳个体的适应度值, 则继续往下执行; 否则, 用上一代的最佳个体取代这一代中的一个个体。

- (4) 进行交叉操作。交叉概率 $P_c = 0.25$ 。
- (5) 进行变异操作。变异概率 $P_m = 0.01$ , 并转向步骤(3)。

经过 50 代迭代后, 其目标函数值和种群目标函数均值( $z_{av}$ )与最优解( $z_{op}$ )的变化, 如图 3 所示。从图 3 可以看出, 经过迭代后, 目标函数值基本趋于一致, 达到要求的最小值。在第 22 代时基本趋于稳定, 说明该方法是快速、高效的。此时,  $x_1 = -1.434\ 2$ ,  $x_2 = -0.800\ 3$ ,  $\min f(x_1, x_2) = -186.730\ 9$ 。

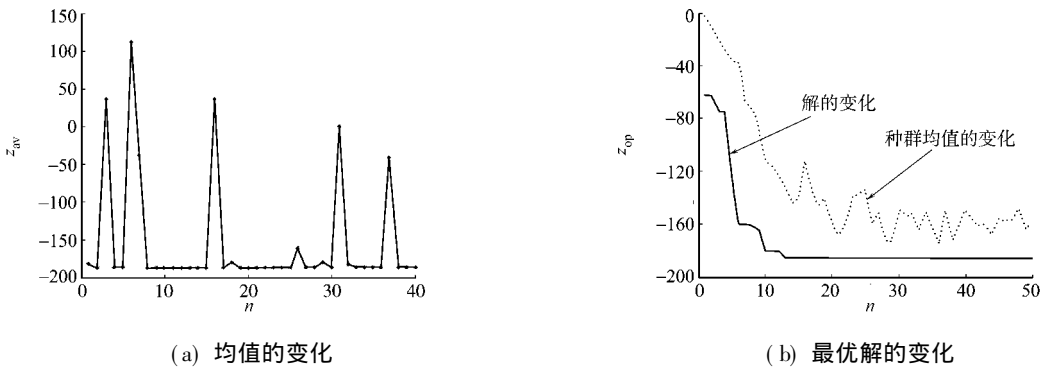


图 3 迭代 50 次后的目标函数值

Fig.3 Value of target function after 50 generation

采用保留最佳适应个体的遗传算法进行求解, 优化最大值为 1, 进化代数为 22, 时间小于 0.5 s; 而

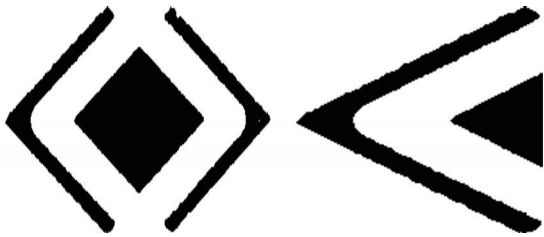
采用简单遗传算法进行求解, 优化最大值为 1, 进化代数( $n$ )为 150, 时间为 3 s. 由此可知, 保留最佳适应个体的遗传算法在收敛速度上优于简单遗传算法, 而且得到相同的结果使用更少的代数和时间, 并能保证解的最优化.

3 实验结果

实际过程中, 把每种瓷砖的特征部分提取出来作为模板, 如图 4 所示. 提取的模板一定要能体现瓷砖之间的显著差别. 将其与生产过程中拍摄到的图片(图 5)作模板匹配, 如果满足相似性要求, 即可确定为同一类.

在瓷砖分选中, 应用遗传算法实现模板匹配需要用到 3 个变量: 横坐标起始位置  $x$ , 纵坐标起始位置  $y$  和放大倍数  $t$ . 如果在匹配之前没有进行图像的矫正, 也就是旋转, 还需要一个变量——旋转角度. 根据图像的大小,  $x$  最大的取值不超过 1 000, 所以采用二进制编码方式 10 位即可; 对于  $y$  的取值也是如此, 而模板和图片的大小差别在 0.7~ 2.0 之间. 如果取放大系数的步长为 0.1, 则放大倍数需要 4 位, 所以一个个体的长度为 24 位就能满足要求.

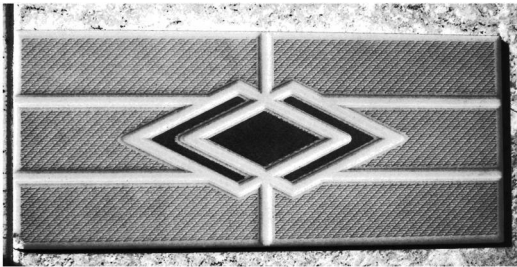
算法的具体实现和要求有如下 6 点. (1) 编码方案. 采用二进制编码. (2) 初始化种群. 取初始种群为 40, 即有 40 个长度为 24 的二进制串组成初始种群. (3) 适应度函数. 因为是以匹配程度为标准进行瓷砖分选的, 所以以模板匹配的相似度作为适应度函数. (4) 选择操作. 依据各个个体的适应度, 按照改进的保留最佳适应个体的算法, 选用随机遍历抽样法<sup>[5]</sup>, 并且规定最大遗传代数为 200 代. (5) 交叉操作. 采用单点交叉, 交叉概率  $P_c=0.20$ . (6) 变异操作. 取变异概率  $P_m=0.01$ .



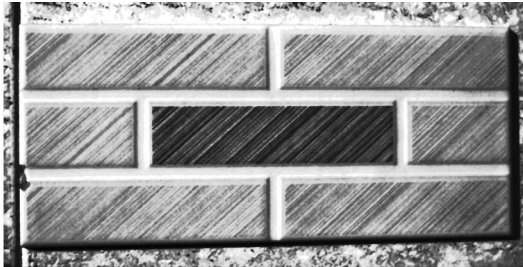
(a) 模板 1 (b) 模板 2

图 4 瓷砖的特征部分提取模板

Fig.4 Template drawn from characteristic part of the ceramic brick



(a) 原始图

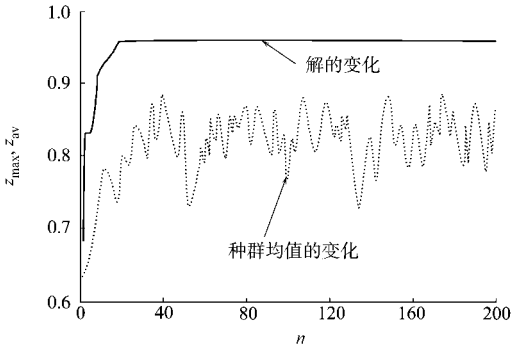


(b) 经过处理

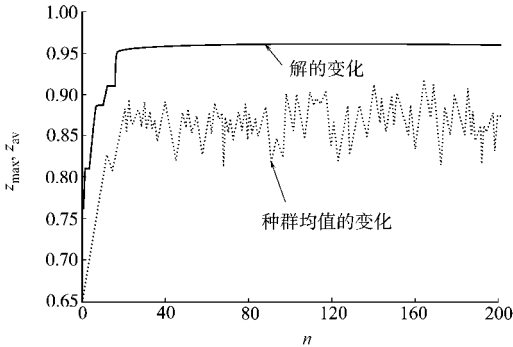
图 5 生产过程中拍摄到的图片

Fig.5 Photo taken in the production process

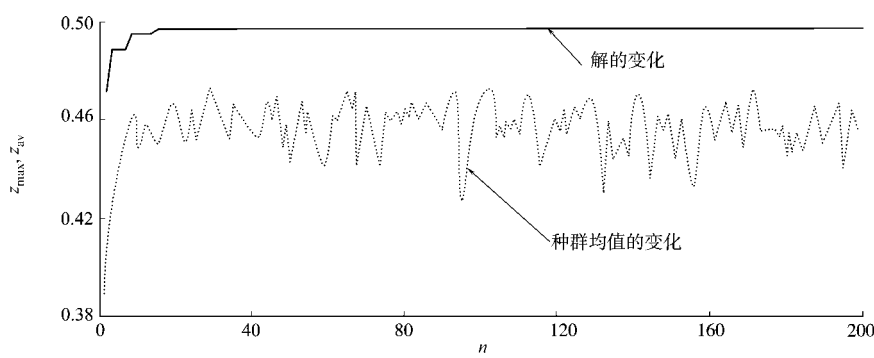
根据以上要求, 进行模板匹配, 结果如图 6 所示. 从图 6 可看出, 对于同一类, 最后的匹配率达到 95% 以上. 在模板提取过程中, 由于存在噪声干扰、图片个体的特殊性等因素, 理论上最佳匹配效果只有



(a) 以模板 1 对原始图的匹配



(b) 以模板 2 对原始图的匹配



(c) 以模板 1 对经过处理图的匹配

图 6 模板匹配实验结果

Fig.6 Experimental result of template matching

96%。所以,误差是在范围之内的。对于不同的瓷砖,最终的匹配结果不到 50%,说明可依匹配度的大小来进行区分。在 40~50 代的时候,匹配结果基本稳定,用 Matlab 实现需要的时间为 10 s 左右,而用 DSP 实现需要 2 s 左右,能满足生产实时性的要求。

## 4 结束语

模板的选取对实验结果会有一定的影响。如果模板取得较大,匹配效果好,但是需要的时间长;如果模板取得较小,会缩短匹配所需时间,但是效果稍差。因此,既要保证匹配效果好,又要缩短匹配时间,就必需选取图像的特征部分,使其能成为图像之间的明显区分。

### 参考文献:

- [1] 熊光华,夏庆观.基于模板匹配的零件检测的应用[J].中国制造业信息化,2006,35(15):68-70.
- [2] 雷英杰,张善文.Matlab 遗传算法工具箱及应用[M].西安:西安电子科技大学出版社,2005.
- [3] 郑力新,周凯汀.基于遗传算法的双闭环系统模糊优化设计[J].华侨大学学报:自然科学版,2000,21(1):16-20.
- [4] LOUIS S J,FANG Zhao. Domain knowledge for genetic algorithms[R].Nevada:Nevada University,1989.
- [5] KANG Li-shan,KANG Zhuo,LI Yan,et al. Asynchronous parallelization of Guo's algorithm for function optimization[C]//Proc 2000 Congress on Evolutionary Computation. Piscataway: IEEE Press, 2000: 876-881.

## Tile Separation Based on Template Matching Realized by Genetic Algorithm

ZHENG Li-xin, YAO Qiang,  
ZHOU Kai-ting, LIN Fu-yong

(College of Information Science and Engineering, Huaqiao University, Quanzhou 362021, China)

**Abstract:** This paper put forwards the formula of ceramic brick image template matching degree and points out the relationship between matching degree and the formula. Using the function of matching degree as the target function of elitist genetic algorithm, we set the three variables of the genetic algorithm, that is, original position of  $x$  axis, original position of  $y$  axis and amplifier to optimally matching the image to its template. The experiment results show that genetic matching result is always stable and suitable for real time industrial usage. The greater the size of template image, the less matching time and the better matching effect.

**Keywords:** template matching; ceramic brick; genetic algorithm; sorting; fitness function; precision

(责任编辑: 陈志贤 英文审校: 吴逢铁)