

文章编号:1001-9081(2007)08-2077-04

基于小波域图像不变矩的图纸一致性检测

温法慧, 赵卫东, 李吉超, 王志成

(同济大学 计算机辅助设计(CAD)研究中心, 上海 200092)

(fahuiw@yahoo.com.cn)

摘要: 审图系统中, 需要对报送的工程图纸和已有的电子图纸进行一致性检测。为此, 提出了基于小波变换和图像不变矩的图纸一致性检测算法。该算法首先利用仿射变换对预处理后的工程图纸进行图纸配准, 然后利用小波变换对扫描图纸和电子图纸实现小波分解, 简化比对的计算量, 并利用图像不变矩的平移、尺度和旋转不变特性, 作为图纸比对的准则。实验结果表明, 此算法能很好地实现审图系统中图纸的一致性检测。

关键词: 仿射变换; 图像配准; 小波变换; 不变矩

中图分类号: TP391.41 **文献标志码:** A

Checking consistency between drawings based on image invariant moments in wavelet domain

WEN Fa-hui, ZHAO Wei-dong, LI Ji-chao, WANG Zhi-cheng

(Research Center of CAD, Tongji University, Shanghai 200092, China)

Abstract: Checking consistency between the scanned drawing and the electronic drawing is required in the flow of electronic declaring. The approach of checking consistency between drawings in drawings audit system based on wavelet transform and image invariant moments was presented for solving this problem. Firstly, the scanned drawings were processed by affine transform in order to achieve image registration. Secondly, the scanned drawing and the electronic drawing were decomposed by wavelet transform, which could reduce the complexity of the computation. Finally, checking consistency between drawings could be completed using the traits of invariant moments, such as shift, rotation and scale invariant. The experimental results show that the proposed algorithm can well check the consistency between drawings.

Key words: affine transform; image registration; wavelet transform; invariant moments

在以城市规划信息技术为基础的城市规划电子报批系统中, 审核蓝图的扫描件和原有电子图纸的一致性检测的目标是解决蓝图和数据库中存储的相应的电子图是否完全一致。设计此系统的过程主要包括三个步骤: 图纸预处理、图纸配准和图纸一致性比对。目前, 用于图像匹配的算法有灰度图像匹配^[1,2]、基于图割的图像匹配^[3]和模糊遗传图像相关匹配算法^[4]等。本文提出了一种基于小波变换^[5,6]和图像不变矩^[7-10]的图纸一致性检测算法。实验结果表明, 本文提出的算法能够很好地实现扫描图纸和电子图纸的比对。

1 图纸预处理

蓝图在扫描过程中可能受到油渍、扫描仪阈值的影响, 可能产生噪声、图像漂移等问题; 同时有些噪声连成一条线或一个区域, 在图纸去噪过程中不容易去除干净。这些因素将直接影响图纸配准精度和最终的图纸一致性比对。因此, 需要对原始图像进行预处理, 以增强图像的结构特征。

在使用一般中值滤波等基于灰度图的去噪算法时, 会使大量目标信息丢失。鉴于此, 本文使用数学形态学滤波算法^[11]。结果表明, 该方法在去除噪声的同时, 也很好地保留了有用信息。

2 图纸配准

目前关于图像配准的主要研究方向有: 基于灰度相关的配准和基于特征的图像配准, 其中基于灰度相关的配准研究最为深入。这是一种对共轭图像逐像元, 以一定大小的窗口的灰度矩阵, 按某种或几种相似性度量顺次进行搜索配准的方法。本文处理的工程图纸的灰度信息匮乏, 检测准确率不高, 而此方法计算量大, 对于大幅的工程图纸效率太低。

基于特征的匹配包括特征提取和特征匹配两大步, 一般提取的特征主要是边缘特征、纹理特征、信息熵特征等, 由于工程图纸的边缘、纹理等特征不明显, 不能有效地进行提取。图像配准中的关键问题是: 1) 寻找图像中的对应特征并提取出来; 2) 根据特征量寻找最佳匹配变换。文献[12]给出了应用于各种特定问题图像配准方法的统一框架, 即配准方法可视为以下四个部分的组合:

1) 特征空间: 图像中用于配准的特征信息。

2) 搜索空间: 变换的类型, 从中可以找出匹配 2 幅图像的最佳变换。

3) 搜索方法: 搜索最佳变换参数所应采用的算法。

4) 相似性度量: 用来衡量两幅图像相似性的度量值。

基于以上各点, 本文采用仿射变换^[13-16]进行图纸配准。

收稿日期: 2007-02-02; 修回日期: 2007-03-10。 **基金项目:** 上海市科学技术委员会科研计划资助项目(052912065)。

作者简介: 温法慧(1983-), 女, 江苏徐州人, 硕士研究生, 主要研究方向: 图像匹配、医学图像处理; 赵卫东(1965-), 男, 山东文登人, 研究员, 博士, 主要研究方向: 企业信息化、CAD 技术应用、图形图像处理; 李吉超(1983-), 男, 安徽滁州人, 硕士研究生, 主要研究方向: 医学图像处理; 王志成(1975-), 男, 江苏泰兴人, 讲师, 博士, 主要研究方向: 目标检测、医学图像处理。

2.1 仿射变换

仿射变换已经被广泛的应用在图像处理中,主要是对图像几何畸变(倾斜、缩放或者几何变形等)的修正。在扭曲的图像中,使用仿射变换可以纠正其达到和基准图像相似的程度。

一个二维灰度图像可以用矩阵 T 表示, T 中的每一个元素对应图像在该点的灰度值。一个图像函数 $\{f(x,y); x = 1, 2, \dots, N\}$ 都可看作是 $R(N^2)$ 空间中的一个点在基组 $\{a_{ij}, i, j = 1, 2, \dots, N\}$ 下对应于基 a_{ij} 的坐标。图像变换的结果是图像函数在新基下的坐标,图像的平移、旋转和缩放可以看成是图像在空间 2 个基之间的变换。设扫描图纸中坐标点 (x,y) , 经过变换后坐标点为 (x',y') , 则仿射变换可表示为:

$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \end{bmatrix} = k \begin{bmatrix} \cos\theta & \sin\theta \\ -\sin\theta & \cos\theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \Delta x \\ \Delta y \end{bmatrix}$$

θ 为旋转角度, k 是比例变化因子, $[\Delta x, \Delta y]^T$ 是平移矩阵; 也可以表示为: $P' = kRP + t, p, p'$ 是坐标矢量, $[\Delta x, \Delta y]' = t, R$ 是旋转矩阵。

仿射变换具有平行线转换成平行线和有限点映射到有限点的一般特性。如果变换系数取得合适, 则常用的仿射变换可表示为平移、旋转、缩放、反射和错切或者这五种变换中某几个的组合, 另外仿射变换还可以表示成从一个坐标系到另一个坐标系的转换。 t, k, R 所代入的不同值便会形成不同的变换。在很多情况下, 仿射变换都会改变图形的形状, 例如对于沿直线的均匀压缩。

2.2 配准步骤

在对扫描图纸进行去噪、缩放(缩放到与电子图纸相同大小)、膨胀等预处理之后, 接下来就是利用上述的仿射变换理论进行图纸的配准, 具体步骤如下:

- 1) 选取扫描图纸和电子图纸中 3 对对应的特征像素点, 即为控制点;
- 2) 根据选取的 3 对控制点, 计算得到仿射变换参数;
- 3) 根据仿射变换系数和仿射变换公式计算待配准图像仿射变换后的图像; 在计算过程中可能会出现非像素点的值, 此时可根据最近邻域插值法对邻近的数值进行插值。

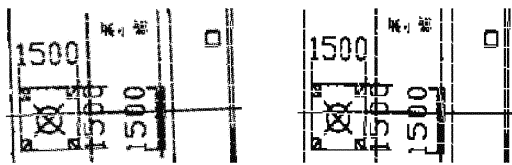


图 1 仿射变换前后的图像对比

从图 1 可以看出, 仿射变换的效果很好, 没有造成图像信息的明显丢失, 符合本系统的要求。

3 图纸一致性检测

一致性检测的目的是判别两张图纸中对应位置的图形是否一致。本文使用在小波域中图像不变矩方法来实现审图系统中扫描图纸和电子图纸的一致性检测。

3.1 不变矩理论

矩用来描述目标区域的灰度分布特征, 目标区域和矩序列是一一对应的, 从图像到矩是一个泛函。由于矩不变量不随图像的位置、大小和方向而变化, 所以对提取图像中的形态

特征来说是很有效的工具。

在图像识别中, 不变量是指目标的特征在经历几种变换后仍保持不变的特征量: 1) 目标尺度的改变; 2) 目标图像的平移; 3) 目标图像的旋转。

不变矩^[17]是一种高度浓缩的图像特征, 具有平移、灰度、尺度和旋转等多畸变不变性, 矩和矩函数被广泛用于图像的模式识别、图像分类、目标识别和场景分析。

矩不变量不随图像平移、旋转、灰度、尺度等多种畸变和噪声而改变, 利用矩不变量的方法可以有效地识别各类形状的物体和图形。不变矩很好的表示了像函数到特定函数的映射关系, 从而确保了由一定数量的不变矩描述图像的可能性和可靠性。本系统利用了一组不高于三阶的圆点距和中心局构成的 7 个矩不变量来提取目标的形状特征。

3.2 二维不变矩

对于数字图像 $f(i, j)$, 其 $(p + q)$ 阶原点矩^[7,9] 定义为:

$$m_{pq} = \sum_i \sum_j i^p j^q f(i, j) \tag{1}$$

可以证明, m_{pq} 唯一地被 $f(i, j)$ 所确定, 反之, m_{pq} 也唯一确定了 $f(i, j)$ 。 $f(i, j)$ 的 $(p + q)$ 阶中心矩定义为:

$$\mu_{pq} = \sum_i \sum_j (i - \bar{i})^p (j - \bar{j})^q f(i, j) \tag{2}$$

式中: $\bar{i} = \frac{m_{10}}{m_{00}}, \bar{j} = \frac{m_{01}}{m_{00}}, p, q = 0, 1, 2, \dots, (\bar{i}, \bar{j})$ 是目标区域灰度质心。

对图像进行归一化处理可获得图像归一化的中心矩, 由 η_{pq} 表示, $(p + q)$ 阶归一化的中心矩可表示为:

$$\eta_{pq} = \frac{\mu_{pq}}{\mu_{00}^r} \tag{3}$$

其中, $r = (p + q)/2 + 1, p + q = 2, 3, \dots$ 。

一组 7 个不变矩来自于二阶和三阶矩。

$$\begin{cases} \phi_1 = \eta_{20} + \eta_{02} \\ \phi_2 = (\eta_{20} - \eta_{02})^2 + 4\eta_{11}^2 \\ \phi_3 = (\eta_{30} - 3\eta_{12})^2 + (\eta_{03} - 3\eta_{21})^2 \\ \phi_4 = (\eta_{30} + \eta_{12})^2 + (\eta_{21} + \eta_{03})^2 \\ \phi_5 = (\eta_{30} - 3\eta_{12})(\eta_{30} + \eta_{12})[(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - 3(\eta_{21} + \eta_{03})^2] + (3\eta_{21} - \eta_{03})(\eta_{21} + \eta_{03})[3(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - (\eta_{21} + \eta_{03})^2] \\ \phi_6 = (\eta_{20} - \eta_{02})[(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - (\eta_{21} + \eta_{03})^2] + 4\eta_{11}(\eta_{30} + \eta_{12})(\eta_{21} + \eta_{03}) \\ \phi_7 = (3\eta_{21} - \eta_{03})(\eta_{30} + \eta_{12})[(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - 3(\eta_{21} + \eta_{03})^2] + (3\eta_{12} - \eta_{30})(\eta_{21} + \eta_{03})[(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - (\eta_{21} + \eta_{03})^2] \end{cases} \tag{4}$$

文献[17] 推导并证明了这些矩组不随图像平移、旋转和比例缩放而改变。

在实际运算中, 矩不变量 η_{pq} 有很大的动态变化范围, 所以在图像处理中采用对 η_{pq} 进行对数运算以缩小其变化范围:

$$\psi_i = \log_{10} |\eta_{pq}|, i = 1, 2, \dots, 7 \tag{5}$$

图像中的 7 个矩不变量同图像的形状一一对应, 并且图像的形状越相近, 矩不变量的值也越相近。本文选择 7 个矩不变量作为图像的特征向量, 实验证明, 此方法取得了很好的效果。

3.3 利用小波分解简化计算

在空间 $L^2(R)$ 上的函数 $\psi(t)$ 满足容许性条件:

$$C_\psi = \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{|\hat{\psi}(\omega)|^2}{|\omega|} d\omega < \infty$$

则称 $\psi(t)$ 为基小波。其中 $\hat{\psi}(t)$ 是 $\psi(t)$ 的傅立叶变换。小波变换是将基小波函数 $\psi(t)$ 在伸缩尺度 a , 位移 b 下与所要分析的函数 $f(t)$ 作内积, 令 $\psi_{a,b}(x) = |a|^{-1/2} \phi\left(\frac{x-b}{a}\right)$, 对于函数 $f(t) \in L^2(R)$ 的小波变换定义为:

$$w_f(a,b) = \langle f, \psi_{a,b} \rangle = \int_R f(x) \psi_{a,b} dx = |a|^{-1/2} \int_R f(x) \psi\left(\frac{x-b}{a}\right) dx$$

多分辨率分析 (Multiresolution Analysis, MRA) 的基本思想: 把全空间 $L^2(R)$ 按照分辨率 2^j 先分解成一系列嵌套的闭子空间序列 $\{V_j | j \in Z\}$, 然后通过正交补的塔式分解, 再将 $L^2(R)$ 分解成一系列正交小波子空间 $\{W_j | j \in Z\}$, 最后将信号 $f(t) \in L^2(R)$ 投影分解到不同分辨率的小波子空间 $\{W_j | j \in Z\}$ 上进行分析和研究。

设 V_j 为信号 $f(t) \in L^2(R)$ 在分辨率 2^j 下的近似。则 V_j 可以进一步分解为 f 在 2^{j-1} 下的近似 V_{j-1} 和位于分辨率 2^{j-1} 与 2^j 之间的细节 W_{j-1} 之和。有:

$$V_j = W_{j-1} + V_{j-1} \tag{6}$$

$$V_j = W_{j-1} + W_{j-2} + \dots + W_0 + V_0 \tag{7}$$

其中 $V_{j-1} = \sum_{k=-\infty}^{\infty} a_k^{j-1} \phi(2^{j-1}x - k)$, $W_{j-1} = \sum_{k=-\infty}^{\infty} d_k^{j-1} \psi(2^{j-1}x - k)$, a_k^{j-1} 与 d_k^{j-1} 分别为分辨率 2^{j-1} 下的低频近似系数和高频细节系数。低频部分表征信号的主题特征, 高频表征信号的细节纹理^[5,18]。

由于图纸在处理过程中的影响, 扫描图纸信息在一些细节上出现突变或丢失, 有效信息大部分集中在低频部分。表现在其轮廓波形的波峰波谷出现加强和减弱, 平滑部分出现毛刺, 形成振荡。小波的多分辨率分析能起到滤波的作用, 通过小波分解, 可以得到低频部分信息。一幅 $N \times N$ 的图像经过一层小波分解后, 将得到 4 个大小均为 $\frac{N}{2} \times \frac{N}{2}$ 的子带图像, 即

LL, LH, HL 和 HH 共 4 个子块。除 LL 外其他 3 个子块水平和垂直方向至少有一个高频分量^[5]。由于图像信息主要集中在少数的低频小波系数上, 所以使用低通滤波器对图纸作分解, 图纸尺寸降为原来大小的 1/4, 整体特征保持不变。对小波变换后的低频部分图像进行处理, 大大降低了计算量。处理结果如图 2 所示。

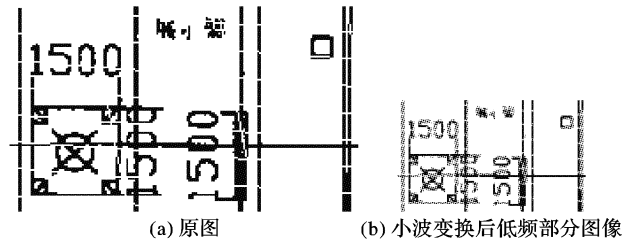


图 2 小波变换前后的图像

4 实验结果及分析

在图像配准结果的基础上, 将图像进行小波变换, 得到低频部分的图像。计算不变矩来进行图纸一致性的检测, 结果如图 3 所示。

由图 3、4 两组图可以看出, 图 3(b) 比 (a) 多出一些线条, 视为不同的图纸; 图 4 中的 (a、b) 两张图纸中的信息基本相同, 只是在清晰度上有所区别, 视为相同。分别计算 2 组的不不变矩, 表 1 中的结果为取过对数后的值, 小数点后取 3 位。

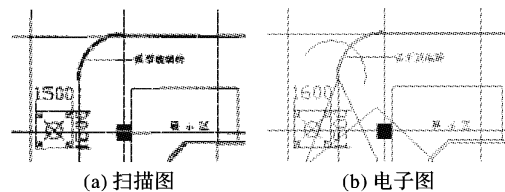


图 3 实验结果 1

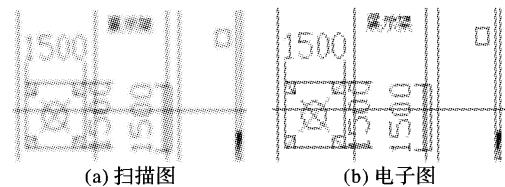


图 4 实验结果 2

表 1 小波不变矩结果

	ϕ_1	ϕ_2	ϕ_3	ϕ_4	ϕ_5	ϕ_6	ϕ_7
3(a)	-3.089	-6.947	-12.995	-12.885	-26.172	-16.492	-25.875
3(b)	-3.112	-6.988	-13.374	-13.038	-28.383	-16.814	-26.244
4(a)	-3.081	-6.796	-13.171	-12.700	-26.165	-16.131	-26.244
4(b)	-3.083	-6.755	-13.222	-12.752	-26.300	-16.184	-25.755

表 2 小波不变矩差值绝对值

	$ \Delta\phi_1 $	$ \Delta\phi_2 $	$ \Delta\phi_3 $	$ \Delta\phi_4 $	$ \Delta\phi_5 $	$ \Delta\phi_6 $	$ \Delta\phi_7 $
图 3	0.023	0.041	0.376	0.153	2.211	0.322	0.369
图 4	0.002	0.041	0.051	0.052	0.135	0.053	0.080

从表 1 中的不变矩结果可以得出两组图纸不变矩的差值绝对值, 如表 2。表 2 列出两组图用不变矩表示的差异, 可以看出图 3 中两幅图的差值绝对值比图 4 中两幅图相应的差值绝对值要大, 说明图 3 中 (a、b) 两图的差异比图 4 中 (a、b) 两图的差异大。在图纸一致性检测中, 选择适当的阈值就可以判定两幅图纸是否一致。结果表明此方法计算量小、计算速度快, 结果准确度高。

5 结语

提出了一种基于小波域图像不变矩的图纸一致性检测的方法。主要思想是利用仿射变换对去噪后的图纸和原有电子图纸进行配准, 介绍了具体的配准步骤, 并取得了很好的效果; 利用小波变换将配准后的图纸尺寸变为原来的 1/4, 提高了计算效率; 最后通过不变矩进行图纸的一致性检测。

实践结果表明, 本文提出的算法简单, 数据稳定性良好, 有利于提高算法的准确性, 并且很好的应用在了城市规划电子报批系统中, 证明了其有很好的实用价值。

参考文献:

[1] XIAO Z T, YU M, GUO C M. Analysis and comparison on image feature detectors[C]// 3rd International Symposium on Electromag-

- netic Compatibility (EMC). Washington: IEEE Press, 2002: 651 - 656.
- [2] 罗钟铤, 刘成明. 灰度图像匹配的快速算法[J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2005, 17(5): 966 - 970.
- [3] 王年, 范益政, 鲍文霞, 等. 基于图割的图像匹配算法[J]. 电子学报, 2006, 34(2): 232 - 236.
- [4] 杨延西, 刘丁, 辛菁. 模糊遗传图像相关匹配算法[J]. 仪器仪表学报, 2005, 26(11): 1166 - 1169.
- [5] 秦钟, 徐建闽, 史胜利, 等. 基于方向轮廓的小波分解车牌字符识别方法[J]. 微计算机信息, 2006, 22(22): 229 - 231.
- [6] 张权, 张晶, 王欣. 一种基于小波变换的图像边缘增强算法[J]. 计算机应用, 2006, 26(B06): 49 - 50.
- [7] GONZALEZ R C. Digital Image Processing [M]. 阮秋琦, 译. 北京: 电子工业出版社, 2003.
- [8] 杨蕊红, 潘泉, 程咏梅. 小波不变矩在图像识别中的应用研究[J]. 计算机应用研究, 2005, 22(11): 239 - 243.
- [9] 潘泓, 夏良正. 基于多尺度分析的小波不变矩[J]. 电路与系统学报, 2006, 11(1): 55 - 59.
- [10] JIN SOO NOH, KANG HYEON RHEE. Palmprint identification algorithm using Hu invariant moments [C]// Proceedings of the Fourth Annual ACIS International Conference on Computer and Information Science (ICIS'05). Washington: IEEE Computer Society, 2005: 94 - 99.
- [11] 夏良正. 数字图像处理[M]. 南京: 东南大学出版社, 1999.
- [12] HARDIE R C, BARNARD K J. High-resolution image reconstruction from a sequence of rotated and translated frames and its application to an infrared imaging system[J]. Opt. Eng, 1998, 37(1): 247 - 260.
- [13] MOKHTARIAN F, ABBASI S. Retrieval of similar shapes under affine transformation [C]// Proceedings of the Third International Conference on Visual Information and Information Systems, LNCS 1614. London: Springer-Verlag, 1999: 566 - 574.
- [14] BADAWY W, BAYOUMI M. A multiplication-free algorithm and a parallel architecture for affine transformation[J]. Journal of VLSI Signal Processing, 2002, 31(2): 173 - 184.
- [15] YANG Z, COHEN F. Cross-weighted moments and affine invariants for image registration and matching [J]. IEEE Transactions PAMI, 1999, 21(8): 804 - 814.
- [16] 孙焘, 王秀坤, 邵刚, 等. 二维点模式图像的仿射变换配准[J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2005, 17(7): 1497 - 1503.
- [17] HU M K. Visual pattern recognition by moment invariants [J]. IEEE Transaction on Information Theory, 1962, 8(1): 179 - 187.
- [18] 石友学, 罗钟铤. 利用几何特征和小波变换实现图像的缩放匹配[J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2005, 17(4): 825 - 828.

(上接第 2055 页)

根据上面的数据分析可以知道,改进 α - β 滤波算法具有以下特点:

1) 它是一种在稳态噪声滤波能力和对确定性输入的突然变化的反应时间之间寻求折中的目标跟踪算法。

2) 相对于卡尔曼滤波算法对计算量和计算精度要求都很高而言,改进 α - β 滤波算法的计算量大为缩小。因为在常速度直线模型中,改进 α - β 滤波算法不仅保留了 α - β 滤波算法离线计算增益矩阵的优点,而且可以事先根据要跟踪目标的运动情况,脱机求得所对应的 $\alpha(k)$ 和 $\beta(k)/T$ 存于计算机内存中,跟踪滤波时,实时求得 σ_w^2/σ_a^2 ,再按其大小查表得到对应的滤波增益 $\alpha(k)$ 和 $\beta(k)$,以实现快速自适应 α - β 滤波。

3) 在跟踪变航向的直线飞行情况时,改进 α - β 滤波算法的效果要明显优于最小二乘滤波算法。改进 α - β 滤波算法能够实时地判断跟踪目标是否机动,并按加速度的估值大小选择合适的滤波器参数 α 、 β ,所以在对凝聚以后带有虚警、处理剩余的目标点迹数据进行跟踪时,可以机动地选择参数。

表 1 变航向直线飞行情况下三坐标雷达目标平均跟踪均方差比较

	LSR 滤波	Kalman 滤波	改进 α - β 滤波
方位/ $^{\circ}$	0.009(转弯前)	0.006(转弯前)	0.005(转弯前)
	0.31(转弯后)	0.39(转弯后)	0.28(转弯后)
速度/ $\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$	0.45(转弯前)	0.15(转弯前)	0.09(转弯前)
	0.79(转弯后)	0.95(转弯后)	0.52(转弯后)
航向/ $^{\circ}$	0.11(转弯前)	0.13(转弯前)	0.13(转弯前)
	0.18(转弯后)	0.25(转弯后)	0.34(转弯后)
距离/m	4.1(转弯前)	3.31(转弯前)	3.41(转弯前)
	26.22(转弯后)	27.53(转弯后)	22.82(转弯后)

不难看出,相对于其他算法而言,改进 α - β 滤波算法对于直线飞行情况和变航向直线飞行情况具有良好的跟踪效果,其计算结果和目标的实际运动轨迹的匹配度也很高。

3 结语

计算机性能的日益提升和相控阵雷达技术的逐步发展,

使得约束相控阵雷达计算资源的瓶颈已不复存在。在这种情况下,资源调度的设计思想也将随之发生了变化,怎样在不同约束条件下实现多种优化目标(如同时提高雷达事件的调度效率、时间利用率及降低期望时间偏移率),这是一个运筹学领域的难点问题,同时也是设计有效的相控阵雷达自适应调度算法的新途径。在解决上述问题的基础上,如何设计智能化的自适应调度算法,使得相控阵雷达能够自主地完成对目标的搜索、验证、跟踪、识别等多种功能,最大程度地减少操作人员的工作量,是未来相控阵雷达技术发展的一个方向。

本文在 α - β 滤波算法的基础上提出了改进 α - β 滤波算法,使改进的算法除保持了原算法计算量小的优点外,对于变航向的直线运动目标也有很好的跟踪效果。根据分析比较,其滤波精度与标准卡尔曼滤波算法相近。该算法工程实用性强,计算简单,在工程上易实现;具有可分析性,根据所给准则,结合具体系统要求,可估算出性能参数,与系统要求进行比较,依此多次重复,以达到工程最优;适用性强,用途广,可推广到任一相控阵雷达。然而还有一些在滤波算法和模型已经确定的情况下影响跟踪精度的因素,如:采样周期、如何选择滤波器的初始值等,这些都会影响到滤波器的跟踪精度。如果能很好地选择这些参数,滤波器的跟踪精度性能将会得到大大的提高,这也是今后的主要研究内容。

参考文献:

- [1] 毛滔, 李盾. 相控阵雷达数据处理仿真研究[J]. 航天电子对抗, 2004, 20(4): 8 - 12.
- [2] 张光义. 相控阵雷达系统[M]. 北京: 国防工业出版社, 1994.
- [3] 孙仲康. 雷达数据数字处理[M]. 北京: 国防工业出版社, 1983.
- [4] (意) 费利那 A, 斯塔德 F A. 雷达数据处理[M]. 北京: 国防工业出版社, 1992.
- [5] 许录平. 跟踪机动目标的自适应 α - β 滤波算法[J]. 西安电子科技大学学报, 1998, 25(3): 314 - 317.
- [6] 张伯彦, 蔡庆宇. 相控阵雷达的自适应调度和多目标数据处理技术[J]. 电子学报, 1997, 25(9): 1 - 5.
- [7] 向敬成, 张明友. 雷达系统[M]. 北京: 电子工业出版社, 2001.