

遥感图像配准技术研究最新进展

宋振环^{1,2}, 唐伶俐¹, 李传荣³

1. 中国科学院遥感卫星地面站, 北京 100081
2. 中国科学院研究生院, 北京 100039
3. 中国科学院光电研究院, 北京 100080

[摘要] 图像配准技术是近年来发展迅速的图像处理技术之一,是多光谱分类、环境检测、变化检测、图像镶嵌等所不可缺少的。本文对遥感图像自动配准领域出现的最新技术进行了总结、分类,按照图像模型分为基于像素的配准和基于物理模型的配准两大类,并从原理和配准性能上进行了对比,最后介绍了自动配准方法的性能评价,以及配准中存在的问题。

[关键词] 配准;特征选择;像素模型;物理模型;光流;有限元模型

[中图分类号] TP751

[文献标识码] A

[文章编号] 1000-7857(2007)12-0053-06

Image Registration Techniques in Remote Sensing: A Review

SONG Zhenhuan^{1,2}, TANG Lingli¹, LI Chuanrong³

1. Chinese Remote Sensing Ground Station, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100081, China
2. Graduate School, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China
3. Academy of Opto-Electronics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080, China

Abstract: Image Registration (IR) technology is a fast-growing research field during the recent decades. It is widely used in multi-spectrum image classification, environmental monitoring, change detection and image mosaicing. This paper summarizes new techniques in that field and suggests a classification according to their image model, a pixel-based model or a physically-based model. Detailed comparisons of different IR methods are given from various perspectives-theoretical and practical performances. Some interesting issues of IR in recent researches are discussed. The major goal of this paper is to present a review of new emerging IR methods, identify their principles according to image models and to cover references as comprehensive as possible.

Key Words: registration; feature selection; pixel model; physical model; optical flow; FEM

CLC Number: TP751

Document Code: A

Article ID: 1000-7857(2007)12-0053-06

0 引言

遥感图像自动配准技术是近年来发展迅速的图像处理技术之一。图像配准是对取自不同时间、不同传感器或不同视角的同一景物的两幅或多幅图像进行匹配、叠加的过程。随着遥感技术的发展,由于传感器的不同物理特性所产生的遥感图像不断增多,综合利用多种图像进行数据提取和分析已成为遥感领域的一个重要手段。在各种传感器之间,由于物理特性和成像方

式不同,在数据应用和数据融合时,不同几何特性和不同分辨率的图像间必须进行严格的配准^[1]。

目前,被广泛使用的图像配准方法是基于图像像素的配准方法。该方法以图像中特征(点、线、区域、轮廓)的匹配为基础,按由匹配的特征对建立的映射关系进行图像变换。另一类图像配准方法是基于物理模型的配准。该方法不再将图像视为离散的像素,而是视为连续的弹性或者流体材料模型,再根据物理关系进行

收稿日期:2007-04-29

作者简介:宋振环,北京市海淀区北三环西路 45 号中国科学院遥感卫星地面站,硕士研究生,研究方向为遥感图像处理;

E-mail: zhsong@ne.rsgs.ac.cn

唐伶俐(通讯作者),北京市海淀区北三环西路 45 号中国科学院遥感卫星地面站,研究员,研究方向为遥感图像处理;

E-mail: lltang@ne.rsgs.ac.cn

配准。由于此类方法具有模型直观、对局部特征敏感等特性,成为近年来图像自动配准研究的热点领域之一。

本文先从基于像素的配准和基于物理模型的配准两个角度,对比地介绍了目前使用的配准方法的基本原理,然后对相关算法的计算复杂度进行了性能对比,最后介绍了对自动配准方法的性能综合评价指标。

图像自动配准研究已有 10 余年历史,1992 年, Brown^[2]对此前出现的配准方法进行了分析、总结;2003 年, Zitova^[3]总结了此后出现的相关技术和方法,这两篇综述文章成为图像配准研究的经典回顾。本文的目的在于回顾图像配准中使用的经典思想,总结最新出现的配准技术,以期对以后的研究有所指导。

1 基于像素的图像配准

传统的图像自动配准方法都是基于像素强度模型,通过图像处理技术选择特征,在特征空间中对图像进行匹配,最后经过变换和重采样等步骤将图像配准到一起。配准算法包含以下 4 个步骤:特征选择、特征匹配、变换函数计算和图像重采样与转换^[3]。根据特征的不同,把图像配准方法分为两类:基于图像区域和图像特征。以下将介绍这两类特征的匹配算法。由于变换函数的计算过程与特征类型独立,变换函数的计算单独介绍。有关配准过程中的图像预处理、特征选择、重采样等,在文献[4-6]中已有详细介绍,不再赘述。

1.1 基于图像区域的配准

对于此类配准方法,通常选择图像的某一区域或者整幅图像作为一种特殊的图像特征,因此对于此类方法,核心就是匹配标准的度量。在以往的研究中,已经出现很多种区域匹配度量标准^[7],常见的有相关系数法、互信息法、快速傅里叶变换法等。

相关系数类方法是最早用于衡量匹配标准的方法之一。计算公式为

$$CC(i, j) = \frac{\sum_W (W - E(W))(I_{(i, j)} - E(I_{(i, j)}))}{\sqrt{\sum_W (W - E(W))^2} \sqrt{\sum_{I_{(i, j)}} (I_{(i, j)} - E(I_{(i, j)}))^2}} \quad (1)$$

相关系数法的缺点是只能用于轻度旋转或尺度拉伸的图像。对于有较大几何变形的图像, Berthiksson^[8]和 Simper^[9]分别将推广的相关系数法用于仿射变形的图像

和摄像镜头失准出现投影变换的图像配准。

互信息法是近年来研究最多的一种度量方法,已经广泛应用于多模态图像配准中。互信息法以信息论为基础,从信息熵的角度衡量两个区域的匹配程度,计算公式^[10]为

$$I(u(x), v(T(x))) = h(u(x)) + h(v(T(x))) - h(u(x), v(T(x)))$$

$$h(y) = - \int p(y) \ln p(y) dy \quad (2)$$

关于互信息法与相关系数类方法之间的关系, Roche 证明它们都是不同参数下的最大似然估计^[11],这两类方法在统计框架下得到了统一。

快速傅里叶变换(Fast Fourier Transform, FFT)提供了一种从频域角度衡量配准程度的方法。该方法的优点是计算速度快,能有效地去除频域独立的噪声,而这种噪声的影响是难以用空域滤波消除的。Chen^[12]最早将 FFT 用于 SPOT 影像的配准;在国内,李晓明^[13]从两个方面拓展了 FFT,分别用于全景图像的拼接和图像曲线的匹配。表 1 综合比较了这 3 种方法。

1.2 基于图像特征的配准

此处的图像特征,指的是图像的空域中选择的点、线、面、轮廓等。根据特征的空间或频域分布,可以完成特征的匹配过程。

1.2.1 点特征的匹配

文献[4]中给出了一种基于场景均一性的点匹配算法。算法假设图像间的仿射或者线性变换模型为

$$X = ax + by + c \quad Y = dx + ey + f \quad (3)$$

在判断匹配结果是否正确时,使用 Hausdorff 距离作为标准^[14]。

$$h(P, Q) = \max_{p \in P} \min_{q \in Q} \|p - q\| \quad (4)$$

算法是先在特征点集 (P, Q) 中选定 3 对不共线的点作为起始点,计算公式(3)中的 6 个参数;然后选择另外的点 p_i ,使用公式(3)计算出对应点 q_i ;如果 q_i 与 Q 中与 q_i 距离最近的点间距离小于某一阈值,则认为 p_i 匹配成功,当匹配成功的点到达一定数目时,认为起始点选择正确,否则重新选择起始点进行计算。

解集群(Clustering)技术最早由 Stockman 在 1982 年提出^[15],是模式识别中常用的方法。Goshtasby 将 Clustering 技术用于图像配准^[16],其原理是先将离散的

表 1 基于区域配准方法比较

Table 1 Comparison of area-based IR methods

配准方法	优点	缺点	适用范围
相关	易于硬件实现	对均匀地物不敏感	非均匀地物,多模态图像配准
互信息	精度高	计算量大,噪声敏感	多传感器配准,子像素
FFT	计算速度快	噪声敏感	多模态图像

特征点识别为不同的集群, 然后利用集群间的关系配准图像。

1.2.2 线特征的匹配

线也是图像配准中常用的特征, 使用线段作为特征, 除了可以利用其位置, 还可以选择长度、中点、直线方向等作为参数。常用以下变换关系

$$\begin{aligned} X &= S[x \cos \theta + y \sin \theta] + t_x \\ Y &= S[-x \sin \theta + y \cos \theta] + t_y \end{aligned} \quad (5)$$

1.2.3 图像描述符

当特征的空间关系不明显或者特征不唯一时, 例如遥感图像中存在众多湖泊的影响, 可以把检测到的特征进行转化, 变为易于识别或者匹配的模型, 在新的模型下进行匹配, 这种方法就是描述符。使用描述符进行配准, 必须满足不变性、唯一性、稳定性和独立性条件^[3]。

1) 傅里叶描述符

Persoon 在 1977 年最早提出使用傅里叶描述符进行形状识别^[17]。一个图形的边界由一系列连续的点定义,

$$\{(x_i, y_i) : i=0, 1, 2, \dots, N-1\} \quad (6)$$

则称

$$c_k = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^{N-1} (x_i + jy_i) \exp(-j2\pi ki/N) \quad (7)$$

为该图形的傅里叶描述符。因为序列是周期性的, 故 (x_0, y_0) 的选择与位置无关。

2) 不变矩空域描述符

不变矩也是一种空域描述符号。一个图形的 $(p+q)$ 阶矩定义为^[18]

$$m_{pq} = \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{N-1} x_i^p y_j^q f_i \quad (8)$$

式中, f_i 为点 (x_i, y_i) 处的像素值。

3) 轮廓矩阵描述符

轮廓矩阵描述符是 Goshtasby^[19]提出的一种基于特征轮廓的描述符, 该方法巧妙地将二值化的特征图形放到一个网格化的极坐标系中, 将图形转换为矩阵进

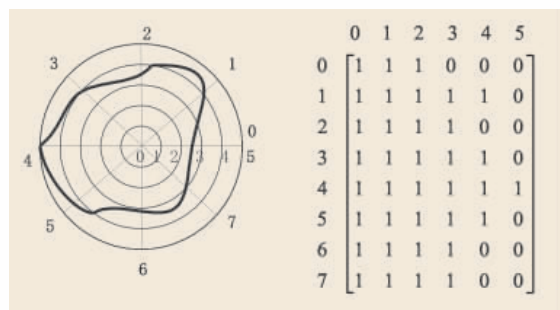


图 1 轮廓矩阵描述符的矩阵表示
Fig. 1 Matrix of shape descriptor

行描述, 原理如图 1 所示。

1.2.4 小波分解系数

小波原理的广泛应用为图像配准提供了一种“由粗到精”的配准思路。小波分解与相关系数法和互信息法相结合^[20-21]是小波框架的两个具体应用。由于小波分解具有固有的多分辨率特性^[22], 使用图像小波分解后的系数进行特征匹配成为当前研究的热点。

1.3 变换函数的计算

变换函数又称映射函数, 它描述了参考图像与配准图像特征点对之间的对应关系。变换函数的类型一般分为线性和非线性两大类。

对二维图像配准而言, 线性变换函数是一个参数估计过程。按模型的适用范围, 可分为直角坐标变换(相似变换)、仿射变换、投影变换等类型。投影变换模型为

$$\left. \begin{aligned} X &= \frac{a_0 + a_1 x + a_2 y}{1 + c_1 x + c_2 y} \\ Y &= \frac{b_0 + b_1 x + b_2 y}{1 + c_1 x + c_2 y} \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

可见, 仿射变换为投影变换的一种特例。

常用的非线性变换函数包括径向基函数(RBF)、加权均值^[23]、分段线性^[24]、加权线性等。径向基函数是一类全局变换方法, 与线性变换相比, 它能更好地处理局部几何变形问题。一个 X 方向的径向基函数定义为

$$X = a_0 + a_1 x + a_2 y + \sum_{i=1}^N c_i g(x, x_i) \quad (10)$$

$g(x, x_i)$ 为基函数。径向基函数法通过使用不同基函数的线性组合处理局部变形问题。最常用的基函数有薄板样条(Thin-Plate Splines, TPS)^[25]、MultriQuadric 函数^[26]等。

配准过程中, 特征点获取后, 特征函数的计算复杂度是衡量配准算法性能的重要指标。假设图像大小为 $n \times n$, 对应控制点对为 N , 对不同的变换函数, 其计算复杂度如表 2 所示。

表 2 变换方法的计算复杂度
Table 2 Computation complexity of transform methods

变换方法	计算复杂度
相似变换	$O(N) + O(n^2)$
仿射变换	$O(N) + O(n^2)$
投影变换	$O(N) + O(n^2)$
TPS	$O(N^3) + O(n^2 N)$
MQ	$O(N^3) + O(n^2 N)$
加权均值	$O(n^2 N)$
加权线性	$O(n^2 N)$
分段线性	$O(N \lg N) + O(n^2)$

2 基于物理模型的图像配准

上述介绍的图像配准方法都是基于图像像素模型的,认为图像是一系列离散点的无规律的组合。随着图像理解研究的进一步深入,一幅数字图像可以理解为一个连续的物理模型^[27]的采样;这个物理模型可以是弹性材料、流体材料等;三维图像可以看作一个矢量场,它具有刚度、弹性模量等物理参数^[3]。

在图像变形比较复杂的情况下,特征描述会随变形发生变化,按传统的基于像素模型的匹配难以建立对应关系,而基于物理模型的方法可以很好地解决这一问题。在基于物理模型的配准方法中,特征匹配和图像变换可以同时完成。对局部的变形敏感,是近年来图像配准技术研究的热点方向。

2.1 弹性模型

弹性模型是上述物理模型中的一种,原理是把图像视为受力后会发生位移的弹性材料。1981年,Briot首次把弹性模型引入医学图像配准^[28]。在此基础上,Bajcsy提出了多分辨率弹性体匹配模型^[29]。蔡志锋提出了用混合弹性模型解决图像匹配问题^[30]。

有限元法图像配准是一种典型的弹性模型方法。有限元模型的思想来源于弹性力学中的能量最小化原理^[31]。Ferrant最早提出了图像配准的有限元模型^[32],并在后来的研究中提出了基于活动表面的迭代算法^[33]。

有限元算法配准的关键是边界条件的计算和迭代算法,对数据量大的遥感图像配准而言,如何实现上述问题尚需进一步研究。

2.2 光流场模型

光流场的概念来源于计算机视觉的研究。物体运动时,会在视网膜上形成连续变化的图像,好像一种光的“流”,称为光流^[34]。光流包含了运动的信息,如果把图像的变形看作一种运动,则可以使用光流模型进行图像配准。光流场的计算有多种模型,包括差分类模型、基于能量的模型、基于相位的模型等。Barron^[35]使用不同的图像特征,对9种计算模型从速度、可靠性和对速度测量性能3个方面进行了比较。Cooper将光流应用到医学图像配准中^[36]。张泽旭提出了一种基于光流的红外图像自动配准方法,具有较好的鲁棒性^[37]。

与传统的基于像素的配准方法相比,基于物理模型的配准技术尚不成熟。如何建立合理的变形模型模拟传感器的成像机理,如何提高配准的计算速度、配准精度以及对配准的评估都需要进一步的研究。

3 配准效果评价方法

图像配准算法性能评价的常用指标有精度、算法可靠性、鲁棒性和计算复杂度^[38]。

在图像配准中,精度指参考图像与配准图像对应特征点间误差的均值、中值或者最小均方距离,是配准

算法中最常用的性能评价指标,其结果以像素为单位。可靠性指的是对算法进行测试时,达到满意结果的测试次数占总测试次数的比例,该比值越逼近于1,算法的可靠性就越高。鲁棒性是指用于衡量输入参数变换时,精度或者可靠性的稳定程度,算法的鲁棒性与特定的参数对应(例如信噪比、图像间像素强度差等),通常用参数变换时的精度或者可靠性的标准差计算。计算复杂度衡量的是算法的计算速度或者占用的内存空间,使用得最多的是大O表示法。

通常来说,一个完整的配准过程并非由一个单独的算法完成,在配准的不同阶段往往采用不同的算法,因此对一个配准算法进行性能评价时需综合考虑各步骤中算法的性能。

4 结论

经过数十年的发展,图像配准技术在在图像融合、超分辨率图像处理等领域得到广泛应用。随着全球遥感图像的迅速增加,研究快速、有效、高精度的自动图像配准算法成为遥感信息获取中迫切需要解决的问题。本文回顾了图像配准的传统和最新的算法,从模型原理、适用范围、配准性能等角度进行了分类介绍。

图像自动配准的研究已取得大量成果,但仍有许多问题尚未解决。例如多维配准的计算复杂性如何度量,如何利用弹性图像模型消除图像间非线性的局部变形,多传感器间图像配准,大数据量图像的并行计算,以及并行算法的最优设计等问题,尚需进一步研究。

参考文献 (References)

- [1] 金星,马艳华,舒嵘. 遥感图像的图像配准方法[J]. 红外, 2004(9): 23-30.
JIN Xing, MA Yanhua, SHU Rong. Remote sensing image registration methods[J]. Infrared, 2004(9): 23-30.
- [2] BROWN L G. A survey of image registration techniques [J]. ACM Computing Surveys, 1992, 24(4): 325-376.
- [3] ZITOVA B, FLUSSER J. Image registration methods: A survey [J]. Image and Vision Computing, 2003: 21: 977-1000.
- [4] GOSHTASBY A A. 2-D and 3-D image registration: for medical, remote sensing, and industrial applications[M]. NJ: Wiley Publication, 2004.
- [5] MOLINA L C, BELANCHE L, NEBOT A. Feature selection algorithms: A survey and experimental evaluation[C]// LIU Jiming, ed. Proceedings of 2002 IEEE International Conference on Data Mining (ICDM'02), Maebashi, Japan: IEEE Computer Society Press, 2002: 306-403.
- [6] 王娟,慈林林,姚康泽. 特征选择方法综述[J]. 计算机工程与科学, 2005: 12.
WANG Juan, CI Lin-lin, YAO Kang-ze. A survey of feature selection [J]. Computer Engineering and Sciences, 2005, 27(12): 68-71.

- [7] 刘宝生, 闫莉萍, 周东华. 几种经典相似性度量的比较研究 [J]. 计算机应用研究, 2006, 23(11): 1-3.
LIU Bao-sheng, YAN Li-ping, ZHOU Dong-hua. Comparison of some classical similarity measures[J]. Application Research of Computers, 2006, 23(11): 1-3.
- [8] BERTHILSSON R. Affine correlation [C]// Proceedings of the 14th International Conference on Pattern Recognition ICPR'98, Brisbane, Australia, 1998, 2: 1458-1461.
- [9] SIMPER A. Correcting general band-to-band misregistrations[C]// Proceedings of the IEEE International Conference on Image Processing ICIP'96, Lausanne, Switzerland, 1996, 2: 597-600.
- [10] VIOLA P, WELLS W. Alignment by maximization of mutual information [J]. International Journal of Computer Vision, 1997, 24(2): 137-154.
- [11] ROCHE A, MALANDAIN G, AYACHE N. Unifying maximum likelihood approaches in medical image registration[J]. International Journal of Imaging Systems and Technology, Special issue on 3D imaging, 2000. 11: 71-80.
- [12] CHEN Q, DEFRISE M, DECONINCK F. Symmetric phase-only matched filtering of Fourier-Mellin transform for image registration and recognition[J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 1994 (12): 1156-1168.
- [13] 李晓明, 赵训坡, 郑链, 等. 基于 Fourier-Mellin 变换的图像配准方法及应用拓展 [J]. 计算机学报, 2006, 29 (3): 116-122.
LI Xiao-ming, ZHAO Xun-po, ZHENG Lian, *et al.* An image registration technique based on Fourier-Mellin transform and its extended applications [J]. Chinese Journal of Computers, 2006, 29(3): 116-122.
- [14] HUTTENLOCHER D P, KLANDERMAN G A, RUCKLIDGE K J. Comparing images using the Hausdorff distance[J]. IEEE Transactions Pattern Intelligence and Machine Intelligence, 1993, 15(9): 850-863.
- [15] STOCKMAN G, KOPSTEIN S, BENETT S. Matching images to models for registration and object detection via clustering[J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 1982, 4(3): 229-241.
- [16] GOSHTASBY A, GOSHTASBY G C, STOCKMAN C V. A region-based approach to digital image registration with subpixel accuracy [J]. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 1986, 24(3): 390-399.
- [17] PERSONE E, FU K S. Shape discrimination using Fourier descriptors[J]. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, 1977, 7(3): 170-179.
- [18] HU M -K. Visual pattern recognition by moment invariants[J]. IRE Transactions on Information Theory, 1962, 8 (2): 179-187.
- [19] GOSHTASBY A. Description and discrimination of planar shapes using shape matrices [J]. IEEE Transaction on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 1985, 7 (6): 738-743.
- [20] DANI P, CHAUDHURI S. Automated assembling of images: Image montage preparation [J]. Pattern Recognition, 1995, 28(3): 431-445.
- [21] THEVENAZ P, UNZER M. A pyramid approach to sub-pixel image fusion based on mutual information[C]// Proceedings of the IEEE International Conference on Image Processing ICIP'96, Lausanne, Switzerland, 1996, 1: 265-268.
- [22] 胡广书. 现代信号处理 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2004: 11.
HU Guangshu. Modern signal processing [M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2004: 11.
- [23] GOSHTASBY A. Image registration by local approximation methods [J]. Image and Vision Computing, 1988, 6 (4): 255-261.
- [24] GOSHTASBY A. piecewise linear mapping functions for image registration [J]. Pattern Recognition, 1986, 19(6): 459-466.
- [25] GOSHTASBY A. Registration of images with geometric distortions [J]. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 1988, 26(1): 60-64.
- [26] EHLERS M, FOGEL D N. High-precision geometric correction of airborne remote sensing revisited: The multi-quadratic interpolation [C]// Proceedings of SPIE: Image and Signal Processing for Remote Sensing, 1994, 2315: 814-824.
- [27] 王海南, 郝重阳, 雷方元, 等. 非刚性医学图像配准研究综述 [J]. 计算机工程与应用, 2005(11): 180-184.
WANG Hainan, HAO Chongyang, LEI Fangyuan, *et al.* A survey of non-rigid medical image registration[J]. Computer Engineering and Applications, 2005(11): 180-184.
- [28] BROIT C. Optimal registration of deformed images[D]. Philadelphia: USA: University of Pennsylvania, 1981.
- [29] BAJCSY R, KOVACIC S. Multiresolution elastic matching [J]. Computer Vision, Graphics and Image Processing, 1989, 46(1): 1-21.
- [30] 蔡志锋, 卢汉清, Jaeger M. 用混合弹性模型解决图像变形匹配问题[J]. 中国图形图像学报, 2003, 8(7): 753-758.
CAI Zhifeng, LU Hanqing, JAEGER M. Deformable image matching using hybrid elastic model [J]. Journal of Image and Graphics, 2003, 8(7): 753-758.
- [31] ZIENKEWICKZ O C, TAYLOR R L. The finite element method[M]. New York: McGraw Hill Book Co, 1987.
- [32] FERRANT M, WARFIELD S K, GUTTMANN C R G. 3D image matching using a finite element based elastic deformation model[C]// Proceedings of Second International Conference on Medical Image Computing and Computer-Assisted Intervention, London, UK: Springer-Verlag, 1999: 202-209.
- [33] FERRANT M, NABAVI A, MACQ B. Registration of 3-D intraoperative MR images of the brain using a finite element biomechanical model [J]. IEEE Transactions on Medical Imaging, 2001, 20(12): 1384-1397
- [34] 章毓晋. 图像工程(下). 北京: 清华大学出版社, 2004.

农村信用社持续经营能力的影响因素分析

谢志忠, 游少萍, 张春霞, 王灿雄

福建农林大学经济与管理学院, 福州 350002

[摘要] 通过总结和分析农村信用社持续经营能力的影响因素, 着重对影响农村信用社持续经营的多因素进行了整合分析, 提出农村信用社可持续发展能力建设的基本方向, 认为实现农村信用社可持续发展应注重制度能力、科技能力、人力资源能力建设和外部环境培育, 以提高农村信用社持续经营系统的协调能力和持续能力。

[关键词] 农村信用社; 持续经营能力; 因素分析; 发展能力建设

[中图分类号] F832.35

[文献标识码] A

[文章编号] 1000-7857(2007)12-0058-05

Factor Analysis on the Sustainable Operation Ability of Rural Credit Cooperatives

XIE Zhizhong, YOU Shaoping, ZHANG Chunxia, WANG Canxiong

College of Economics and Business Administration, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350002, China

Abstract: The factors related with the sustainable operation of the rural credit cooperatives are analyzed in this paper. Their development directions are proposed. It is shown that, for a sustainable development of rural credit cooperatives, one must pay great attention to the ability to improve the system and technology, to cultivate human resources and external environment, thus to enhance their coordination ability.

Key Words: rural credit cooperatives; sustainable operation ability; analysis of factors; construction of development ability

CLC Number: F832.35

Document Code: A

Article ID: 1000-7857(2007)12-0058-05

收稿日期: 2007-02-10

基金项目: 福建省青年科技人才创新项目(2006F3014)

作者简介: 谢志忠, 福州市金山福建农林大学经济与管理学院, 副教授, 研究方向为农村区域发展与农村金融;

E-mail: xiaohong4191@163.com

张春霞(通讯作者), 福州市金山福建农林大学经济与管理学院, 教授, 研究方向为农村可持续发展;

E-mail: cx-zhang@163.com

ZHANG Yujin. Image engineering [M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2004.

[35] BARRON J L, FLEET D J, BEAUCHEMIN S. Performance of optical flow techniques [J]. International Journal of Computer Vision, 1994, 12(1): 43-77.

[36] COOPER J R, RITTER N J. Optical flow for validating medical image registration[C]// Proceedings of the 9th IASTED International Conference on Signal and Image Processing, 2003: 502-506.

[37] 张泽旭, 李金宗, 李冬冬. 基于光流场分析的红外图像自

动配准方法研究[J]. 红外与毫米波学报, 2003, 22(4): 69-74.

ZHANG Ze-xu, LI Jin-zong, LI Dong-dong. Research of automatic image registration technique for infrared images based on optical flow field analysis [J]. Journal Infrared Millimeter and Waves, 2003, 22(4): 69-74.

[38] GEE J C. Performance evaluation of medical image processing algorithms [C]. Proceedings of SPIE Medical Imaging, 2000, 3979: 17-27.

(责任编辑 朱宇)