

DOI: 10.5846/stxb201310132458

宋翔, 颜长珍. 基于知识库的像斑光谱向量相似度土地覆盖变化检测方法. 生态学报, 2014, 34(24): 7175-7180.

Song X, Yan C Z. Land cover change detection using segment similarity of spectrum vector based on knowledge base. Acta Ecologica Sinica, 2014, 34(24): 7175-7180.

## 基于知识库的像斑光谱向量相似度 土地覆盖变化检测方法

宋 翔<sup>1,2,\*</sup>, 颜长珍<sup>1</sup>

(1. 中国科学院寒区旱区环境与工程研究所, 兰州 730000; 2. 中国科学院大学, 北京 100049)

**摘要:** 土地利用/覆盖变化检测是国内外全球化进程研究的重要内容, 选择适当的变化检测方法对西北地区土地利用/覆盖变化进行研究在“生态十年项目”中具有重要的意义。选择西北地区具有典型代表性的 TM 轨道号 134033 区域作为变化检测方法验证的试验区, 采用 2005 和 2010 年两期 Landsat TM 影像, 在 eCognition Developer 8.64 软件支持下, 采用基于像斑的光谱特征特征向量相似度方法进行变化检测, 并利用 2010 年土地覆盖数据作为先验知识库对变化区域分类, 提取土地利用/覆盖变化信息, 并对变化结果进行定量分析。结果表明, 采用基于像斑的光谱特征特征向量相似度方法对于试验区的土地利用/覆盖变化制图具有检测快速、检测精度高等优点, 适合试验区以及整个西北地区的土地利用/覆盖变化的检测。最终采用该方法以及分类后比较法获得了西北地区 2000—2010 年近 10 年的土地利用/覆盖分类图。

**关键词:** 变化检测; 向量相似性; 知识库; 易康

## Land cover change detection using segment similarity of spectrum vector based on knowledge base

SONG Xiang<sup>1,2,\*</sup>, YAN Changzhen<sup>1</sup>

1 Cold and Arid Regions Environmental and Engineering Research Institute, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000, China

2 Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China

**Abstract:** Land use/cover change (LUCC) is an important field of global and local environmental change research. LUCC and its corresponding effects have a direct impact on the environment and ecological processes, and in turn natural resources management and related decisions. In China, LUCC research is at the core of all issues related to sustainable development, with tremendous practical significance. Remote sensing imagery change detection has great application value in many areas, such as the survey of land-use change, urban expansion, and vegetation resource monitoring. The choice of an effective change detection method for a given study area is a central issue of such detection. In research conducted in various countries, remote sensing imagery change detection methods have transitioned from pixel level to feature level and knowledge level. Currently used LUCC detection methods are in two categories, direct spectrum comparison and comparison of classification results. The spectrum feature vector of a segment in a Landsat Thematic Mapper (TM) image can be regarded as a vector of six-dimensional feature space. If the angle between two vectors is smaller and vector mode closer, the more similar are the two vectors. Thus, we used the cosine of the angle between two vectors and the ratio of vector mode to establish a vector similarity index for measuring vector similarity. Combined with the “National Change of Ecological Environment Decade (2000—2010) Remote Sensing Survey and Assessment” project, jointly organized and implemented

**基金项目:** 全国生态环境十年变化(2000—2010年)遥感调查与评估项目

**收稿日期:** 2013-10-13; **修订日期:** 2014-10-16

\* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: songxiang@lzb.ac.cn

by the Ministry of Environmental Protection and Chinese Academy of Sciences, this paper focuses on application of a change detection method. This method uses segment similarity of a spectrum vector based on a knowledge base in the northwest region. There is also an evaluation of method accuracy. The area covered by TM path 134 row 33, representative of the northwest region, was chosen as a change detection method validation test site. We used 2005 and 2010 two-phase Landsat TM imagery to detect land-cover change, using spectrum vector similarity based on a segment with support from eCognition Developer 8.64 software. We used 2010 land-cover data as a priori knowledge base to classify regions of change. The results showed the following. 1) Segment similarity of the spectrum vector method is appropriate for change detection in the northwest region, and accuracy of the 2005 land-cover database established using the 2010 land-cover database as a priori knowledge was relatively high. 2) The method of segment similarity of the spectrum vector has many advantages, such as less computation, fast operation, and suitability for large-scale rapid change detection. 3) The method is more effective for farmland, water, built-up land and vegetation cover change. 4) Accuracy of the land-cover database established by change detection depends on accuracy of the baseline land-cover database. Compared with the latter database, accuracy of the former database declined slightly. The main cause of this decline is change that was difficult to detect and change area misclassification, attributable to land-cover types with similar spectral features such as lakes and reservoirs, bare land, and sparse vegetation. 5) Because of the effects of imagery phase and cloud coverage, the land-cover database established by change detection requires additional manual modifications to improve its accuracy.

**Key Words:** change detection; similarity of vector; knowledge base; eCognition

土地利用/覆被变化 (LUCC) 是全球和局地环境变化研究的重要领域<sup>[1-6]</sup>, 早在 20 世纪 90 年代, 国际地圈与生物圈计划 (IGBP) 和“全球环境变化中的人文领域计划” (HDP) 这两大颇具影响力的国际组织已将土地利用/土地覆盖变化列为全球化研究的重点。土地利用/覆盖变化以及由其带来的相应变化对人类环境和生态过程有着直接影响, 自然资源的管理和相关决策也依赖于此<sup>[7-8]</sup>。在我国, 土地利用/覆盖变化研究是所有与可持续发展相关问题的核心, 具有突出的现实意义。LUCC 数据的调查与监测对于理解变化机制和模拟各种尺度上的环境及相关生态系统变化的影响有着重要意义<sup>[9]</sup>, 研究人员也逐步发展了一套基于多时相遥感信息的获取 LUCC 信息的研究范式<sup>[10-11]</sup>。

遥感影像变化检测在土地利用变化调查、城市扩张、植被资源监测等众多领域具有重要的应用价值。在土地利用/覆盖变化检测中, 数据源的选择、影像数据的几何精校正、辐射校正和多时相数据的标准化是进行变化检测的前提。而针对性的选择适合特定研究区的有效的变化检测方法是进行变化检测的核心问题<sup>[12-13]</sup>。随着各国研究学者的投入, 遥感影像变化检测方法已经从传统的像元级变化检测开始向特征级、知识级变化检测转变。目前常用的

土地利用/覆盖变化检测方法包括两大类: 光谱直接比较法和分类后比较法<sup>[2]</sup>, 两种方法各有利弊, 光谱直接比较法能够准确的检测出土地覆盖发生变化的区域, 但不能确定是什么地物反生变化, 变化后转换成什么地物; 分类后比较法能够检测出土地覆盖的变化情况, 但它对分类精度的要求很高, 只有高精度的影像分类结果才有可能产生高精度的变化检测结果<sup>[14]</sup>。在此基础上, 结合由环境保护部和中国科学院共同组织实施的《全国生态环境十年变化 (2000—2010 年) 遥感调查与评估》项目 (简称为“生态十年项目”), 本文主要探讨基于知识库的像斑光谱向量相似性土地覆盖变化检测方法在西北地区的应用及土地覆盖变化检测精度分析和评价。

## 1 基于光谱向量相似度的变化检测方法

### 1.1 向量相似性原理

相似度, 顾名思义是指两个对象之间的相似程度。根据研究对象的不同, 初现了多种相似度的细化概念, 如向量相似度、系统相似度、形状相似度等等<sup>[15-16]</sup>。相似度度量是本文方法的一个重要环节, 该指标的选取决定了变化检测结果的精度。相似度测度一般包括两种方法: 距离测度法和相似性函数法。两向量的距离测度方法有很多种, 几种成熟的

距离测度方法包括: Minkowsky 距离(明氏距离)、Euclidean 距离(欧氏距离)、Manhattan 距离。相似性函数使用函数的方法来表示两向量的相似程度,一般向量的相似性函数比距离测度应用更为广泛,如夹角余弦法、相关系数法、广义 Dice 系数法、广义 Jaccard 系数法<sup>[17]</sup>。

像斑的 TM 影像光谱特征向量可以视为六维特征空间中的一个矢量,如果两个矢量的夹角越小,矢量的模越接近,则两个矢量越相似,正如图 1 所示,特征空间中位于同一个圆圈的向量被认为是相似的。衡量向量是否相似的主要参数是两向量间的夹

角和向量的模,因此,本文选择向量相似度作为相似性的衡量指标。向量相似度的计算公式为<sup>[18]</sup>:

$$S_{xy} = \frac{\cos\theta}{|R_{xy} - 1| + 1} \quad (1)$$

$$\cos\theta = \frac{\sum x_i \cdot y_i}{\sqrt{\sum x_i^2} \cdot \sqrt{\sum y_i^2}} \quad (2)$$

$$R_{xy} = \frac{|x|}{|y|} = \frac{\sqrt{\sum x_i^2}}{\sqrt{\sum y_i^2}} \quad (3)$$

式中, $\theta$  为  $T1$ 、 $T2$  时期特征向量  $x$ 、 $y$  的夹角, $R_{xy}$  为向量  $x$ 、 $y$  的模比值。

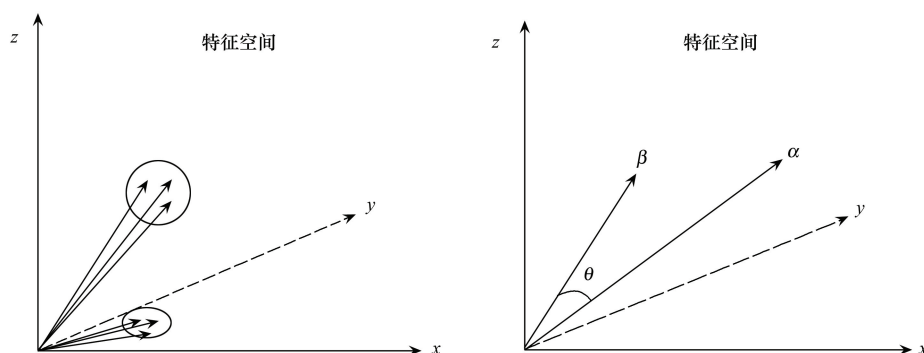


图 1 向量相似示意图

Fig.1 Schematic of vector similar

## 1.2 技术流程

将基准时期  $T1$  (2010) 和检测时期  $T2$  (2005) 的遥感影像分别与基准时期  $T1$  (2010) 的土地覆盖矢量图进行套合, 利用 eCognition Developer 8.64 (Definiens Imaging, 德国) 软件提供的多尺度分割算法确定一个合适的尺度, 对两期影像进行尺度分割获取像斑<sup>[19]</sup>。利用 2010 年土地覆盖矢量数据参与影像分割具有以下优点: 一是确保两期影像未发生变化区域土地覆盖类型具有相同的边界; 二是可以提供地物目标的先验信息, 由于土地覆盖矢量数据包括地物类别属性信息, 可以构建先验知识库提高分类精度。影像分割后, 利用 eCognition Developer 提供的特征提取算法提取每一个像斑在  $T1$  和  $T2$  时期影像上的 TM 各波段反射率, 由 TM 1、2、3、4、5、7 波段构成像斑在两个时期影像的六维光谱特征向量, 并存入像斑特征数据库中。由于 TM6 波段为热红外波段, 易于受到多种因素的干扰具有不确定性, 因此在构成像斑光谱特征向量过程中将其排除。与分类后再比较方法不同的是, 变化检测被简化成了

根据像斑在两期图像的光谱特征向量对所有像斑进行一个两类划分——变化区域和未变化区域。

根据像斑特征数据库中每一像斑在  $T1$  和  $T2$  时期的光谱特征向量进行相似度度量, 如果两个时期的光谱特征向量相似度低于阈值则认为该像斑反生变化。对于未发生变化区域, 直接利用 eCognition Developer 软件提供的分类方法, 将 2010 年土地覆盖矢量数据中的类型信息赋予像斑, 完成未变化区域分类。针对变化区域, 通过人工选取样本, 获得每一类土地覆盖类型的基准光谱特征向量, 利用地理信息软件提取未变化区域每一土地覆盖类型 10% 的像斑, 分别计算每一土地覆盖类型每一像斑光谱特征向量与该土地覆盖类型基准光谱向量之间的 Euclidean 距离(欧氏距离), 选取一个距离常数  $\lambda$ , 确保 95% 的该土地覆盖类型样本像斑光谱特征量与基准光谱特征向量之间的距离小于  $\lambda$ , 分别计算变化区域像斑光谱特征向量与不同土地覆盖类型样本光谱特征向量之间的 Euclidean 距离(欧氏距离), 根据变化像斑与不同土地覆盖类型光谱特征向量距离的

大小确定变化像斑的土地覆盖类型。图2为本文变化检测的方法流程。

## 2 研究区概括和试验数据

生态十年项目西北片区主要包括甘肃、青海、宁夏、陕西四省区以及内蒙古阿拉善盟地区,总面积约160万 km<sup>2</sup>,主要的地物类型包括:耕地、森林、草原、沙漠、裸土、裸岩、湖泊、沼泽化草甸、冰川积雪等9大类。Landsat 轨道号 134033 覆盖范围包括甘肃河西走廊中部和青海北部,包括典型的高原山区、灌溉农业以及荒漠区域,该区包含西北区域绝大部分土地覆盖类型,在西北区域具有典型性。因此,为提高变化检测方法研究的效率,本文选择2005年(2005\_0823)和2010年(2010\_0805)的两期TM数据作为西北区域土地覆盖变化检测方法的典型试验区。图3分别为试验区2005年和2010年Landsat 5 TM多光谱742波段的真彩色合成影像。

## 3 试验结果与分析

基于实地考察和两时相影像人工判读的结果,在实验区域选择114个变化像斑作为样本点,验证不同相似度取值下的变化检出率(表1)。从表1可

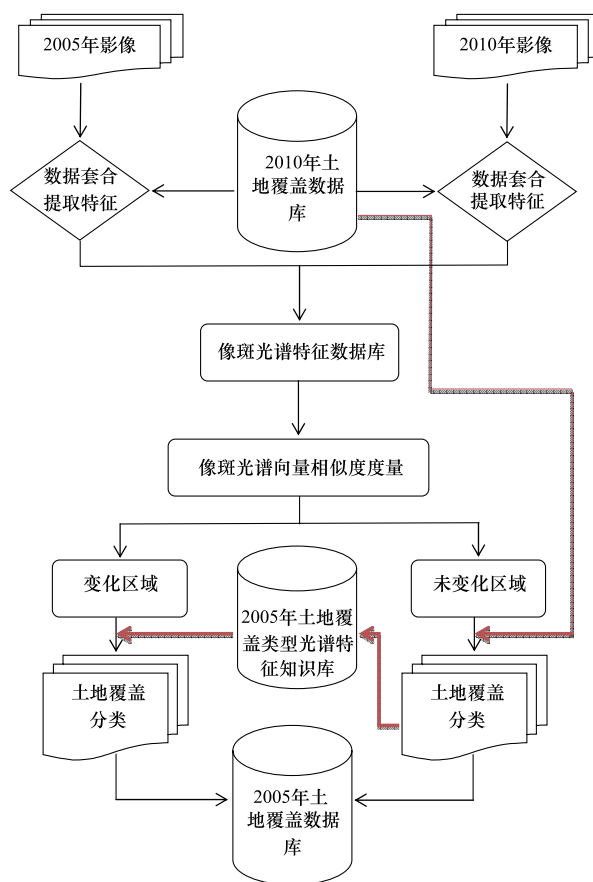


图2 变化检测技术流程图

Fig.2 Change detection technique flowchart

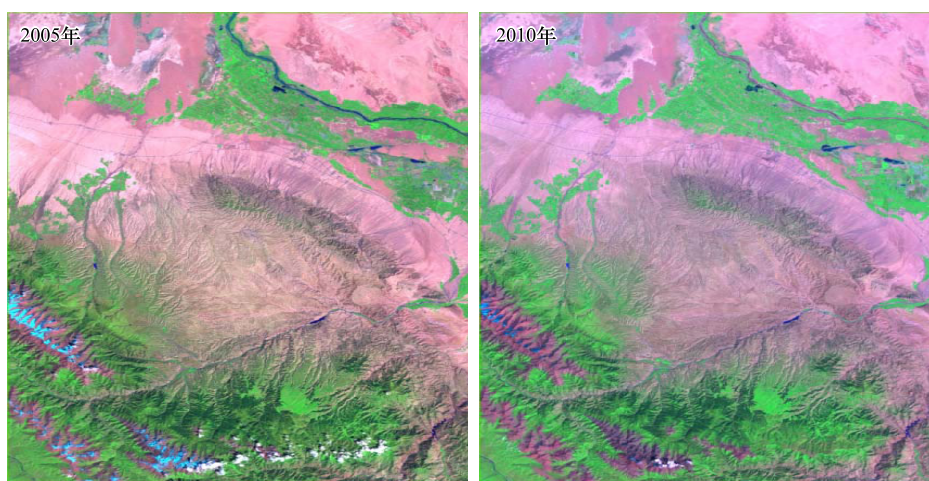


图3 研究区TM真彩色合成影像

Fig.3 The true-color composite TM image of study area

以看出随着相似度的降低,检出的发生变化的区域面积逐渐减少,当相似度降低到一定程度时,变化面积下降趋势变缓,也就是说随着相似度的降低,误检率快速下降。但是,从选定的变化像斑来看,随着相

似度的降低,发生变化的像斑检出率也快速下降,采用光谱特征向量相似度方法进行变化检测最大的缺陷是随着漏检率的减少,误检率快速增加(图4)。但是在实际从操作过程中,通常选择相似度的阈值



相对较大,比如相似度( $S$ )大于 0.9,则变化检出率高达 95.6%,确保变化的检出率达到课题设计的要求(85.0%)。对于因检出率提高而误检率增加的问题,采用 2010 年土地覆盖数据库建立土地覆盖光谱特征先验知识库,辅助变化区域分类,提高变化区域的分类精度。

利用地理信息系统软件,随机选择 500 个样本点,分别参照两期 TM 影像,进行人工目视解译,获得样本在两期图像上的土地覆盖信息,对 2005 和 2010 年的土地覆盖数据库进行精度验证。结果表明,采用光谱特征向量相似度方法并利用 2010 年土地覆盖数据作为辅助数据获得 2005 年土地覆盖数

据库一级类型分类精度高达 95.7%,二级类精度达到 87.3%,满足课题设计要求。但是同 2010 年土地覆盖数据精度进行比较,2005 年土地覆盖数据精度出现小幅度下降,主要是由于部分变化未检出以及部分土地覆盖类型光谱特征向量相似造成的错误分类引起的,比如湖泊与水库坑塘,裸土与稀疏植被等。针对变化检出率,将先前的 114 个样本点与随机选择的 500 个样本点合并,共获得样本点 614 个,其中变化样本点 126 个,与 2005—2010 年土地覆盖动态变化数据库进行叠加分析。结果表明,共有 143 个样本点发生变化,其中 109 个为实际发生变化点,变化检出率为 86.5%,误检率为 7.0%。

表 1 不同相似度变化检测对比

Table 1 Comparison of change detection in different similarity

相似度 Similarity	变化率/% Rate of change	正确数 Number of correct	样本数 Number of samples	检出率/% Detection rate
0.75	4.38	70	114	61.40
0.80	6.51	79	114	69.30
0.85	13.17	97	114	85.09
0.90	34.10	109	114	95.61

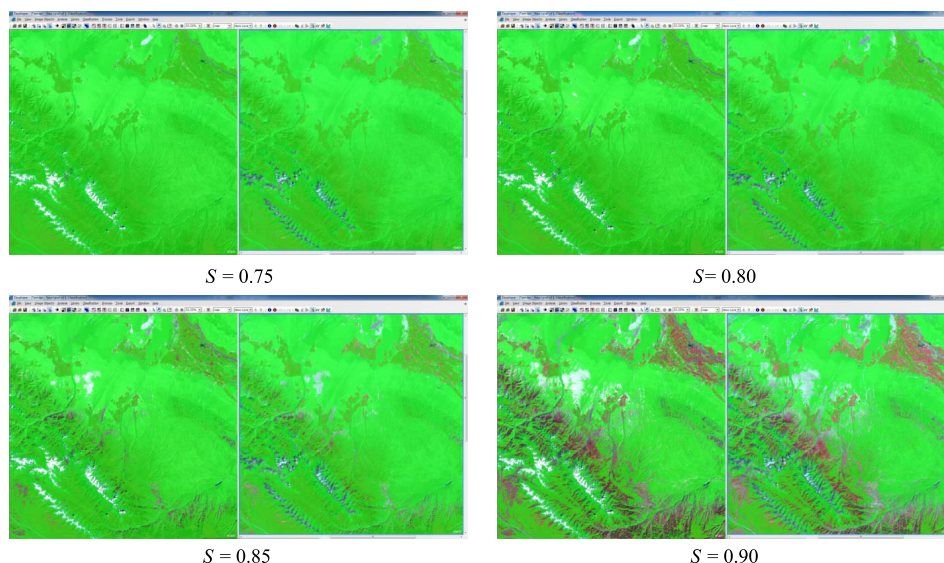


图 4 不同相似度变化检测对比

Fig.4 Comparison of change detection in different similarity

#### 4 结论与讨论

本文选择 TM134033 轨道号的图像为典型试验区验证光谱特征向量相似度方法在西北干旱区土地覆盖变化检测的适宜性,研究表明:

(1) 光谱特征向量相似度方法适合研究区的变

化检测研究,且利用先验知识库获得 2005 年土地覆盖数据库分类精度相对较高;

(2) 采用光谱特征向量相似度方法,计算量较少、运算速度快,适用于大规模快速变化检测;

(3) 光谱特征向量相似度方法对水域变化、耕地变化、建设用地变化以及植被盖度变化区域的检测

效果较好;

(4) 受到影像时相与云影响, 变化检测后期仍然需要一定的人工修改, 提高土地覆盖数据库精度;

(5) 检测时期的土地覆盖精度依赖于基准时期土地覆盖数据的精度。

研究以试验结果为重要参考, 将光谱特征向量相似度法应用于整个西北地区, 并结合分类后比较法, 最终获得三期整个西北地区的土地覆盖分类图。

## References:

- [ 1 ] Turner B L II, Skole D L, Sanderson S, Fischer G, Fresco L, Leemans R. Land-use and land-cover change. Science/Research Plan. Global Change Report, 1995.
- [ 2 ] Feng C, Guo J N, Min X J, Li X C, Fu Q X. New progress in land use/land cover change detection by remote sensing. Remote Sensing Information, 2006, (3): 81-85.
- [ 3 ] Li X B. A review of the international researches on land use/land cover change. Acta Geographica Sinica, 1996, 51(6): 553-558.
- [ 4 ] Chen Y Q, Verburg P H. Multi-scale spatial characterization of land use/land cover in China. Scientia Geographica Sinica, 2000, 20(3): 197-202.
- [ 5 ] Yu X X, Yang G S. The advances and problems of land use and land cover change research in China. Progress in Geography, 2002, 21(1): 51-57.
- [ 6 ] Shi P J, Gong P, Li X B. The method and practice of land use/land cover change. Beijing: science press, 2000.
- [ 7 ] Meyer W B, Turner B L II. Human population growth and global land-use/cover change. Annual Review of Ecology and Systematics, 1992, 23: 39-61.
- [ 8 ] Lunetta R S, Elvidge C D. Remote Sensing Change Detection: Environmental Monitoring Methods and Applications. London, UK: Taylor & Francis Ltd., 1999.
- [ 9 ] Yu X X, Yang G S, Wang Y. Advances in researches on environmental effects of land use/cover change. Scientia Geographica Sinica, 2004, 24(5): 627-633.
- [ 10 ] Liu J G, Diamond J. China's environment in a globalizing world. Nature, 2005, 435(7046): 1179-1186.
- [ 11 ] Liu J Y, Zhang Z X, Zhuang D F, Zhang S W, Li X B. Study on temporal and spatial information of land use change in China by using remote sensing in 1990s. Beijing: science press, 2005.
- [ 12 ] Andréfouët S, Costello M J, Rast M, Sathyendranath S. Earth observations for marine and coastal biodiversity and ecosystems. Remote Sensing of Environment, 2008, 112(8): 3297-3299.
- [ 13 ] Goetz S J, Gardiner N, Viers J H. Monitoring freshwater, estuarine and near-shore benthic ecosystems with multi-sensor remote sensing: An introduction to the special issue. Remote Sensing of Environment, 2008, 112(11): 3993-3995.
- [ 14 ] Gao J X. Change detection based on remote sensing image. Science and Technology Information of Surveying and Mapping, 2005, (2): 1-4.
- [ 15 ] Tian X D, Liu Z. Mine target recognition based on shape similarity. Technical Acoustics, 2007, 26(3): 493-497.
- [ 16 ] Xu R L, Xu Z S. On similarity degrees of interval numbers. Mathematics in practice and theory, 2007, 37(24): 1-8.
- [ 17 ] Zhang Y, Liu Y D, Ji Z. Vector similarity measurement method. Technical Acoustics, 2009, 28(4): 532-536.
- [ 18 ] Li L, Shu N, Li X. Remote sensing image change detection based on the entropy difference of image segment. Remote Sensing Information, 2011(4): 38-41.
- [ 19 ] Benz U C, Hofmann P, Willhauck G, Lingenfelder I, Heynen M. Multi-resolution, object-oriented fuzzy analysis of remote sensing data for GIS-ready information. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 2004, 58(3): 239-258.

## 参考文献:

- [ 2 ] 冯春, 郭建宁, 闽祥军, 李杏朝, 傅俏燕. 土地利用/土地覆盖遥感变化检测方法新进展. 遥感信息, 2006, (3): 81-85.
- [ 3 ] 李秀彬. 全球环境变化研究的核心领域——土地利用/土地覆被变化的国际研究动向. 地理学报, 1996, 51(6): 553-558.
- [ 4 ] 陈佑启, Verburg P H. 中国土地利用/土地覆盖的多尺度空间分布特征分析. 地理科学, 2000, 20(3): 197-202.
- [ 5 ] 于兴修, 杨桂山. 中国土地利用/覆被变化研究的现状与问题. 地理科学进展, 2002, 21(1): 51-57.
- [ 6 ] 史培军, 宫鹏, 李晓兵. 土地利用/覆被变化研究的方法与实践. 北京: 科学出版社, 2000.
- [ 9 ] 于兴修, 杨桂山, 王瑶. 土地利用/覆被变化的环境效应研究进展与动向. 地理科学, 2004, 24(5): 627-633.
- [ 11 ] 刘纪远, 张增祥, 庄大方, 张树文, 李秀彬. 20 世纪 90 年代中国土地利用变化的遥感时空信息研究. 北京: 科学出版社, 2005.
- [ 14 ] 高建新. 基于遥感影像的变化检测研究. 测绘科技情报, 2005, (2): 1-4.
- [ 15 ] 田晓东, 刘忠. 基于形状相似度的水下目标识别算法. 声学技术, 2007, 26(3): 493-497.
- [ 16 ] 许瑞丽, 徐泽水. 区间数相似度研究. 数学的实践与认识, 2007, 37(24): 1-8.
- [ 17 ] 张宇, 刘雨东, 计钊. 向量相似度测度方法. 声学技术, 2009, 28(4): 532-536.
- [ 18 ] 李亮, 舒宁, 李雪. 基于像斑差熵的遥感影像变化检测. 遥感信息, 2011(4): 38-41.