



基于特征融合的遥
感图像变化检测

陈宇 洪锦锋 付逊
杨振兴 曾庆

项目介绍

项目研究成果

小波融合的差异图构造

聚类方法

成员分工与收获

项目经费分配

基于特征融合的遥感图像变化检测

降噪小波融合与划分直方图的变化检测

陈宇 洪锦锋 付逊 杨振兴 曾庆

西北工业大学理学院



目录

基于特征融合的遥
感图像变化检测

陈宇 洪锦锋 付逊
杨振兴 曾庆

项目介绍

项目研究成果

小波融合的差异图构造

聚类方法

成员分工与收获

项目经费分配

1 项目介绍

2 项目研究成果

- 小波融合的差异图构造
- 聚类方法

3 成员分工与收获

4 项目经费分配



变化检测简介

基于特征融合的遥
感图像变化检测

陈宇 洪锦锋 付逊
杨振兴 曾庆

项目介绍

项目研究成果

小波融合的差异图构造

聚类方法

成员分工与收获

项目经费分配

定义

- 变化检测是从不同时期的遥感数据中定量分析和确定地表变化特征的过程。
- 遥感影像通过像素灰度值的高低差异及空间变化来表示不同地物的差异。

研究意义

- 更新地理数据的关键技术
- 评估灾害和土地覆盖监测的关键技术
- 新一代智能型对地观测卫星的关键技术



变化检测主要内容

基于特征融合的遥
感图像变化检测

陈宇 洪锦锋 付逊
杨振兴 曾庆

项目介绍

项目研究成果

小波融合的差异图构造

聚类方法

成员分工与收获

项目经费分配

基于差异图的变化检测三大关键步骤

- 图像预处理（降低检测误差）
- 差异图的构造（突出变化信息）
- 变化信息检测（差异图的分割）



项目创新点

基于特征融合的遥感图像变化检测

陈宇 洪锦锋 付逊
杨振兴 曾庆

项目介绍

项目研究成果

小波融合的差异图构造

聚类方法

成员分工与收获

项目经费分配

提出一种基于小波融合和改进模糊聚类的变化检测方法，该方法主要依靠以下两个创新点：

- 降噪小波融合
- 划分直方图的模糊 C 均值

实验结果表明，该方法的检测精度和检测稳定性优于传统的变化检测方法，同时提高了检测效率。



变化检测概览

基于特征融合的遥
感图像变化检测

陈宇 洪锦锋 付逊
杨振兴 曾庆

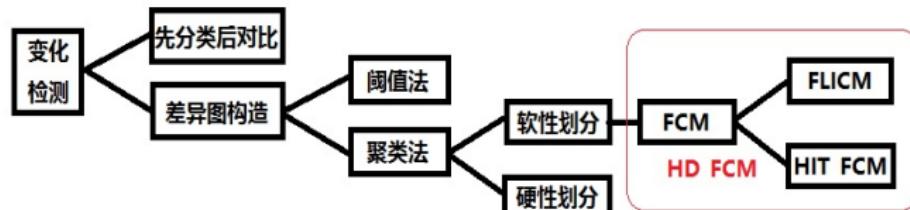
项目介绍

项目研究成果

小波融合的差异图构造
聚类方法

成员分工与收获

项目经费分配



图：变化检测方法图谱



基本差异图构造方法

基于特征融合的遥
感图像变化检测

陈宇 洪锦锋 付逊
杨振兴 曾庆

项目介绍

项目研究成果

小波融合的差异图构造

聚类方法

成员分工与收获

项目经费分配

差值法

$$DI_{d1}(i, j) = |img1(i, j) - img2(i, j)| \quad (1)$$

比值法

● 对数比

$$DI_l(i, j) = |\log img1(i, j) - \log img2(i, j)| \quad (2)$$

● 均值比

$$DI_m(i, j) = 1 - \min\left(\frac{\mu_1}{\mu_2}, \frac{\mu_2}{\mu_1}\right) \quad (3)$$



图像融合

基于特征融合的遥
感图像变化检测

陈宇 洪锦锋 付逊
杨振兴 曾庆

项目介绍

项目研究成果

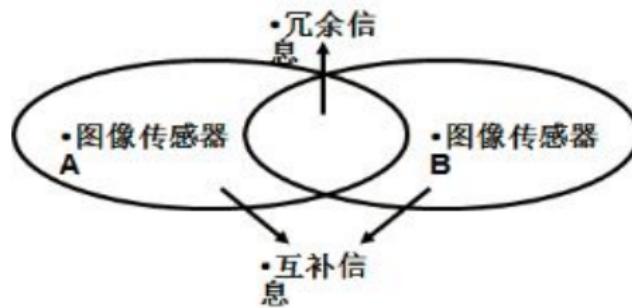
小波融合的差异图构造

聚类方法

成员分工与收获

项目经费分配

用特定的算法将两幅或多幅图像综合成一幅图像，使得融合后的图像对场景具有更全面、更清晰的描述。



图：图像融合



小波融合

基于特征融合的遥
感图像变化检测

陈宇 洪锦锋 付逊
杨振兴 曾庆

项目介绍

项目研究成果

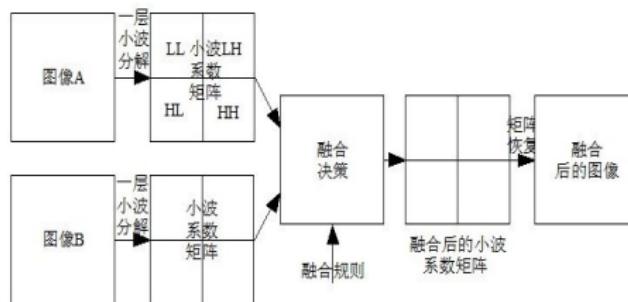
小波融合的差异图构造

聚类方法

成员分工与收获

项目经费分配

- **原理：**利用小波变换将图像分解为一系列具有不同方向和不同分辨率的子图像，以代表原图的各个特征分量，使得融合处理可以根据不同的特征分量采用不同的融合方法以达到最佳融合效果。



图：小波融合示意图



小波融合规则 1

基于特征融合的遥
感图像变化检测

陈宇 洪锦锋 付逊
杨振兴 曾庆

项目介绍

项目研究成果

小波融合的差异图构造

聚类方法

成员分工与收获

项目经费分配

基于单个像素的融合规则（一般用于低频）

- 小波系数的直接替换或追加
- 小波系数绝对值取大
- 小波系数加权平均等



小波融合规则 2

基于特征融合的遥
感图像变化检测

陈宇 洪锦锋 付逊
杨振兴 曾庆

项目介绍

项目研究成果

小波融合的差异图构造

聚类方法

成员分工与收获

项目经费分配

基于区域特征的融合规则（一般针对高频）

● 局部平均梯度准则

$$G = \frac{1}{MN} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N \sqrt{\Delta x f(i,j)^2 + \Delta y f(i,j)^2} \quad (4)$$

● 基于局域方差的方法

$$\delta(i,j) = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{k,l \in S(i,j)} (W(k,l) - E[S(i,j)])^2} \quad (5)$$

$$f(i,j) = \begin{cases} W_A(i,j) & \delta_A(i,j) \geq \delta_B(i,j); \\ W_B(i,j) & \delta_A(i,j) < \delta_B(i,j). \end{cases} \quad (6)$$



小波融合规则 2

基于特征融合的遥
感图像变化检测

陈宇 洪锦锋 付逊
杨振兴 曾庆

项目介绍

项目研究成果

小波融合的差异图构造

聚类方法

成员分工与收获

项目经费分配

基于区域特征的融合规则（一般针对高频）

● 基于能量的方法（本文方法）

$$diL = (Low_1 + Low_2)/2 \quad (7)$$

$$diH_k(i, j) = \begin{cases} D_k^l(i, j) & E_k^l(i, j) \leq E_k^{lm}(i, j) \\ D_k^{lm}(i, j) & E_k^l(i, j) > E_k^{lm}(i, j) \end{cases} \quad (8)$$

diL 、 diH_k 分别表示融合后的低频系数和高频系数， $Low_i (i = 1, 2)$: 表示对数比图和对数均值比图的低频系数。 $k = (LH, HL, HH)$: 对应的水平分量，垂直分量和对角分量； l 和 lm : 对数比图像和均值比图

像； $D_k^n(i, j) (n = l, lm)$: 对应差异图中坐标为 (i, j) 的高频系数；

$E_k^n(i, j) = \sum_{p \in N(i, j)} [D_k^n(p)]^2 (n = l, lm)$: 局部能量； $N(i, j)$ 表示以 (i, j) 为中心的 3×3 的窗口；

$D_k^n(p) (n = l, lm), p = 1, 2, \dots, 3 \times 3$ 的窗口内的第 p 个系数。)



差异图构造结果

基于特征融合的遥
感图像变化检测

陈宇 洪锦锋 付逊
杨振兴 曾庆

项目介绍

项目研究成果

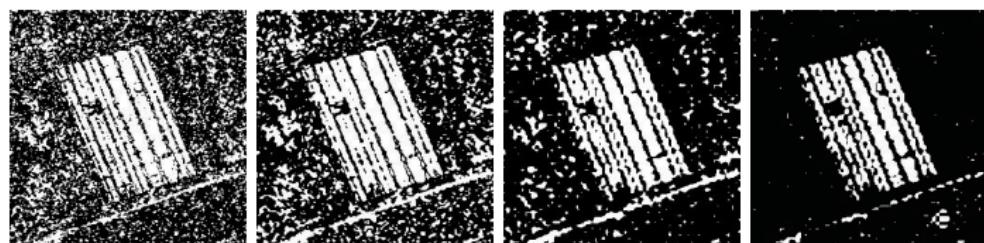
小波融合的差异图构造

聚类方法

成员分工与收获

项目经费分配

图像一差异图基于 FCM 的聚类效果：



(a) 对数比 (b) 对数均值比 (c) 均值比对数 (d) 本文方法融
比融合 合

图：我国黄河地区的 SAR 图像变化检测效果图



差异图构造结果

基于特征融合的遥
感图像变化检测

陈宇 洪锦锋 付逊
杨振兴 曾庆

项目介绍

项目研究成果

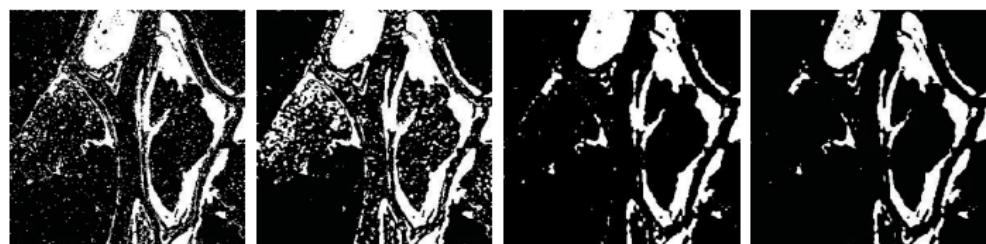
小波融合的差异图构造

聚类方法

成员分工与收获

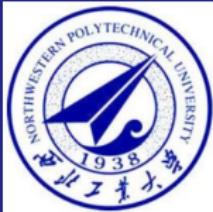
项目经费分配

图像二差异图基于 FCM 的聚类效果：



(a) 对数比 (b) 对数均值比 (c) 均值比对数
比融合 (d) 本文方法融
合

图：Ottawa 地区水灾的 SAR 图像变化检测效果图



差异图构造结果

基于特征融合的遥
感图像变化检测

陈宇 洪锦锋 付逊
杨振兴 曾庆

项目介绍

项目研究成果

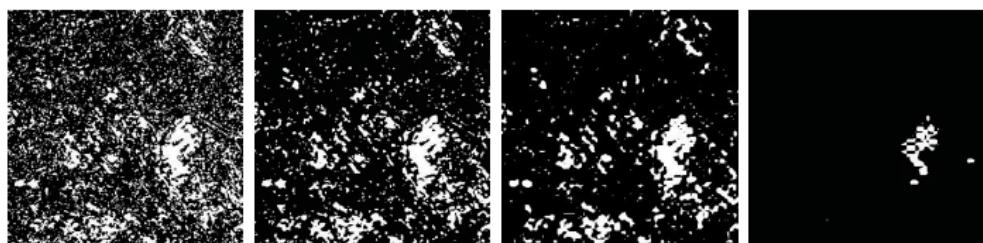
小波融合的差异图构造

聚类方法

成员分工与收获

项目经费分配

图像三差异图基于 FCM 的聚类效果：



(a) 对数比图像 (b) 对数均值比 (c) 均值比对数 (d) 本文方法融
比融合 合

图：瑞士伯尔尼市附近区域的 SAR 图像变化检测效果图



差异图构造结果

基于特征融合的遥
感图像变化检测

陈宇 洪锦锋 付逊
杨振兴 曾庆

项目介绍

项目研究成果

小波融合的差异图构造

聚类方法

成员分工与收获

项目经费分配

表：变化检测统计指标

差异图	差异图构造方法	ACC(%)	Kappa(%)
图像 1	对数比	72.49	62.04
	对数均值比	75.58	67.69
	均值比对数比融合	88.50	87.01
	本文方法	97.70	97.65
图像 2	对数比	91.29	87.19
	对数均值比	88.49	82.44
	均值比对数比融合	97.42	96.44
	本文方法	97.72	96.91
图像 3	对数比	75.25	66.28
	对数均值比	84.81	81.63
	均值比对数比融合	89.41	87.84
	本文方法	99.07	99.04



聚类方法简介

基于特征融合的遥
感图像变化检测

陈宇 洪锦锋 付逊
杨振兴 曾庆

项目介绍

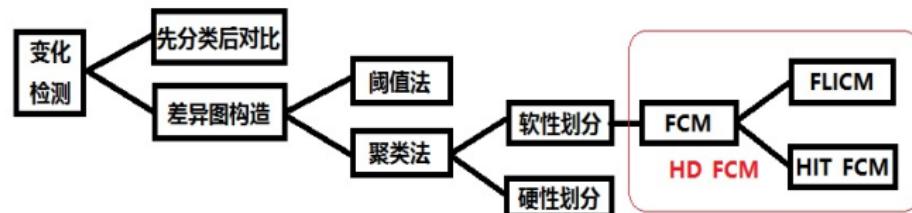
项目研究成果

小波融合的差异图构造

聚类方法

成员分工与收获

项目经费分配



图：变化检测方法图谱



聚类方法简介 1

基于特征融合的遥
感图像变化检测

陈宇 洪锦锋 付逊
杨振兴 曾庆

项目介绍

项目研究成果

小波融合的差异图构造

聚类方法

成员分工与收获

项目经费分配

模糊 C 均值 (Fuzzy C-means Clustering, FCM)

● 目标函数

$$J_m = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^c u_{ji}^m d^2(x_i, v_j) \quad (9)$$

● 迭代公式

$$v_j^b = \frac{\sum_{i=1}^N (u_{ji}^b)^m x_i}{\sum_{i=1}^N (u_{ji}^b)^m} \quad (10)$$

$$u_{ji}^{(b+1)} = \frac{1}{\sum_{k=1}^c (\frac{d_{ji}}{d_{ki}})^{2/(m-1)}} \quad (11)$$



聚类方法简介 2

基于特征融合的遥
感图像变化检测

陈宇 洪锦锋 付逊
杨振兴 曾庆

项目介绍

项目研究成果

小波融合的差异图构造

聚类方法

成员分工与收获

项目经费分配

直方图模糊 C 均值 (Histogram-based FCM, HIT_FCM)

● 目标函数

$$J_m = \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^c \gamma_i u_{ji}^m (\|\xi_i - v_k\|)^2 \quad (12)$$

● 迭代公式

$$v_j^b = \frac{\sum_{i=1}^M \gamma_i (u_{ji}^b)^m x_i}{\sum_{i=1}^N \gamma_i (u_{ji}^b)^m} \quad (13)$$

$$u_{ji}^{(b+1)} = \frac{1}{\sum_{k=1}^c \left(\frac{\xi_i - v_i}{\xi_i - v_k} \right)^{2/(m-1)}} \quad (14)$$



聚类方法简介 3

基于特征融合的遥
感图像变化检测

陈宇 洪锦锋 付逊
杨振兴 曾庆

项目介绍

项目研究成果

小波融合的差异图构造
聚类方法

成员分工与收获

项目经费分配

划分直方图的模糊 C 均值 (Histogram-dividing FCM, HD_FCM)

- **敏感类：**和几个聚类中心的灰度值的距离都比较接近甚至相等的灰度级。
- **处理方法：**对可能是敏感类的各灰度级所包含的像素点进行随机划分，使一个灰度级一类变为一个灰度级几类；对非敏感类保留批处理。
- **方法原理：**进行对敏感类灰度级的划分后，原本一个随机隶属度决定一个灰度级的状况变为划分类数目的灰度级决定一个灰度级。



聚类方法简介 4

基于特征融合的遥
感图像变化检测

陈宇 洪锦锋 付逊
杨振兴 曾庆

项目介绍

项目研究成果

小波融合的差异图构造
聚类方法

成员分工与收获

项目经费分配

A robust fuzzy local information c-means clustering algorithm,(FLICM)

● 目标函数

$$J_m = \sum_{i=1}^N \sum_{k=1}^c u_{ki}^m (||x_i - v_k||^2 + G_{ki}) \quad (15)$$

这里 G_{ki} 表示模糊因子，其定义如下：

$$G_{ki} = \sum_{\substack{j \in N_i \\ i \neq j}} \frac{1}{d_{ij} + 1} (1 - u_{kj})^m ||x_j - v_k||^2 \quad (16)$$



聚类效果对比

基于特征融合的遥
感图像变化检测

陈宇 洪锦锋 付逊
杨振兴 曾庆

项目介绍

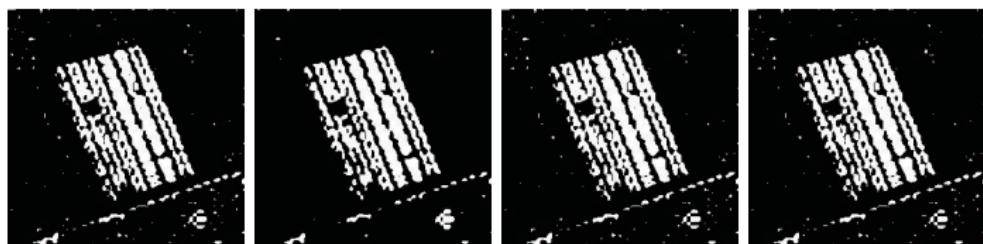
项目研究成果

小波融合的差异图构造

聚类方法

成员分工与收获

项目经费分配



(a) FCM (b) FLICM (c) HIT_FCM (d) HD_FCM

图：图像 1 的聚类效果图



聚类效果对比

基于特征融合的遥
感图像变化检测

陈宇 洪锦锋 付逊
杨振兴 曾庆

项目介绍

项目研究成果

小波融合的差异图构造

聚类方法

成员分工与收获

项目经费分配



(a) FCM (b) FLICM (c) HIT_FCM (d) HD_FCM

图：图像 2 的聚类效果图



聚类效果对比

基于特征融合的遥
感图像变化检测

陈宇 洪锦锋 付逊
杨振兴 曾庆

项目介绍

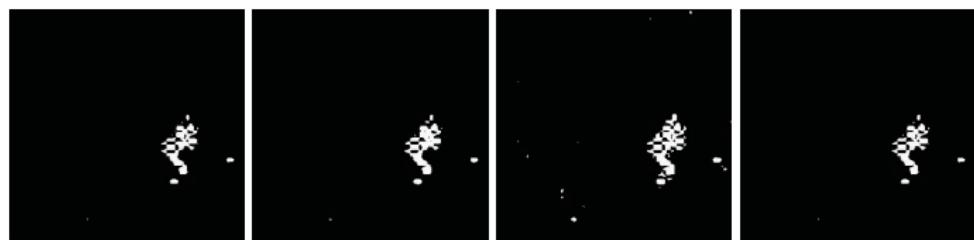
项目研究成果

小波融合的差异图构造

聚类方法

成员分工与收获

项目经费分配



(a) FCM (b) FLICM (c) HIT_FCM (d) HD_FCM

图：图像 3 的聚类效果图



聚类效果对比

基于特征融合的遥
感图像变化检测

陈宇 洪锦锋 付逊
杨振兴 曾庆

项目介绍

项目研究成果

小波融合的差异图构造

聚类方法

成员分工与收获

项目经费分配

表：变化检测统计指标

差异图	聚类方法	ACC(%)	Kappa(%)	$var(10^{-4})$	Time(s)
图像 1	FCM	97.7039	97.6499	—	0.5922
	FLICM	98.2430	98.2115	—	829.05
	HIT_FCM	97.7039	97.6499	—	0.0017
	HD_FCM	97.7039	97.6499	—	0.0021
图像 2	FCM	97.7212	96.9059	—	0.3906
	FLICM	97.7685	96.9759	—	868.33
	HIT_FCM	97.7212	96.9059	—	0.0009
	HD_FCM	97.7212	96.9059	—	0.0024
图像 3	FCM	99.0300	99.0036	0.0511	0.3031
	FLICM	99.0442	99.0177	—	471.58
	HIT_FCM	98.7672	98.7202	0.9786	0.0008
	HD_FCM	99.0136	98.9855	0.1635	0.0013



算法精度稳定性

基于特征融合的遥
感图像变化检测

陈宇 洪锦锋 付逊
杨振兴 曾庆

项目介绍

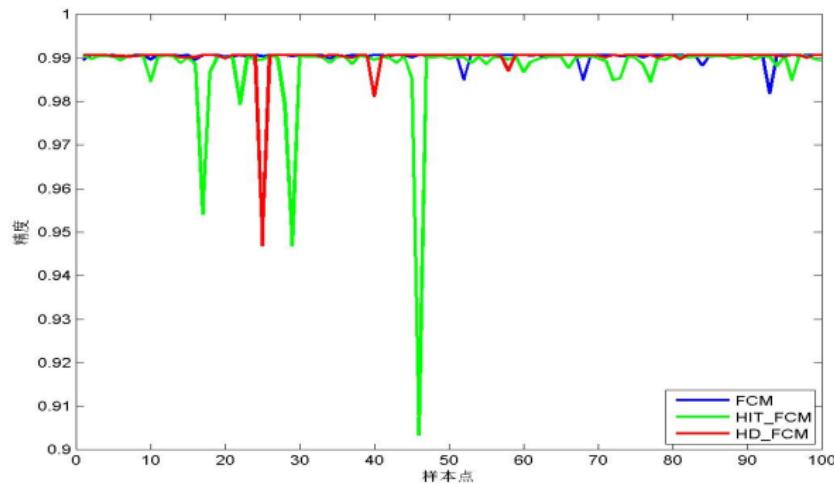
项目研究成果

小波融合的差异图构造

聚类方法

成员分工与收获

项目经费分配



图：算法精度稳定性对比图



成员分工与收获

基于特征融合的遥
感图像变化检测

陈宇 洪锦锋 付逊
杨振兴 曾庆

项目介绍

项目研究成果

小波融合的差异图构造

聚类方法

成员分工与收获

项目经费分配

姓名	学号	所在学院	联系电话	项目分工
洪锦锋	20143 02759	理学院	18729351440	融合算法研究
曾庆	20143 02770	理学院	13324530095	融合算法研究
杨振兴	20143 02769	理学院	18392446385	聚类算法研究
陈宇	20143 02836	理学院	15929963174	聚类算法研究
付逊	20143 02758	机电学院	15929313557	聚类算法研究



项目经费分配

基于特征融合的遥
感图像变化检测

陈宇 洪锦锋 付逊
杨振兴 曾庆

项目介绍

项目研究成果

小波融合的差异图构造

聚类方法

成员分工与收获

项目经费分配

序号	具体支出内容	金额	备注
1	图书	8043.0	报销
2	办公用品(U 盘, 文件夹, 笔记本)	1502.9	报销
3	图书	1440.6	未报销
4	笔, 笔记本等办公用品	350.2	未报销
合 计		9545.59	