

Classification Method of Lake Water in Remote Sensing Image Based on Support Vector Machine

基于支持向量机的遥感影像湖泊水体分类方法

答辩人：王迪

China University of Petroleum(East China)
中国石油大学（华东）

School of Geosciences
地球科学与技术学院

Geomatics Engineering Class 1402
测绘工程 1402 班



June 19, 2018

简介

研究背景

为了进行湖泊区域水体变化检测，衡量人类活动的影响



Figure: Lake and Surrounding Dense Fishponds(R, G, B-NIR, R, G)

简介

研究现状

机器学习方法

- 通过水体指标提取结合主成分分析 (Principal Component Analysis, PCA) 对伊朗乌尔米耶湖进行变化检测 (Rokni, 2014)。
- Tran(2015) 对越南陈文泰县湄公河三角洲的水产养殖场采用最大似然分类法 (Maximum Likelihood Classification, MLC) 进行提取并检测区域变化
- 利用传统的支持向量机 (Support Vector Machine, SVM) 分类方法，通过光谱特性对鄱阳湖湿地进行了长期的变化分析 (Han, 2015)。
- 通过构建专家系统 (Expert System) 研究了近 32 年全世界水资源变化状况 (Pekel, 2016)。
- 定义规则的随机森林 (Random Forest, RF) 模型，采集水体进行提取指标变换后的特征，分析了武汉市周边湖泊多年的变化 (Deng, 2017)。
- 对中国及越南的四个河口三角洲使用连通成分分割 (Connected Component Segmentation) 的方法分离出鱼塘 (Ottinger, 2017)。

简介

研究内容

目的

区分湖泊自然水体与人工水体（如鱼塘）

问题

光谱相近

思想

- 面向对象：对象——同类地物像素的聚集
- 光谱特征 + 几何特征

数据

数据从USGS 官网获取。

Table: Data Table

Satellite	Sensor	row/col	Date	Resolution(m)	Adoption
Landsat-1	MSS	132/039	1973.12.08	60	Sensor Consistency
Landsat-3	MSS	133/039	1983.02.08	60	Water Extraction
Landsat-5	TM	123/039	1995.12.05	30	Sensor Consistency
Landsat-5	TM	123/039	1998.10.26	30	Water Extraction
Landsat-5	TM	123/039	2011.01.15	30	SVM(testing)
Landsat-7	ETM+	123/039	1999.12.24	30	Water Extraction
Landsat-7	ETM+	123/039	2001.01.11	30	Sensor Consistency
Landsat-8	OLI	123/039	2013.12.22	30	Sensor Consistency
Landsat-8	OLI	123/039	2014.01.23	30	SVM(training)
Landsat-8	OLI	122/039	2015.01.03	30	SVM(testing)
Landsat-8	OLI	123/039	2015.03.31	30	SVM(testing)
					Water Extraction

研究区

研究区位于中国湖北省，选择洪湖、斧头湖、梁子湖。

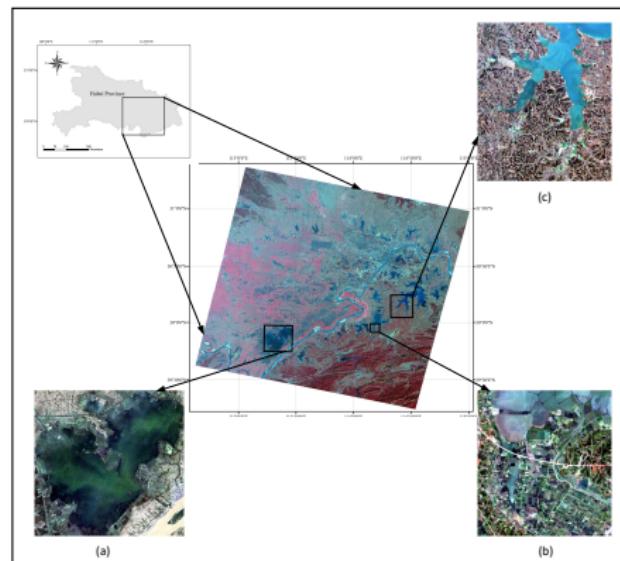


Figure: Honghu Lake, Futouhu Lake and Liangzihu Lake

准备工作

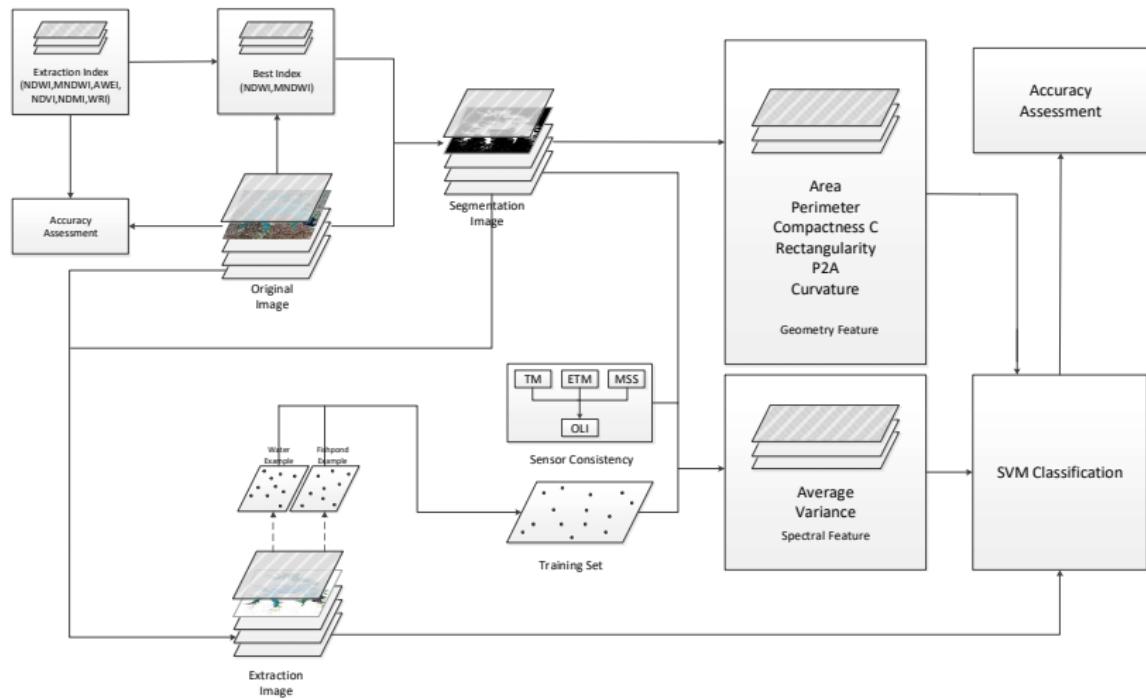
训练集

- 创建：在 ENVI 软件中对影像选取感兴趣区域 (Region of Interest, ROI)。
- 结果：总共 276 个对象，12 个水体对象以及 264 个鱼塘对象。

LIBSVM

- 由台湾大学 Chih-Jen Lin 教授开发的 SVM 程序库。
- 训练、建模、数据输入和预测。
- 使用在 MATLAB 中的接口。
- 了解更多：<https://www.csie.ntu.edu.tw/~cjlin/libsvm/>

水体提取 & 分类



水体提取

自动确定阈值

直方图区域分割法

假设 t 将像元值分为 k_1, k_2 两类 ($\leq t, > t$)。 k_i 类有 n_i 个像元, μ_i, σ_i 分别是 k_i 的均值和方差, m 是整个图像灰度的平均值。

$$m = \frac{\mu_1 n_1 + \mu_2 n_2}{n_1 + n_2}$$

类内方差:

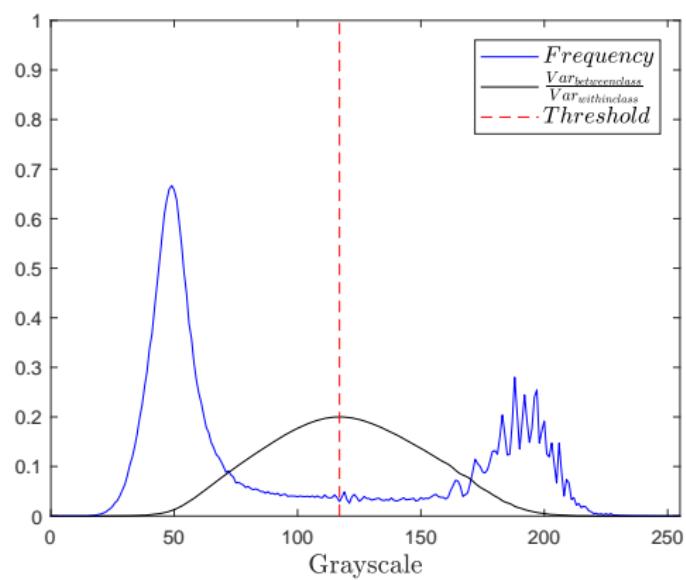
$$\sigma_W^2 = n_1 \sigma_1^2 + n_2 \sigma_2^2$$

类间方差:

$$\sigma_B^2 = n_1(\mu_1 - m)^2 + n_2(\mu_2 - m)^2$$

阈值:

$$T = \arg \max \frac{\sigma_B^2}{\sigma_W^2}$$



水体提取

结果



(a) 原始影像



(b) 分割结果



(c) 提取结果

特征获取

计算特征

光谱特征：各波段均值 (E), 方差 (Var)

几何特征

- 面积 (A), 周长 (P)
- 紧凑系数 (Compactness C), $P^2 A^1$

$$\text{Compactness } C = \sqrt{\frac{4\pi A}{P^2}}$$

$$P^2 A = \frac{P^2}{A}$$

- 矩形度 (Rectangularity)

$$\text{Rectangularity} = \frac{A}{A_{rec}}$$

A_{rec} 是对象最小外接矩形的面积。

¹R.S.Montero, et al. State of the art of compactness and circularity measures. Psychoanalysis & Contemporary Science, 2009.

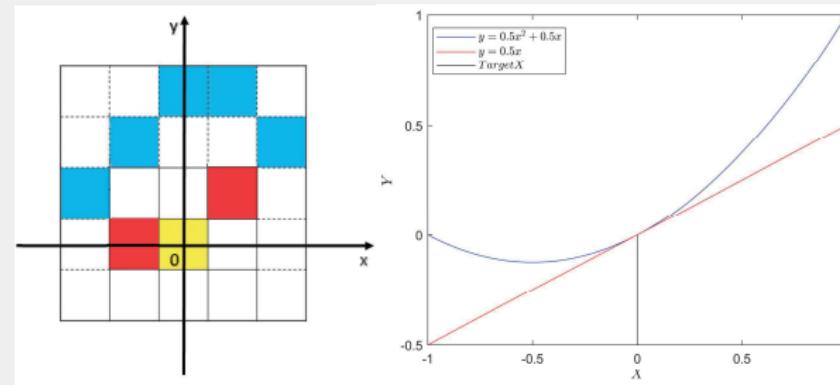
特征获取

计算特征

几何特征

■ 对象弯曲度 (Curvature)

$$K = \frac{|y''|}{(1 + y'^2)^{\frac{3}{2}}}, \quad Curvature = \frac{\text{number of } (K = 0)}{\text{number of (Edge Pixels)}}$$



分类

数据预处理

特征归一化

- 线性归一化：将数据归一化到 $[l, u]$

$$x_{ij}^{norm} = l + (u - l) \frac{x_j^{(i)} - \min x_{:j}}{\max x_{:j} - \min x_{:j}}$$

$x_{:j}$ 是包含所有对象第 j 个特征的向量。

确定惩罚系数 C 及 γ

- LIBSVM-grid.py

$$\gamma = \frac{1}{2\sigma^2}$$

分类

特征组合-英文简称说明

Spec-光谱特征

- E-对象各波段均值
- Var-对象各波段方差

Geo-几何特征

■ Basic-基本几何特征

Advanced-进阶几何特征

■ Macro-宏观角度

Micro-微观角度

■ P-对象周长, A-对象面积

P2A & Compactness C-对象紧凑性

rec-矩形度, cur-对象弯曲度

分类

特征组合

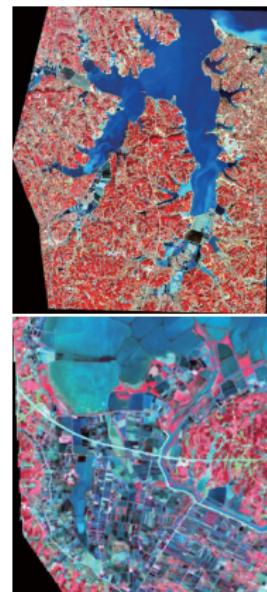
	Spec		Geo						
			Basic		Advanced				
	E	Var	P	A	P2A	Compactness	C	rec	Micro
Spec	√	√							
P+A			√	√					
Spec+P+A	√	√	√	√					
P+A+ger ²			√	√	√				
P+A+rec			√	√				√	
P+A+cur			√	√					√

²O.Macro, et al. Large-Scale Assessment of Coastal Aquaculture Ponds with Sentinel-1 Time Series Data. Remote Sensing, 2017

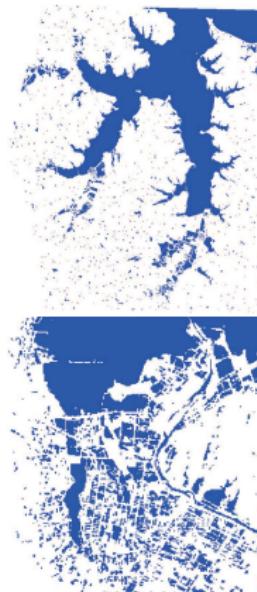
结果

水体提取

原始影像: R, G, B-NIR, R, G



(a) 原始影像



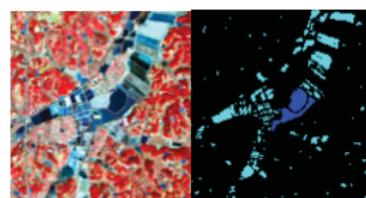
(b) 提取结果

结果

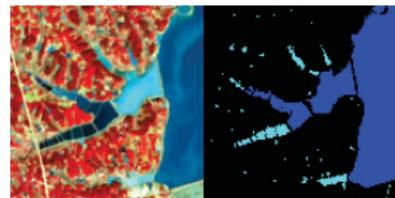
分类 (P+A+cur)

原始影像: R, G, B-NIR, R, G

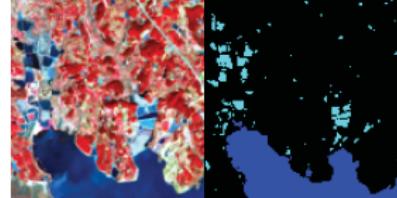
分类结果: 蓝色-自然水体, 青色-鱼塘



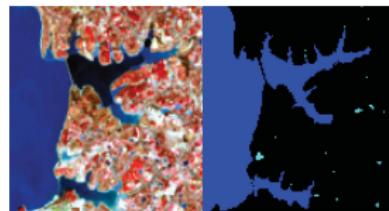
(a) 区域 1



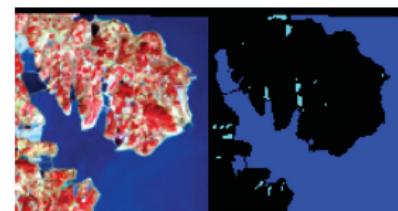
(b) 区域 2



(c) 区域 3



(d) 区域 4



(e) 区域 5

精度评价

水体提取-直方图分割

产生 1000 个随机点，每个区域 500 个。

Table: Accuracy Result of Automatic Water Extraction(OLI Sensor)

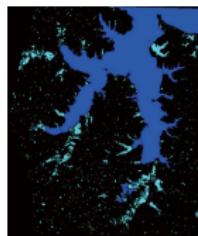
Research Area	Overall Accuracy	Producer's Accuracy	User's Accuracy	Kappa
Liangzihu Lake	82.200%	72.766%	87.245%	0.639
Futouhu Lake	95.400%	83.969%	98.214%	0.875
Integrate	88.800%	76.776%	91.234%	0.750

精度评价

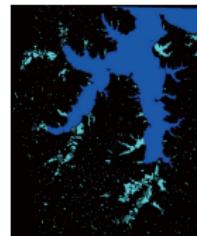
SVM 分类

评定了 TM 和 OLI 传感器的分类精度。

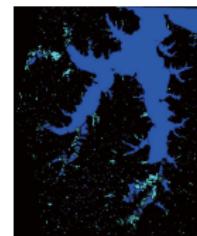
下面是两个例子：



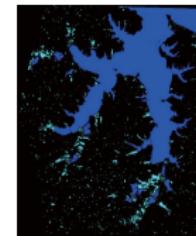
(a) Spec



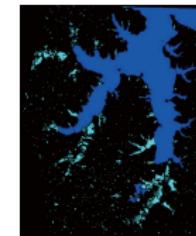
(b) P+A



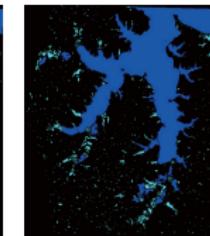
(c) Spec+P+A



(d) P+A+ger



(e) P+A+rec



(f) P+A+cur

Figure: Classification Result of West Liangzihu Lake Area

精度评价

SVM 分类



(a) Spec



(b) P+A



(c) Spec+P+A



(d) P+A+ger



(e) P+A+rec



(f) P+A+cur

Figure: Classification Result of South Futouhu Lake Area

精度评价

SVM 分类

Table: Classification Accuracy of West Liangzihu Lake Area with OLI Sensor

Feature Combination	Overall Accuracy	Producer's Accuracy		User's Accuracy		
		Lake Waterbody	Aquaculture	Lake Waterbody	Aquaculture	Kappa
spec	91.818%	90.909%	100.000%	100.000%	55.000%	0.667
P+A	90.000%	88.889%	100.000%	100.000%	50.000%	0.615
P+A+spec	93.636%	96.970%	63.636%	96.000%	70.000%	0.632
P+A+ger	97.273%	97.980%	90.909%	98.980%	83.333%	0.854
P+A+rec	92.727%	91.919%	100.000%	100.000%	57.895%	0.695
P+A+cur	97.273%	97.980%	90.909%	98.980%	83.333%	0.854

精度评价

SVM 分类

Table: Classification Accuracy of South Futouhu Lake Area with OLI Sensor

Feature Combination	Overall Accuracy	Producer's Accuracy		User's Accuracy		Kappa
		Lake Waterbody	Aquaculture	Lake Waterbody	Aquaculture	
spec	36.842%	0.000%	100.000%	0.000%	36.842%	0.000
P+A	81.871%	73.148%	96.825%	97.531%	67.778%	0.642
P+A+spec	88.889%	88.889%	88.889%	93.204%	82.353%	0.765
P+A+ger	71.345%	91.667%	36.508%	71.223%	71.875%	0.314
P+A+rec	90.643%	87.963%	95.238%	96.939%	82.192%	0.805
P+A+cur	85.380%	86.111%	84.127%	90.291%	77.941%	0.691

总结

- I 自动化水体提取效果较好，因为确定阈值时考虑了整个图像上像元灰度值的分布情况，并且选择了使得像元类别差异最大的阈值，便于之后的分类。
- II 不同的特征组合在各自较优的模型参数下进行分类会得到不同结果，表明数据点在不同特征空间中有着不同的分布。
- III 纯光谱特征对区分水体对象几乎不起作用，面积周长作为基本几何特征，可以对水体对象初步分割；而紧凑性，矩形度，弯曲程度这些高级几何特征则是在几何层面的更高维度对对象进行探测。
- IV 从对象弯曲性这一角度来衡量水体对象之间的差异较其他特征更为有效，其受由于分辨率因素导致的对象粘连引起对象形态改变的影响较弱，且在 30m 分辨率影像条件下的不同场景均有较强的适应性。
- V 可以考虑通过对对象的弯曲程度这种微观特征从几何角度来衡量自然水体与人工水体的差异，并有望应用到其他类似的自然地物与人工地物类型的分类上。
- VI **不足：**训练集中水体对象较少，数据欠丰富；分辨率有限、植被覆盖等，影响提取效果。

烦请各位不吝赐教

感谢这四年，谢谢你们！