

基于RS、GIS集成的水深探测研究

刘为峰¹, 徐造林¹, 黄永葛²

(1. 东南大学 计算机学院, 江苏 南京 210096;

2. 福建省港航管理局, 福建 福州 350002)

摘要:利用陆地卫星 TM 影像反射率和实测水深值之间的相关性,建立了遥感信息与水深之间的非线性回归模型。给出了遥感图像去噪算法。在此基础上设计了一个基于 GIS 组件 MapX,采用 C/S 架构,使用 VB 和 Microsoft SQL Server 数据库相结合的集成系统,实现了水深探测的可视化以及水深信息的查询和管理功能。实验结果表明,改进模型预测精度高,系统具有可视化、集成化和可扩展性强等特点,能够满足水深探测研究的需要。

关键词:水深探测;RS;GIS;集成;相关分析

中图分类号: TP399

文献标识码: A

文章编号: 1673-629X(2008)02-0240-04

Water Depth Detection Study Based on Integration of RS and GIS

LIU Wei-feng¹, XU Zao-lin¹, HUANG Yong-ge²

(1. School of Computer Science & Engineering, Southeast University, Nanjing 210096, China;

2. Fujian Port and Channel Bureau, Fuzhou 350002, China)

Abstract: A non-linear retrieve model was constructed for the relativity between the remote sensing information and the measured water depth. And proposed the improved algorithms of de-noising. And on the basis introduced an integrated system based on ComGIS, which use C/S framework and combine VB together with Microsoft SQL Server and realized the visibility of water depth and the query and management of water information. Experimental results shows that the estimation accuracy of improved model is better. The system has the feature of visibility, integration and expansibility, and it can meet the need of study of water depth detection.

Key words: water depth detection; RS; GIS; integration; correlation analysis

0 引言

水下地形是港口、航道工程研究及河床演变分析的基础资料^[1]。航道的水深断面分析是对航道状况进行总体认识的重要手段,对水深信息的获取,通常采用人工测绘的方法,这需要投入大量的人力和资金,具有更新周期慢、成本高昂等缺点。遥感技术近年来出现突飞猛进的发展,GIS的发展和运用使遥感技术的潜力得到进一步发挥。使用RS、GIS集成的方法进行水深信息获取和水深断面分析,具有直观性强、更新速度快以及成本低等优点。

以闽江水域为研究对象,选用陆地卫星 TM 影像作为遥感信息源,基于RS、GIS集成技术,利用遥感图像各波段对应的光谱值与实测水深信息的相关性,建立各波段值与水深值之间的非线性模型,用于反演水

下地形,开发水深检测的可视化信息管理系统。

1 基于模极大值的小波软阈值去噪算法

为了更加有效地提取被测水域的水深和航道边缘信息,必须先对遥感图像进行去噪预处理。传统的图像去噪方法中,人们根据图像特点、噪声统计特征以及图像频谱分布,发展了各式各样的去噪方法,其中最为直观的是根据噪声能量一般集中于高频,而图像频谱则分布于有限区间的这一特点,采用低通滤波的方法进行图像去噪的方法,例如滑动平均窗滤波器、Wiener滤波器等^[2]。近年来,小波理论得到了非常迅速的发展,而且由于小波具有良好的时频特性,因而广泛应用于去噪领域,许多学者应用小波方法进行去噪,取得了非常好的效果^[3-5]。

但无论是小波系数的阈值化或缩减,还是基于各种模型的小波方法,都会损失一些有用信息。因此从算法的时间复杂度考虑,文中在去噪算法的总体框架中使用小波软阈值方法^[4,5],在对图像进行软阈值去

收稿日期:2007-05-10

作者简介:刘为峰(1982-),男,江苏盐城人,硕士研究生,研究方向为地理信息系统和图像处理;徐造林,副教授,研究方向为计算机应用。

噪之前,先对小波系数依据模极大值的特点,分为边缘相关小波系数和非边缘相关小波系数,对于非边缘相关小波系数使用统一的阈值进行处理,而对于边缘相关小波系数尽量保留。

1.1 去噪算法的实现步骤

去噪算法的实现步骤^[4-6]:

- (1) 对噪声图像进行小波变换;
- (2) 找出边缘相关小波系数;
- (3) 计算各个高分辨率子带图像的去噪阈值:
 $T = \sigma \sqrt{2 \ln N}$;
- (4) 对非边缘相关的小波系数进行阈值去噪:

$$W^- = \begin{cases} W - \text{sgn}(W)T & |W| \geq T \\ 0 & |W| < T \end{cases} \quad (1)$$

(5) 对边缘相关的小波系数以及绝对值大于阈值的小波系数进行消除加性噪声处理,也即每个系数都减去一个很小的值,这个值代表叠加在这些系数上的加性噪声;

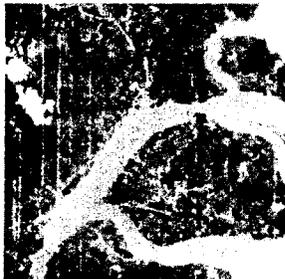
- (6) 进行小波反变换,得到去噪后的图像。

1.2 实验结果及分析

对于加入了零均高斯白噪声(噪声方差 σ 为 5)的闽江航道入海口区域的遥感图像进行去噪,分别应用基于模极大值的小波软阈值去噪算法和软阈值去噪算法进行去噪,去噪结果如图 1 所示,中间图像(b)为基于模极大值的小波软阈值去噪算法得到的图像(SNR = 37.204dB),右边的图像(c)为直接软阈值去噪算法得到的图像(SNR = 35.021dB)。



(a) 含噪图像 (b) 基于模极大值的小波软阈值去噪



(c) 直接软阈值去噪

图 1 实验图像

实验结果表明,基于小波模极大值的软阈值去噪方法在去噪性能和边缘信息保持方面均优于传统的去

噪法,因此文中选择该方法作为遥感图像的去噪方法。

2 水深遥感信息模型

随着对遥感探测水深认识的深入及 GIS 技术、计算机技术、空间遥测技术的发展,水深遥感逐步由定性分析发展为定量计算,其算法也由经验模型发展为半经验模型和基于辐射传输理论的模型算法。水深遥感定量模型研究的目的是建立一种能将遥感信息与水域水深相吻合的定量计算、分析模型。利用所得的模型可以快速处理研究被测水域的遥感图像,从而迅速获得大面积水域的水深信息^[7]。研究的方法是首先通过对水深值与各波段以及波段组合的光谱数据进行相关性分析;分别选择相关性大的波段以及波段组合与水深值进行回归分析,建立数学模型;然后使用独立的样本点对各模型进行精度分析。

以统计相关分析为基础的统计相关模型因为应用简便灵活而称为水深反演的主要算法之一。针对文中所研究的水域,经过统计相关分析,结果表明,遥感光谱值组合与水深之间存在良好的相关关系,因此文中主要研究以统计相关模式为基础建立适合本研究领域的水深遥感模型。

2.1 遥感光谱值与水深相关性分析

为了研究遥感波段信息与水深之间的关系,首先对研究水域地形数字化处理后输入 GIS,建立实测水下地形的数字地形模型。利用 MapInfo 软件提取整个研究水域遥感图像光谱数据和实测水深图上的相同位置的水深数据,再把相同位置的对应波长的光谱值和实际水深作为两个相关变量进行相关分析。相关系数表达式是:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} \quad (2)$$

其中: x_i 为对应波长的光谱值, \bar{x} 为 x_i 的均值; y_i 为实测水深, \bar{y} 为 y_i 的均值。

为了较好地反演水深因子,对单波段以及多波段组合与水深之间进行相关分析^[1],见表 1。

表 1 水深值与各波段反射率及波段组合的相关性分析

因子	TM1	TM2	TM3	TM4	TM2/TM3	ln(TM2 × TM3)	ln(TM1/TM3)
水深信息	H	H	H	H	H	lnH	lnH
相关系数	-0.578	-0.618	-0.604	-0.092	0.966	-0.992	0.994

结果表明,所研究水域以 TM2、TM3 波段所含水深信息最为丰富,水深与光谱值组合(TM2 × TM3)之间非线性关系良好。取 ln(TM2 × TM3) 为横坐标, lnH 为纵坐标,绘制散点图,如图 2 所示。

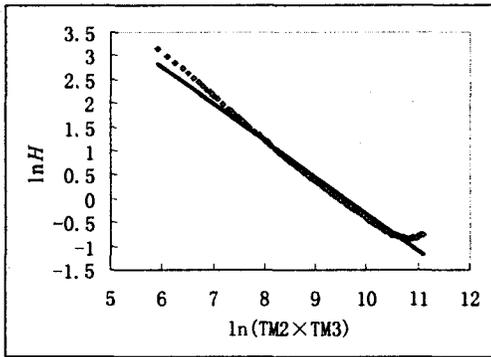


图 2 遥感光谱值与实际水深相关图

2.2 统计相关模型的建立

应用所测浅水域多波段扫描数据和实测水深值来建立统计相关关系式^[1]。如用测点光度计测量像片的光学密度值(B),建立与水深Z的相关式:

$$B = L + Ke^{-Z} \quad (3)$$

式中L、K为模式的统计相关系数。

实测水深与光谱值组合之间非线性方程可描述为:

$$H = k \times (TM2 \times TM3)^b \quad (4)$$

上述等式两边取对数得:

$$\ln(H) = \ln(k) + b \times \ln(TM2 \times TM3)$$

$$\text{令 } y = \ln(H), x = \ln(TM2 \times TM3), a = \ln(k),$$

则有:

$$y = a + b \times x \quad (5)$$

利用式(4),上述问题转化成一元线性回归问题。

2.3 相关方程的精度分析

由相关方程可以看出相关程度。在相关分析中用剩余标准差 S_K 表示适配精度。对于非线性回归,剩余标准差为:

$$S_K = \sqrt{\sum (H_i - \hat{H})^2 / (n - 2)} \quad (6)$$

2.4 改进的模型

文中提出和验证了三个改进的模型:

(1) 改进模型一。

通过对式(4)的误差分析发现,一元线性回归方程在水深值为0到5米时的反演误差较小,90%以上的误差发生在水深值大于5米的水域。所以考虑以5米为界限,将所研究的水域分为浅水区和深水区两个部分,再使用式(5)进行计算。

(2) 改进模型二。

文献[1]中使用数字变换的方法将式(4)转化为一元线性方程,进行线性回归分析。可以考虑直接使用非线性模型,非线性模型的过程以线型模型为基础,以线型模型算出的参数值通过变换后作为非线性模型的初始值,输入的非线性模型为:

$$H = \exp(a) \times (TM2 \times TM3)^b \quad (7)$$

(3) 改进模型三。

对线性回归方程的残差分析,结果表明回归函数中应包含变量的高次项。所以将上述的两个模型加以融合:

首先使用模型一的方法将所研究的水域分为浅水区和深水区两个部分;其次对浅水区使用非线性模型:

$$H = \exp(a + b \times \ln(TM2 \times TM3) + c \times [\ln(TM2 \times TM3)]^2) \quad (8)$$

选择三组(H, TM2, TM3)值,计算出(a, b, c)的初值,得到一组解(a₁, b₁, c₁),代入非线性回归方程(8),得到改进后的模型。

2.5 试验结果分析

本系统最终采用第三种模型。三个模型与原有模型^[1]的精度比较见表2。图3给出了最终模型浅水区实测水深与预测水深的比较图。最终模型在浅水区平均误差下降80.5%,平均相对误差下降54.7%,剩余标准差下降71.3%;深水区平均误差下降67.1%,平均相对误差下降93.8%,剩余标准差下降85.8%。

表 2 三种改进模型与原有模型精度比较

	原有模型	改进模型一		改进模型二	改进模型三
		浅水区	深水区		
平均相对误差	8.97%	7.20%	0.56%	6.16%	4.06%
平均误差(m)	0.210	0.078	0.069	0.383	0.041
S_K	0.705	0.155	0.10	2.05	0.202

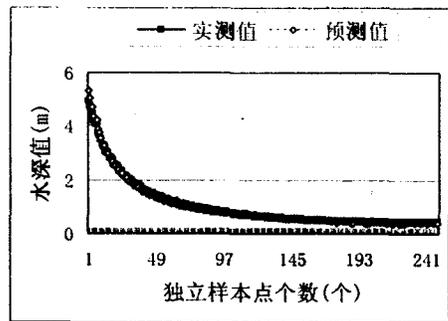


图 3 改进模型的试验结果

3 系统的集成

通过上述一系列过程可以从遥感图片中提取出航道边缘信息可以使用文献[6]的方法对航道进行边缘提取操作。

在VB集成开发环境下,本系统基于Microsoft SQL Server数据库,通过RS技术和GIS的集成,对遥感图像进行去噪和边缘提取^[6]处理,获取有用的空间信息,应用GIS技术,实现了具有空间信息和属性信息的水深检测系统。

本系统具有可视化、集成化和可扩展性强等特点,

可用于信息管理和工程规划与设计等实践应用之中,有助于进一步探索和研究航道水下地形的演变规律^[8]。

系统的功能模块如图4所示。

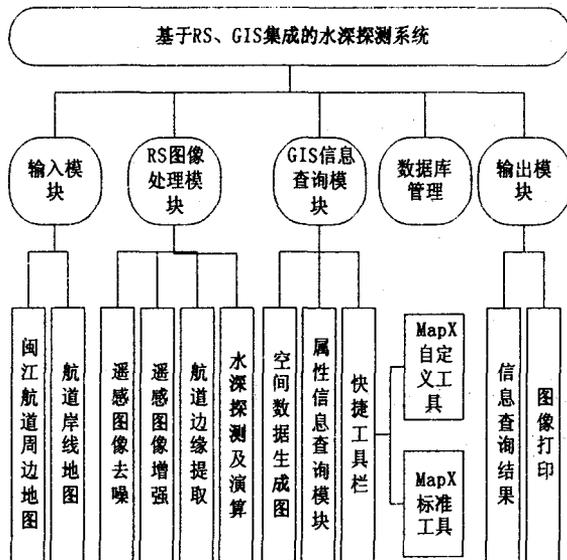


图4 系统总体框架图

4 结论

在研究了水深反演模型的基础上,提出了统计相

(上接第236页)

够提高工作效率,并提供了一个友好、高速和稳定的考试训练平台,是一种值得推广的新一代军队网上训练与考评系统。

参考文献:

- [1] Hollis B. 回到使用智能客户端的将来[DB/OL]. 2004. <http://www.microsoft.com/china/MSDN/library/enterprise-development/softwaredev/realworld03232004.msp>.

(上接第239页)

5 结论

利用进化规划对模糊规则基在无先验知识的条件下的结构和参数同时优化,简化了计算。实际控制利用离线寻找的规则基实现直接逆控制,整个过程的控制时间仅为一组前向规则基的运算时间,大大加快了系统的响应速度,仿真结果表明文中方法在提高系统、动静态性能方面有良好的特性。

参考文献:

- [1] Takagi T. Sugeno M. Fuzzy identification of systems and its

关模型的改进算法,平均相对误差和剩余标准差都有明显的下降,能够满足水深探测可视化应用的需求。文中给出了遥感图像处理的小波去噪方法。最后基于RS与GIS集成技术实现了水深探测系统,该系统提高了水深探测的精度,直观性强、更新速度快,而且成本低;具有实用价值,值得推广。

参考文献:

- [1] 陈一梅,张冬生,罗健. 内河水深遥感的应用[J]. 河海大学学报,2003,31(2):119-122.
 [2] Donoho D L. De-noising by soft-thresholding[J]. IEEE Trans IT, 1995,41(3):613-627.
 [3] 赵继印,郝志成,李建坡. 小波自适应比例改进算法在图像去噪的应用[J]. 光电工程,2006,33(1):81-84.
 [4] 李郁,同敬文. 一种基于小波分析的SAR图像去噪方法[J]. 计算机工程与设计,2004,25(2):309-310.
 [5] 柳薇,马争鸣. 基于边缘检测的图像小波阈值去噪方法[J]. 中国图像图形学报,2002,7(8):788-793.
 [6] 习景. 遥感图像边缘检测及其在航道GIS中的应用研究[D]. 南京:东南大学,2006.
 [7] 张鹰,张东. 水深遥感研究[J]. 河海大学学报,1998,26(6):68-72.
 [8] 习景,徐造林. 基于GIS的航道信息管理系统设计和实现[J]. 计算机技术与发展,2006,16(1):173-175.

- [2] 邹建峰,周山峰. C#企业级开发案例精解[M]. 北京:人民邮电出版社,2005.
 [3] 彭玉卓,杨开英,马俊. SmartClient 技术实现MIS系统中的离线应用[J]. 计算机技术与发展,2007,17(3):200-204.
 [4] 贾斌. 网络编程技巧与实例[M]. 北京:人民邮电出版社,2001.
 [5] 柴晓路,梁宇奇. Web Services 技术、架构和应用[M]. 北京:人民邮电出版社,2003.

- applications to modeling and control[J]. IEEE Trans on Systems, Man and Cybernetics, 1985,15(2):116-132.
 [2] Hwang H S. Linguistic fuzzy model identification[J]. IEEE Pro-Control Theory APPL,1995,142(6):537-543.
 [3] Wang Li-Xing. Generating Fuzzy Rules by learning from Examples[J]. IEEE Trans on Systems, Man and Cybernetics, 1992,22(6):1414-1427.
 [4] 陈得宝,赵春霞. 复数自适应进化规划及模糊规则基的自动提取[J]. 电子学报,2007,35(2):341-344.
 [5] 王耀南. 智能控制系统[M]. 长沙:湖南大学出版社,1996.
 [6] 陈得宝,赵春霞. 一种改进的自适应免疫进化规划方法及其应用[J]. 系统仿真学报,2006,18(5):1146-1150.