

文章编号: 1007-4619(2005)05-0589-07

# 利用改进的归一化差异水体指数 (MNDWI) 提取水体信息的研究

徐涵秋

(福州大学 环境与资源学院, 福建 福州 350002)

**摘 要:** 在对 M cfeeters 提出的归一化差异水体指数 (NDWI) 分析的基础上, 对构成该指数的波长组合进行了修改, 提出了改进的归一化差异水体指数 MNDWI (Modified NDWI), 并分别将该指数在含不同水体类型的遥感影像进行了实验, 大部分获得了比 NDWI 好的效果, 特别是提取城镇范围内的水体。NDWI 指数影像因往往混有城镇建筑用地信息而使得提取的水体范围和面积有所扩大。实验还发现 MNDWI 比 NDWI 更能够揭示水体微细特征, 如悬浮沉积物的分布、水质的变化。另外, MNDWI 可以很容易地区分阴影和水体, 解决了水体提取中难于消除阴影的难题。

**关键词:** 水体; 信息提取; 遥感; NDWI; MNDWI

**中图分类号:** TP751 **文献标识码:** A

## 1 引 言

卫星遥感对地观测系统以其宏观、准确和实时等诸多优点已在资源调查、环境监测、防灾减灾等众多的领域中发挥着越来越重要的作用。利用遥感信息技术监测水质变化、海岸线变化以及洪涝灾害等已在十几年里得到广泛地应用。水体的研究离不开对水体范围、界线的准确提取, 这对海岸线变化监测、洪涝灾害监测以及灾后评估尤为重要。

利用遥感信息提取水体信息的方法一般可分为单波段法和多波段法。单波段法主要选取遥感影像中的近红外波段并辅于阈值来提取水体<sup>[1]</sup>。这种方法利用了水体在近红外波长处的强吸收性以及植被和干土壤在此波长范围内的强反射性特点。但是单波段法很难去除水体中杂有的阴影。多波段法则主要利用多波段的优势综合提取水体信息, 并可分为谱间分析法和比值法。谱间分析法多为国内学者所采用<sup>[2-3]</sup>。它通过分析水体与背景地物的波谱曲线特征, 找出它们之间的变化规律, 进而用逻辑判别表达式将水体提取出来。这种方法通常比较复杂。

而比值法则根据不同地类在不同波段中的波谱特点, 利用比值计算快速提取水体信息。如用绿光或红光波段除以近红外波段的简单比值运算就有利于抑制植被信息, 增强水体信息<sup>[4]</sup>。但是这一方法无法彻底抑制与水体无关的背景信息。因此 M cfeeters 提出了归一化差异水体指数 (NDWI) 以解决这一问题<sup>[5]</sup>。但事实上 NDWI 只是改善了以上现象, 在很多情况下, 用 NDWI 提取的水体信息中仍然夹杂着许多非水体信息, 特别是在提取城市范围内的水体方面很不成功。因此, 本文仔细分析了城市水体及其背景地物的反射特点, 提出了能更好地提取城市水体信息的改进归一化差异水体指数 (MNDWI)。

## 2 水体的遥感信息模型

水体因对入射能量 (太阳光) 具有强吸收性, 所以在大部分遥感传感器的波长范围内, 总体上呈现较弱的反射率, 并具有随着波长的增加而进一步减弱的趋势 (图 1)。具体表现为在可见光的波长范围里 (480—580nm), 其反射率约为 4%—5%,

收稿日期: 2004-04-16; 修订日期: 2004-06-28

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (40371107), 福建省科技三项资助项目。

作者简介: 徐涵秋 (1955—) 男, 教授, 博导, 获爱尔兰国立大学博士学位。从事环境资源遥感方面的教学与研究, 已在《中国科学》《科学通报》《Land Degradation & Development》《Computers & Geosciences》《Journal of Environmental Sciences》等 SCI 收录的刊物上发表过近 50 篇论文。E-mail: fly@public.fz.fj.cn.

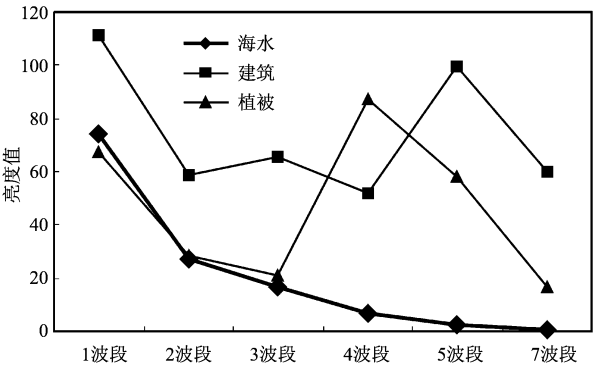


图 1 清澈海水、植被和建筑物的波谱特征  
(以厦门市 Landsat TM 影像为例)

Fig 1 Spectral signatures of clean sea water, vegetation and built-up land from the Landsat TM image of Xiamen City

但到了 580nm 处,则下降为 2%—3%;当波长大于 740nm 时,几乎所有入射纯水体的能量均被吸收<sup>[6-7]</sup>。因此,通常只能采用可见光波段来研究水体。其中水体在蓝光范围内的反射率相对较强,并具有明显的散射作用,绿光次之,红光相对较弱,这也是海水呈蓝色的主要原因。由于水体在近红外及随后的中红外波段范围内(740—2500nm)所具有的强吸收特点,导致了清澈水在这一波长范围内几乎无反射率,因此,这一波长范围常被用来研究水陆分界、圈定水体范围<sup>[6]</sup>。综上,清澈水体的遥感信息模型根据其反射率可以近似表示为:蓝光>绿光>红光>近红外>中红外。但是随着水体浑浊度(各种有机、无机物质浓度)的增加,水体的反射率会有所变化。如水体泥沙含量的增加会导致反射率的提高,并使光谱曲线的反射峰往长波方向移动。

3 水体指数的构建

目前利用比值运算创建的指数林林总总。比值型指数创建的基本原理就是在多光谱波段内,寻找出所要研究地类的最强反射波段和最弱反射波段,将强者置于分子,弱者置于分母。通过比值运算,进一步扩大二者的差距,使感兴趣的地物在所生成的指数影像上得到最大的亮度增强,而其他背景地物则受到普遍的抑制,从而达到突出感兴趣地物的目的。比值型指数通常又会被作归一化处理,使其数值范围统一到-1—1之间。这类指数最著名的当数广为使用的归一化差异植被指数  $NDVI^{[8]}$ 。受其启发而生成各种归一化差异型指数也应运而生。Mcfeeters 提出的归一化差异水体指数  $NDWI$

(Normalized Difference Water Index)便是其中之一,其公式如下:

$$NDWI = (Green - NIR) / (Green + NIR) \quad (1)$$

式中,Green 代表绿光波段;NIR 代表近红外波段。在 Landsat TM 影像中,分别为 2、4 波段。如前所述,由于水体的反射从可见光到中红外波段逐渐减弱,在近红外和中红外波长范围内吸收性最强,几乎无反射,因此用可见光波段和近红外波段的反差构成的  $NDWI$  可以突出影像中的水体信息。另外由于植被在近红外波段的反射率一般最强,因此采用绿光波段与近红外波段的比值可以最大程度地抑制植被的信息,从而达到突出水体信息的目的。这也是 Mcfeeters 选用近红外波段构建该指数的原因。

然而,Mcfeeters 在构建  $NDWI$  指数时,只考虑到了植被因素,却忽略了地表的另一个重要地类——土壤、建筑物。由于后者在绿光和近红外波段的波谱特征与水体几乎一致,即在绿光(TM2)的反射率高于近红外波段(TM4),且有的还具有较大的反差(图2)。因此采用公式(1)计算出来的  $NDWI$  指数中,建筑物和土壤也呈正值,有的数值还比较大(表1—3),容易和水体混淆,形成噪音。显然,用  $NDWI$  来提取有较多建筑物背景的水体,如城市中的水体,不会达到满意的效果。但是如果仔细分析图1、图2可以发现:建筑物的反射率从4波段到5波段骤然转强,所以在公式(1)中如果采用中红外波段(即5波段)替换近红外波段,则计算出来的建筑物的指数值将明显减小。反之,由于水体在中红外波段的反射率继续走低,因此替换后得出的指数值将会增大。这一增一减将使得水体与建筑物的反差明显增强,大大降低了二者的混淆、减少了背景噪音,从而有利于水体专题信息的准确提取。因此本文将  $NDWI$  指数作了修改,提

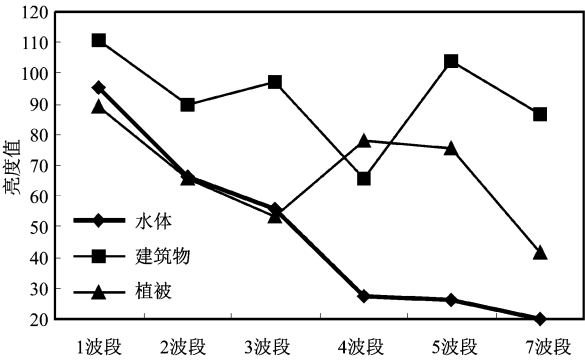


图 2 湖泊区 3 种地类的波谱曲线  
Fig 2 Spectral signatures of three major land use classes in the test lake area

出了以下的 *MNDWI* 指数:

$$MNDWI = (Green - MIR) / (Green + MIR) \quad (2)$$
其中 *MIR* 为中红外波段, 如 *TM ETM+* 的 5 波段。*MNDWI* 即为 *Modified NDWI* 意为改进归一化差异水体指数, 以下简称为改进水体指数。

在此需要指出的是 Gao 于 1996 年亦命名了一个 *NDWI* 用于研究植被的含水量<sup>[9]</sup>。他主要利用了植物在近红外波段具有最高的反射率, 而在中红外波段由于植物叶子水分的吸收作用导致反射率降低的特点, 构建了该指数:

$$NDWI_{Gao} = (NIR - MIR) / (NIR + MIR) \quad (3)$$
显然, 其波段构成与含义都与 Mcfeeters 的 *NDWI* 不同。Wilson 等在研究美国缅因州的森林时, 使用了归一化湿度指数 *NDMI* (Normalized Difference Moisture Index)<sup>[10]</sup>, 其公式及所使用的波长构成与 Gao 的完全一致。由于 Gao 的 *NDWI* 指数和 Wilson 等的 *NDMI* 指数主要是用于研究植物的水分, 它与 Mcfeeters 用于研究水体的 *NDWI* 指数有所不同, 二者属于同名异意。因此, 为了避免混淆, 建议将 Gao 的 *NDWI* 指数改称为 *NDMI* 指数, 以区别于 Mcfeeters 用于研究水体的 *NDWI* 指数。

4 实验方法

为了验证所提出的 *MNDWI* 指数的有效性, 分别选取了河流、湖泊和海洋这 3 种主要水体对 *NDWI* 和 *MNDWI* 指数进行了水体信息提取实验, 并对两种指数所获得的结果影像利用水体与背景地物的反差值 (*C*) 进行对比评价, 即:

$$C = F - B \quad (4)$$
其中: *C* 为反差值, *F* 为水体的 *MNDWI* 或 *NDWI* 均值, *B* 为背景地物的 *MNDWI* 或 *NDWI* 均值。

表 1 湖泊水体及其背景建筑物和植被的亮度均值、*NDWI* 均值和 *MNDWI* 均值

Table 1 Mean values of multispectral bands <i>NDWI</i> and <i>MNDWI</i> of lake water built up land and vegetation							
	1 波段	2 波段	3 波段	4 波段	5 波段	7 波段	
湖水	95.02	66.57	55.90	27.47	26.09	20.15	<i>NDWI</i> 0.42
建筑物	110.69	89.61	97.04	65.71	103.89	86.38	<i>NDWI</i> -0.15
植被	88.84	65.53	53.52	78.13	75.51	41.40	<i>NDWI</i> -0.09
<i>C</i> (湖水与建筑物) <sub><i>NDWI</i></sub> = 0.27				<i>C</i> (湖水与建筑物) <sub><i>MNDWI</i></sub> = 0.52			
<i>C</i> (湖水与植被) <sub><i>NDWI</i></sub> = 0.51				<i>C</i> (湖水与植被) <sub><i>MNDWI</i></sub> = 0.51			

最后取阈值为 0 分别对 *NDWI* 和 *MNDWI* 指数影像中的水体进行了提取, 将影像中像元值大于 0 的像元提取出来, 便获得了水体提取结果图。由于 *NDWI* 影像中的建筑物的灰度均值为正值, 因此大

为了使实验结果具有代表性, 选择的实验区的背景地物有的以植被为主, 有的以建筑物为主; 水体有的为洁净水, 有的为污染水。所采用的影像为 Landsat *TM ETM+*。为保持影像光谱值的原始性, 所有的影像除了进行了线性回归辐射校正外, 未做其他任何的预处理。对所形成的各种结果影像, 除了特殊说明以外, 均只做了同样的直方图两端各剔除 0.5% 的线性对比度拉伸。以保证评价的客观性。遥感影像处理采用的是 ER Mapper 软件。

4.1 湖泊水体

湖泊水体提取实验选在了福州市北边的八一水库, 影像为 2000-05-04 的 Landsat *ETM+* 影像。实验区的背景地物兼有植被和建筑物 (图 2 图 3(a))。分别用 *NDWI* (公式 (1)) 和 *MNDWI* (公式 (2)) 对水体进行了增强, 获得了水体增强影像图 (图 3(b), (c))。从图中可以看出, 在 *NDWI* 指数影像中, 虽然水体被增强, 但是背景建筑物灰度值也呈正值, 其 *NDWI* 的均值可达 0.15 (表 1), 形成明显的噪音 (图 3(b))。其原因在于建筑物和水体同样具有 2 波段均值明显高于 4 波段的特点 (图 2), 因此, 建筑物的 *NDWI* 均值和水体一样, 同样表现为正值。而这一现象在用 *MNDWI* 指数增强的影像中得以明显改善, 建筑物信息几乎被抑制 (图 3(c))。这主要是因为建筑物在 5 波段的反射率骤增, 且均值大于 2 波段 (图 2), 所以用 2 波段和 5 波段比值生成的 *MNDWI* 指数为负值 (均值为 -0.08 见表 1), 从而去除了建筑物噪音。进一步考察湖水与建筑物的反差值可以发现, *C<sub>MNDWI</sub>* 值 (0.52) 比 *C<sub>NDWI</sub>* 值 (0.27) 大了近一倍 (表 1), 反差值的增加, 显然有利于前景物与背景物的区分。

部分建筑物也伴随着水体一并被提出 (图 3(d)), 大大扩大了水体的范围。而用 *MNDWI* 提取的水体范围与实际情况吻合, 其效果明显好于 *NDWI* 指数 (图 3(e))。

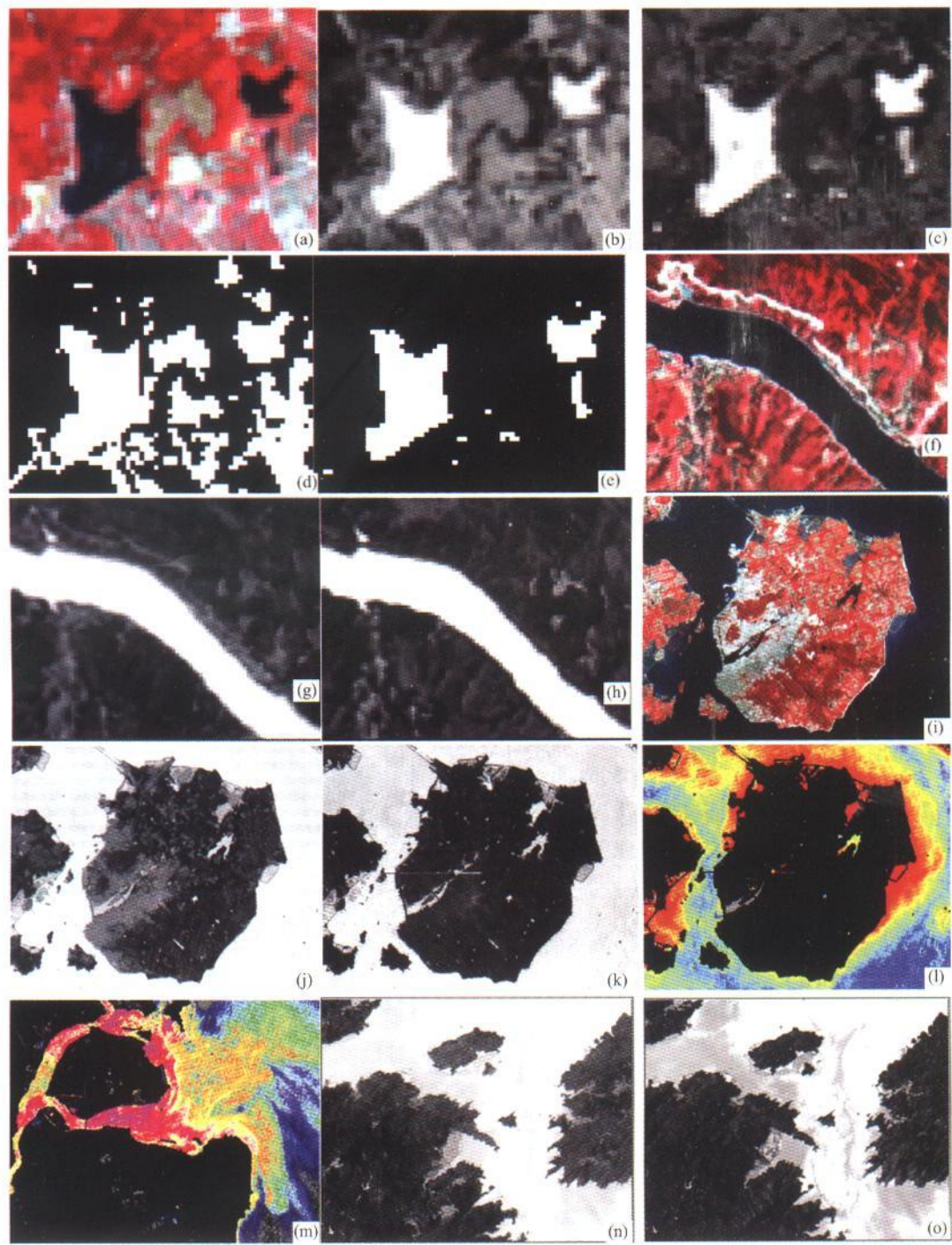


图 3 各类水体的  $NDWI$  和  $MNDWI$  影像

(a) 八一水库影像 ( $RGB: 4\ 3\ 2$  下同); (b) 八一水库  $NDWI$  影像; (c) 八一水库  $MNDWI$  影像; (d) 基于  $NDWI$  的八一水库水体提取二值影像图;  
(e) 基于  $MNDWI$  的八一水库水体提取二值影像图; (f) 闽江中游影像; (g) 闽江中游  $NDWI$  影像; (h) 闽江中游  $MNDWI$  影像;  
(i) 厦门市影像; (j) 厦门市  $NDWI$  影像; (k) 厦门市  $MNDWI$  影像; (l) 环厦门海域非点源污染影像图;  
(m) 闽江入海口污染影像图; (n) 罗源湾外海  $NDWI$  影像; (o) 罗源湾外海  $MNDWI$  影像

Fig 3 Various  $NDWI$  and  $MNDWI$  images

(a) image of Bayi Reservoir ( $RGB: 4\ 3\ 2$  also used for all false color composites followed); (b)  $NDWI$  image of the reservoir  
(c)  $MNDWI$  image of the reservoir (d) extracted water bodies based on  $NDWI$  image; (e) extracted water bodies based on  $MNDWI$  image  
(f) image of a middle portion of Min River (g)  $NDWI$  image of the river (h)  $MNDWI$  image of the river (i) image of Xiamen island  
(j)  $NDWI$  image of the island (k)  $MNDWI$  image of the island (l) image showing non point pollution of the sea water surrounding the island  
(m) image showing the polluted water in the estuary of Min River (n)  $NDWI$  image of outlet of Luoyuan Bay (o)  $MNDWI$  image of the bay

4 2 河流水体

河流水体提取以闽江中游某段为实验区, 影像为 2000-05-04 的 Landsat ETM+ 影像。实验区的背景以植被为主 (图 3(f))。用公式 (1) 和公式 (2) 分别生成了 NDWI 和 MNDWI 影像 (图 3(g), (h))。

表 2 河流水体及其背景地物的亮度均值、NDWI 均值和 MNDWI 均值

Table 2 Mean values of multispectral bands NDWI and MNDWI of river water built up land and vegetation								
	1 波段	2 波段	3 波段	4 波段	5 波段	7 波段	NDWI	MNDWI
河水	97.18	80.22	67.52	20.34	16.26	12.68	0.60	0.66
建筑物	88.31	69.78	65.35	60.00	69.95	39.19	0.08	0.00
植被	81.27	61.56	46.10	89.32	79.05	38.82	-0.18	-0.12
C(河水与植被) <sub>NDWI</sub> = 0.78				C(河水与植被) <sub>MNDWI</sub> = 0.78				
C(河水与建筑物) <sub>NDWI</sub> = 0.52				C(河水与建筑物) <sub>MNDWI</sub> = 0.66				

从图中可以看出, 用两种指数生成的影像差别不大。这是因为该影像的背景多为植被, 少有建筑物。两幅影像中的水体和植被的反差值皆为 0.78 (表 2), 所以二者除了影像上方一条小路在 NDWI 影像中仍然作为噪音显示出来外, 其余无太大差别。因此, 在以植被为主的地区, 这两种指数都可以使用。

4 3 海洋

海水的提取以环厦门海域为实验区, 影像为 1989-06-15 的 Landsat TM 影像。实验区的背景兼有建筑物和植被 (图 3(i))。在用公式 (1) 和公式 (2) 分别生成的 NDWI 和 MNDWI 影像中 (图 3(j), (k)), NDWI 影像同样具有很多的建筑物噪音, 如厦

门岛西部的建筑物信息几乎全被显示出来。但在 MNDWI 影像中建筑物的信息则基本上被抑制。从表 3 中可知建筑物在 MNDWI 影像中呈较大的负值 (-0.21), 因此与海水的反差可达 0.96 增大了海水与背景地物的差距。而在 NDWI 影像中, 二者的反差值只有 0.54 所以水体的增强效果远不及 MNDWI 影像。

表 3 海水及其背景地物的亮度均值、NDWI 均值和 MNDWI 均值

Table 3 Mean values of multispectral bands NDWI and MNDWI of sea water built up land and vegetation								
	1 波段	2 波段	3 波段	4 波段	5 波段	7 波段	NDWI	MNDWI
海水	74.50	26.95	16.79	6.65	2.44	0.92	0.60	0.75
建筑物	111.57	58.97	65.29	51.80	99.47	59.82	0.06	-0.21
植被	67.36	28.17	20.98	87.20	58.44	16.81	-0.51	-0.47
C(海水与建筑物) <sub>NDWI</sub> = 0.54				C(海水与建筑物) <sub>MNDWI</sub> = 0.96				
C(海水与植被) <sub>NDWI</sub> = 1.11				C(海水与植被) <sub>MNDWI</sub> = 1.11				

本次实验还发现 MNDWI 影像比 NDWI 或其它单波段可见光影像具有更丰富的信息, 可以探测到更多的水质微细变化信息。图 3(l) 就是对环厦门海域的 MNDWI 影像进行简单的拉伸变换处理后所揭示的海水污染情况。图 3(i) 中原本貌似洁净的蓝色海洋显示出受污染的情况。污染严重的海水呈红色, 未受污染的海水呈蓝色。对 NDWI 影像或其它单波段影像进行同样的处理无法获得这么明显的效果。影像揭示了呈同心环带状分布的环岛污染海水, 尤以中、北部表现得最为明显。其中紧靠厦门岛的内环呈红色, 污染最严重。从这种环状分布的特征, 以及厦门岛的中北部在 1989 年以农业为主的情况分析, 这是一种农业活动造成的非点源污染。由于缺乏同步数据, 所以未对污染物成分作进一步分

析。另外, 对闽江入海口和罗源湾外海进行的类似实验, 也表明了 MNDWI 可以探测到更微细的信息。闽江口的污染物及其运移情况一目了然 (图 3(m)); 罗源湾外海的 MNDWI 影像 (图 3(o)) 所揭示的悬浮沉积物及其运移方向则比 NDWI 影像 (图 3(n)) 清晰得多。同样, 图 3(c) 的八一水库 MNDWI 影像揭示了湖泊中部的一些水质变化, 而这也是 NDWI 影像 (图 3(b)) 所无法揭示的。MNDWI 所具备的这种探测微细变化的优势, 可以从以下三方面加以解释: (1) 通过比较 MNDWI、NDWI 和可见光波段的统计数据, 可以发现 MNDWI 影像的标准方差大于 NDWI 和其他单波段可见光影像 (表 4), 因此, 它含有比其它波段更丰富的光谱信息; (2) 从图 4 和表 3 可以看出, 污染导致了水体均值的升高, 但



TM 4 的均值显然要大于 TM 5 因此由公式 (1) 计算出来的 *NDWI* 值要小于由 TM 5 计算出来的 *MNDWI* 值 (公式 (2))。这样, *NDWI* 增强水体信息、抑制背景信息的能力就要小于 *MNDWI* 从而在解释微细信息方面逊于 *MNDWI* (3) 污染水体的光谱曲线在 TM 4 和 TM 5 波段中的表现也不尽相同 (图 4)。TM 5 的曲线起伏变化明显, 而 TM 4 则比较舒缓, 有的地方甚至为水平直线, 无法体现水中的物质变化。因此, 由其构成的 *NDWI* 指数在揭示水体微细变化信息方面就必然不如由 TM 5 波段构成的 *MNDWI* 指数。

表 4 厦门市影像的可见光波段、*NDWI* 影像与 *MNDWI* 影像的统计数据

Table 4 Mean values of multispectral bands *NDWI* and *MNDWI* of the Xiamen image

	1 波段	2 波段	3 波段	<i>NDWI</i>	<i>MNDWI</i>
最小值	58.00	18.00	12.00	0.00	0.00
最大值	255.00	242.00	255.00	255.00	255.00
均值	81.77	34.80	30.15	133.61	152.55
标准差	11.87	9.46	16.56	78.65	81.78

注: *NDWI* 和 *MNDWI* 影像都已经做了 0—255 的线性拉伸处理。

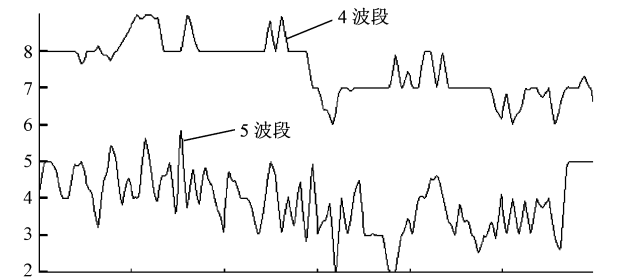


图 4 厦门影像的 TM 4 与 TM 5 波段的污染水体光谱曲线 (上: TM 4 曲线, 下: TM 5 曲线)

Fig 4 Signatures of polluted water represented by TM 4 (upper) and TM 5 (lower) of Xiamen image

5 结 论

利用中红外波段替换近红外波段构成的改进水体指数 *MNDWI* 可用于快速、简便和准确地提取水体信息。它比 Mcfeeters 的 *NDWI* 指数有着更广泛的应用范围。*MNDWI* 除了与 *NDWI* 一样, 可用于植被区的水体提取以外, 还可以用于准确的提取城镇范围内的水体信息。而 *NDWI* 由于其所提取的水体信息中含有许多建筑物信息的噪音, 影响了提取精度。因此难于用于城镇建成区范围内的水体信息提取。

*MDNWI* 指数影像由于具有比 *NDWI* 影像及其可见光波段更丰富的信息, 所以可以探测到许多水体的微细变化信息。将其用于水污染监测, 可比 *NDWI* 影像或常规的可见光波段取得更好的效果。

*MNDWI* 影像由于采用了归一化的比值运算, 所以它可以消除地形差异的影响, 从而解决了水体信息中杂有阴影的问题。在本次实验研究中, 并未刻意地去做消除阴影的处理, 但在结果影像中, 水体信息都不夹杂有阴影的信息, 免去了复杂的去阴影处理过程<sup>[3]</sup>。

本次实验也发现有的建筑物的 *MNDWI* 值呈较小的正值, 这多见于以瓦片为主的老建筑区。由于这类建筑物在中红外波段的反射率较低, 有时甚至低于 2 波段, 所以会出现 *MNDWI* 为正值的情况。但是这类正值一般都较小, 因此在进行水体提取时, 将阈值由 0 作适当提高, 就可以取得很好的效果。

由于 *MNDWI* 的构成采用了中红外波段, 因此不适用于无中红外波段的传感器影像, 如 SPOT 1—3 系列、IKONOS 和 QuickBird 等。对于 SPOT 4—5 系列及 ASTER 等具有中红外波段的影像, 本次研究也进行了实验。其中在 SPOT 4 中同样取得了比 *NDWI* 指数好的提取效果。在 SPOT 5 和 ASTER 影像中, *MNDWI* 的目视效果也好于 *NDWI* 但是由于这两种传感器的中红外波段与绿光波段的分辨率不一致 (SPOT 5: 绿光波段为 10m, 中红外波段为 20m; ASTER: 绿光波段为 15m, 中红外波段为 30m), 在提取结果中会出现类似混合像元的问题, 影响提取精度。

参 考 文 献 (References)

[ 1 ] Rundquist D, Lawson M, Queen L, et al. The Relationship Between the Timing of Summer Season Rainfall Events and Lake Surface Area[ J]. *Water Resources Bulletin*, 1987, 23( 3): 493—508

[ 2 ] Du Y Y, Zhou C H. Automatically Extracting Remote Sensing information for Water Bodies[ J]. *Journal of Remote Sensing*, 1998, 2(4): 264—269 [ 杜云艳, 周成虎. 水体的遥感信息自动提取方法[ J]. *遥感学报*, 1998, 2(4): 264—269. ]

[ 3 ] Yu J K, Huang Y S, Feng X Z, et al. Study on Water Bodies Extraction and Classification from SPOT Image[ J]. *Journal of Remote Sensing*, 2001, 5( 3): 214—219 [ 都金康, 黄永胜, 冯学智等. SPOT 卫星影像的水体提取方法及分类研究[ J]. *遥感学报*, 2001, 5(3): 214—219. ]

[ 4 ] Boland D H P. Trophic Classification of Lakes Using Landsat 1 (ERTS 1) Multispectral Scanner Data[ A]. US EPA. Office of Research and Development, Corvallis Environmental Research

Laboratory[ A], Corvallis Oregon 1976

[ 5] Mcfeeters S K The Use of Normalized Difference Water Index (NDWI) in the Delineation of Open Water Features [ J]. *International Journal of Remote Sensing* 1996 17( 7): 1425—1432

[ 6] Jensen J R Introductory Digital Image Processing A Remote Sensing Perspective [ M ]. NJ Prentice Hall Logicon Geodynamics Inc., 1996

[ 7] Mei A X, Peng W L, Qin Q M, *et al* Introduction to Remote Sensing[M]. Beijing Higher Education Press 2001 [ 梅安新, 彭望玉, 秦齐明等. 遥感导论 [ M]. 北京: 高度教育出版社, 2001. ]

[ 8] Rouse JW, Haas RH, Schell JA, *et al* Monitoring Vegetation Systems in the Great Plains with ERTS [ A]. Third ERTS Symposium[ C], 1973 NASA SP-351 1 309—317

[ 9] Gao B C. NDWI—A Normalized Difference Water Index for Remote Sensing of Vegetation Liquid Water from Space [ J]. *Remote Sensing of Environment* 1996 58 257—266

[ 10] Wilson E H, Sader S A. Detection of Forest Harvest Type Using Multiple Dates of Landsat TM Imagery [ J]. *Remote Sensing of Environment* 2002 80 385—396.

A Study on Information Extraction of Water Body with the Modified Normalized Difference Water Index (MNDWI)

XU Han-qiu

( College of Environment and Resources, Fuzhou University, Fuzhou 350002, China )

**Abstract** A modified normalized difference water index (MNDWI) has been proposed in this paper based on the normalized difference water index (NDWI) of Mcfeeters (1966), which uses MIR (TM5) instead of NIR (TM4) to construct the MNDWI. The MNDWI has been tested in the ocean, lake and river areas with the background of built up lands and/or vegetated lands, and with both clean and polluted water bodies using Landsat TM ETM+ imagery. This reveals that the MNDWI can significantly enhance the water information, especially in the area mainly with built up land as background. The MNDWI can depress the built up land information effectively while highlighting water information and accurately extract the water body information from the study areas. While the enhanced water information using the NDWI always has been mixed with built up land noise and the area of a water body extracted based on the index is thus overestimated. Therefore, the NDWI is not suitable for enhancing and extracting water information in built up land-dominated areas. Furthermore, the MNDWI can reveal subtle features of water more efficiently than the NDWI or other visible spectral bands do due largely to its wider dynamic data range. The application of the MNDWI in the Xiamen image has achieved an excellent result. The MNDWI image successfully reveals significant non-point pollution of the water surrounding the Xiamen Island due to agricultural activities. In addition, taking the advantage of the ratio computation, the MNDWI can remove shadow noise from water information without using sophisticated procedures, which is otherwise difficult to be removed.

**Key words** water body; information extraction; remote sensing NDWI MNDWI