

基于遥感技术的土壤侵蚀研究现状及实例分析^①

卫亚星¹, 王莉雯², 刘 闯³

(1 辽宁师范大学海洋经济与可持续发展研究中心, 辽宁 大连 116029; 2 辽宁师范大学城市与环境学院, 辽宁 大连 116029;
3 中国科学院地理科学与资源研究所全球变化信息研究中心, 北京 100101)

摘 要: 通过介绍卫星和传感器在土壤侵蚀研究中的应用情况, 讨论了用遥感图像探测土壤侵蚀特征、土壤侵蚀区域和土壤侵蚀沉积的很多应用实例, 然后利用甘肃河西走廊黑河上游 1987 年的 TM 数据和 1999 年的 ETM 数据, 计算出了两个时期的植被盖度, 同时结合 DEM 数据得出的坡度值, 然后根据水利部的土壤侵蚀分级标准, 获得了两个时期的土壤侵蚀图, 对比分析了 1987 年和 1999 年两个时期的不同等级侵蚀强度区域的面积变化。研究结果显示, 甘肃河西走廊黑河上游存在中度侵蚀的区域位于坡度大于 15 的地方, 这些地方也是我国西部退耕还林还草的重点区域。

关 键 词: 遥感; 土壤侵蚀; 甘肃; 数字高程模型

中图分类号: TP79 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000 - 6060(2010)01 - 0087 - 06(87~92)

土壤侵蚀是地球表面的一种自然现象, 除永冻地区外, 全球均发生不同程度的土壤侵蚀。人类社会出现后, 土壤侵蚀成为自然和人类活动共同作用下的一种动态过程, 构成了特殊的环境背景, 并已成为当今世界资源和环境问题研究的重点^[1]。利用遥感技术有助于土壤侵蚀的定量评价, 它可以为土壤侵蚀评价提供所需的空間数据。遥感技术在初期是以航片判读土壤侵蚀特征, 1972 年美国发射陆地资源卫星 (Landsat - 1) 以后, 卫星图像被越来越多的研究人员用于土壤侵蚀研究。在过去的 30 a 里将卫星图像应用于土壤侵蚀评估的许多方面。对于半干旱地区, SAR 干涉测量法、光学数据的光谱解混技术等, 都可用于评估侵蚀强度。但是, 这些技术仅在特定的条件下有效, 不能简单地套用于不同的环境中。在这样的环境中, 遥感技术大多数只能有限地应用于评估植被类型和植被覆盖。目前遥感监测土壤侵蚀的主要难点问题包括: (1) 单一侵蚀特征 (例如沟谷、中尺度河流) 的自动探测; (2) 在不同环境中衰老植被覆盖的准确估算; (3) 降水特征的时空分布研究; (4) 大区域土壤特性和土壤湿度的准确制图。

本文讨论了卫星和传感器在土壤侵蚀研究中的

应用情况, 介绍了用遥感图像探测土壤侵蚀特征、土壤侵蚀区域、土壤侵蚀沉积的很多应用实例, 然后利用甘肃河西走廊黑河上游 TM 和 ETM 数据, 利用决策树分类算法探讨了其土壤侵蚀状况。

1 卫星和传感器在土壤侵蚀研究中的应用现状

全球发射的多颗对地观测卫星提供了大量地球表层图像, 可获取许多有用的信息用于土壤侵蚀研究。传感器可分为: 可见光传感器、红外线传感器、热红外线辐射传感器、微波传感器等。

大多数光学卫星系统可用于土壤侵蚀研究。这些传感器所覆盖的电磁波光谱范围包括: 可见光、波长为 0.4~1.3 μm 的近红外 (VNIR)、波长为 1.3~3.0 μm 的短波红外 (SWIR)、波长为 3.0~15.0 μm 的热红外 (TR)。Landsat 系列卫星到目前为止仍是使用最为广泛的卫星之一, 它具有当前可以利用卫星中最长时间序列的数据。最初发射的 Landsat 系列卫星配备有多光谱扫描仪 (MSS), MSS 多光谱扫描仪有 4 个波段, 空间分辨率是 80 m。后期发射的 Landsat 系列卫星配备有专题绘图仪 (TM) 和增

① 收稿日期: 2009 - 03 - 25; 修订日期: 2009 - 06 - 18

基金项目: 辽宁省教育厅人文社会科学研究项目 (2007T095); 教育部人文社会科学重点研究基地项目基金资助 (08550790142)

作者简介: 卫亚星 (1969~), 男, 青海湟源人, 博士后, 副教授, 主要从事遥感和 GIS 的应用研究。Email: wyx9585@sina.com

强型专题绘图仪 (ETM) 传感器。ETM 与 TM 的区别是增加了全色波段, 并改进了空间分辨率。SPOT 系列卫星是从 1986 年开始接受数据, 其上搭载了高分辨率传感器, 传感器的全色图像空间分辨率为 10 m, 多光谱波段空间分辨率为 20 m。SPOT - 4 增加了一个短波红外波段。印度发射的卫星 1A 和 1B 有两个传感器, 分别称为 LISS - 1 和 LISS - 2 (线性成像和自扫描传感器), 两个传感器基本相同, 只是 LISS - 2 的空间分辨率是 LISS - 1 的两倍。随后发射的 1C 和 1D 卫星搭载了相同的多光谱传感器 (LISS - 3), 该传感器具有 5.8 m 分辨率的全色相机和 23.5 m 分辨率的多光谱传感器。ASTER 是 Terra 卫星所搭载的传感器之一, 它有 14 个波段, 其中几个位于电磁波谱的 SWIR 和 TIR 区域, 它的近红外波段可以构成立体观测。IKONOS 和 QuickBird 都是高分辨率卫星, 它们的全色模式空间分辨率分别是 0.61 m 和 1 m, 多光谱模式空间分辨率分别是 2.44 m 和 4 m。AVHRR 传感器有 5 个波段, 空间分辨率是 1.1 km, 可搭载在许多平台上, 例如: TIROS - N 和几颗 NOAA 卫星。

由于水土流失是发生在地表的过程, 受到多种自然因素和人类活动的综合影响, 除了与降雨、径流的量与过程有关外, 还与土壤、岩性、地质、地貌、植被、地形、土地利用、水系分布等因素有密切关系, 侵蚀退化标志如地表裸露程度、地形地貌、植被覆盖度和土地利用方式的改变等是能够被遥感技术所记录, 从而获取这些宏观信息, 因此自从 20 世纪 70 年代以来, 人们就开始应用遥感技术进行土壤侵蚀的调查。在我国, 以航天、航空等多层次遥感资料为信息源, 以大、中、小不同尺度对全国、大江大河、重点水土流失区和小流域进行遥感调查与监测, 编制了大量的遥感图件。在以遥感、地理信息系统和全球定位系统为主要内容的现代空间信息技术支持下, 我国在区域水土流失监测方面进行了广泛的研究, 实施国家水土流失与水土保持的动态监测, 定期快速清查区域水土流失与水土保持状况, 研究中国水土流失定量评价模型系统, 建立国家水土保持管理信息系统^[2-3]。

2 基于遥感技术的土壤侵蚀探测研究综述

卫星数据可以被直接用于探测土壤侵蚀和土壤

侵蚀沉积。通过辨别土壤侵蚀的总体特征, 可以区分土壤侵蚀区域, 再根据经验评估土壤侵蚀强度, 获得探测结果。结果中应分析引起土壤侵蚀的主要事件所造成的损害和水库河流的淤积量。

2.1 土壤侵蚀特征和土壤侵蚀区域的探测

尽管制作土壤侵蚀图是航空摄影的重要应用之一, 但当土壤侵蚀特征的空间范围很小时, 会限制遥感图像的探测。例如, Landsat 和 SPOT 图像提供的空间分辨率最好应用于识别大尺度和中尺度的河谷, 但不能根据它们提供的多时相图像探测出河谷的微小变化。Vireling 和 Rodrigues 发现^[4]对于巴西中部的大河谷来说, ASTER 图像比 ENVISAT ASAR 图像能更好地分析河谷的外形。目前随着高分辨率卫星的使用, 例如 IKONOS、QuickBird, 已实现探测和监督小尺度的区域土壤侵蚀特征。

遥感图像不仅用于探测土壤侵蚀特征, 还可以有效地评估土壤侵蚀区域。在一些案例中, 土壤侵蚀等级即可基于目视解译技术得到的植被覆盖, 也可基于其它数据源得到的植被和地形特征来划分。用多时相图像可以判断土壤侵蚀区域的面积是否增加。Karale 等人分别用航片和 Landsat TM 图像做了两次对比, 发现土壤侵蚀区域明显增加, 航片比卫星图像可以更好地区分河谷的类型^[5]。

除目视解译技术外, 从卫星图像中自动提取土壤侵蚀区域是另一种可行技术。Servenay 和 Prat 运用非监督分类算法处理多光谱 SPOT HRV 数据^[6], 得到了土壤侵蚀的四个阶段。Fibras 和 Sgouras^[7]先用主成分分析法处理 Landsat TM 图像, 然后用最大似然法进行土壤侵蚀强度分类。Bocco 和 Valenzuela^[8]用最大似然法处理 Landsat TM 和 SPOT HRV 图像, 得到了土壤侵蚀图和植被分类图。他们发现高分辨率的 SPOT 数据能够更好地划分土壤侵蚀区域, 但是 Landsat TM 的许多波段在做土地覆盖和土地利用分类时效果更好。

除了分类技术, 土壤侵蚀和光谱反射值之间存在的相关性, 也可以用于探测土壤侵蚀强度, 制作土壤侵蚀强度分类图。Price 发现 Landsat TM 的单个波段 (特别是第四波段) 的反射值与林地的土壤侵蚀率之间具有高相关性^[9]。Pickup 和 Nelson^[10]成功地运用 Landsat MSS 图像第四波段与第六波段 (即绿色 近红外) 的比值和第五波段与第六波段 (即红色 近红外) 的比值所确定的数据间隔, 将澳大利亚的干旱牧场划分为土壤侵蚀区域、稳定区域

和沉积区域。他们强调,因这种方法依赖于土壤侵蚀状况与植被覆盖之间的联系,所以该方法不适合用于较潮湿的区域。

地表状态的变化能提供直接的土壤侵蚀强度信息,可以使用许多方法从遥感图像中探测这些变化。一些研究仅将这些地表状态的变化与土地特性联系起来。在美国干旱和半干旱地区可以利用 Landsat MSS图像上反射率的不同来识别土地退化和土壤侵蚀区域。Dhaka等对两个不同时期的 Landsat TM图像进行了光谱图像差值、主成分分析、光谱变化矢量分析,得到正确的土壤侵蚀探测结果,找出因过度降雨引起洪灾的区域,并用野外调查结果进行了验证^[11]。

2.2 土壤侵蚀沉积的探测

Khan和 Islam用雅鲁藏布江支流地区多时相 Landsat数据去研究该河流的动力性^[12],发现其动力性受喜马拉雅山脉土壤侵蚀引起的高度沉积的影响很大。但是,许多研究都把利用遥感图像评估土壤侵蚀沉积的研究重点放在水库和湖泊上,在这些地区沉积现象会产生重大的经济和生态影响。

土壤侵蚀会影响下游湖泊和水库的水质量。对于土壤侵蚀研究来说,悬浮沉积物的浓度是最重要的水质参数。水面的反射率在可见光和红外区域肯定会受到悬浮沉积物的影响。许多研究发现,内陆湖悬浮沉积物的浓度与遥感数据,如 Landsat, RS L ISS - 1、多光谱 SPOT HRV,经过大气校正的光谱反射率之间存在较高的相关性。能够确定这些联系的最佳波长取决于沉积物的浓度,但是经常使用的波段是在 500 nm 到 800 nm 之间(在 VNIR 区域)。因为,一些沉积特性,例如质地、颜色,会影响水的反射,根据以往经验所形成的相关关系,在其他由土壤侵蚀引起的不同沉积类型的地区并不能简单套用。为了提高这些经验模式的可移植性, Schiebe 等人^[13]提出理论上计算沉积浓度的指数公式,该公式试图将叶绿素和海藻所造成的影响考虑在内。但是到目前为止也未形成一个大家公认的公式,悬浮沉积物的大多数模式只具有特定性,而不具有共性。利用遥感技术评估水质量的详细综述,包括悬浮沉积物,已由 Dekker 等人^[14]发表。Ritchie 等人^[15]提出,通过景观识别水体,建立悬浮沉积物与遥感数据的相关关系,以此来评估高土壤侵蚀率的地区,促进水土保持工作。但是,该方法的实际应用尚未在文献中报道。

3 河西走廊黑河流域土壤侵蚀遥感动态监测分析

3.1 研究区概况

河西走廊位于甘肃省西北部祁连山脉以北、合黎山和龙首山以南、乌鞘岭以西。河西走廊东西长约 1 000 km,南北宽窄各处不等,由几十千米到几百千米,最宽 300 km。面积 $8.9 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。海拔一般 1 100~1 500 m。大部为祁连山北麓冲积 - 洪积扇构成的山前倾斜平原。扇形地上部多由砾石组成,多砂碛、戈壁,很少利用。扇形地中下部,地面物质较细,大多为黄土状物质,便于引用河水灌溉,形成绿洲农业区。走廊的河流全属于发源于祁连山地的内陆水系,51条大小河流汇合为石羊河、弱水(即黑河)和疏勒河三大水系。属温带干旱荒漠气候,年均温 $6 \sim 11^\circ\text{C}$,年降水量 30~160 mm,而大部地区蒸发量 2 000~3 000 mm,年日照一般在 3 000 h 以上,无霜期约 160~230 d 左右。绿洲农业发达,是中国大西北的粮棉基地之一。

3.2 数据获取分析

本次研究所用的遥感数据是美国 Landsat 地球资源卫星所搭载传感器 TM 和 ETM 的数据, TM 数据的时间是 1987 年 8 月 15 日, ETM 数据的时间是 1999 年 7 月 7 日,轨道号是 p133r 033。DEM 数据来自 SR TMDEM,空间分辨率是 90 m,生成的甘肃省民乐县附近祁连山局部坡度图如图 1 所示。

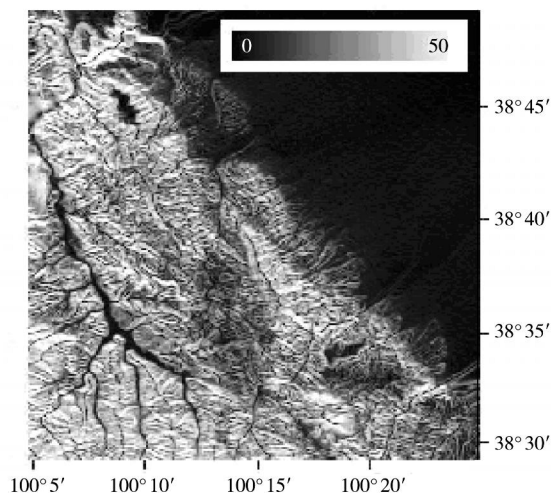


图 1 从 DEM 数据生成的甘肃省民乐县附近祁连山局部坡度图,颜色最黑的地方坡度为 0°,最亮的地方坡度值为 50°。

Fig 1 Slope image getting from DEM near Minle County

3.3 研究方法

从遥感数据计算出的植被指数经常被用于监测陆地表面植被变化情况,在各种植被指数中,归一化植被指数 (NDVI)是最常用的一种,本次研究中我们选用了归一化植被指数。TM 和 ETM 数据的第 3 波段是红光波段 (RED),第 4 波段是近红外波段 (NIR)。

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED} = \frac{Band4 - Band3}{Band4 + Band3}$$

一般认为,归一化植被指数可以部分地补偿光照条件、土壤颜色、地面坡度和观测方向引起的变化,从而提高植被指数的可比性。

为了确定土壤侵蚀等级,需要知道研究区的植被盖度和地形坡度。从植被指数计算出植被盖度的方法很多,我们选用了 Drake 等人^[6]综合多位专家的研究成果,提出的植被盖度 C 和植被指数 V (NDVI)的回归方程:

$$C = 93.07466V + 8.79815, (R^2 = 0.66), (1)$$

这个方程是基于不同地域、不同传感器、不同专家 and 不同方法建立的,有一定的宏观性和代表性,可以在甘肃省河西走廊应用,也适用于 TM 和 ETM 传感器。

根据水利部土壤侵蚀 (面蚀) 指标表,将研究区的植被盖度分为 5 级:小于 30%、30%~45%、45%~60%、60%~75%、大于 75%,将坡度分为 6 级:小于 5°、5°~8°、8°~15°、15°~25°、25°~35°、大于 35° (表 1)。

利用遥感图像处理软件 ENVI,首先从 1987 年的 TM 数据和 1999 年的 ETM 数据分别计算出两个时期的归一化植被指数图像,然后利用方程式 1 计

算出植被盖度,再利用水利部的植被盖度分级标准分为 5 级。

表 1 土壤侵蚀 (面蚀) 指标表^[7]
Tab 1 Index of soil erosion

植被盖度 /%	坡度					
	<5°	5°~8°	8°~15°	15°~25°	25°~35°	>35°
>75	微度	微度	微度	微度	微度	微度
60~75	微度	轻度	轻度	轻度	中度	中度
45~60	微度	轻度	轻度	中度	中度	强度
30~45	微度	轻度	中度	中度	强度	极强度
<30	微度	中度	中度	强度	极强度	剧烈

3.4 结果与讨论

从表 2 可以看出,研究区的植被盖度高等级的面积 1999 年比 1987 年大,高覆盖度植被 (盖度大于 60%) 的面积增大了 172 km²,中覆盖度植被 (盖度在 45%~60%之间) 的面积增大了 414 km²。研究区位于黑河上游,祁连山脚,12 a 来甘肃民乐绿洲的植被状况有所改善,植被盖度增加的区域主要位于农业灌溉区,这是由于耕地承包到户以后,农民提高了种植积极性,用河水灌溉的结果。从表 2 中也可以看出,甘肃河西走廊植被低覆盖度区域 (盖度 < 30%) 占大多数,面积百分比达到了 80% 以上,民乐绿洲的面积很小,表明该区域的生态环境很脆弱,保护好河西走廊的水源和绿地是非常重要的任务。

从研究区各等级坡度面积百分比 (表 3) 可以看出,甘肃河西走廊比较平坦,研究区坡度小于 5 的面积占 78%,坡度大于 15 的面积占 10%,坡度大于 15 的地方是我国西部退耕还林还草的重点区域,是防治土壤侵蚀的中心地点。

表 2 两个时期不同等级植被盖度的像元数、面积、面积百分比和变化值
Tab 2 Vegetation cover degree comparison from 1987 to 1999

盖度等级	盖度 / %	1987 年			1999 年			面积变化 / km ²
		像元数	面积 / km ²	比例 / %	像元数	面积 / km ²	比例 / %	
1	>75	1 177	0.96	0	3 777	3.07	0.02	2.11
2	60~75	170 371	138.38	1.2	380 203	308.82	2.69	170.44
3	45~60	721 512	586.05	5.11	1 231 483	1 000.27	8.72	414.22
4	30~45	1 001 440	813.42	7.09	832 801	676.44	5.9	-136.98
5	<30	12 220 260	9 925.91	86.57	11 666 496	9 476.11	82.65	-449.79
合计		14 114 760	11 464.71	100	14 114 760	11 464.71	100	

根据水利部的土壤侵蚀分级标准,用植被盖度和坡度两个因子作为分类指标,进行决策树分类,分类以后统计结果如表 4 所示。从表 4 可以看出,研

究区的土壤侵蚀强度等级包括:微度、轻度、中度、强度 4 个等级,该研究区域没有出现极强度和剧烈 2 个等级。从 1987 年到 1999 年,微度侵蚀的面积占

该地区土壤侵蚀总面积的 98%以上,12 a来面积变化不大,轻度侵蚀的面积略有增加,中度侵蚀的面积略有减少,强度侵蚀的面积没有变化。可以得出结论,甘肃黑河上游民乐绿洲地区存在的土壤侵蚀等级是微度为主,但是在坡度大于 15 的坡面上出现的中度土壤侵蚀,是必须给与关注的重点,在退耕还林还草政策实施中,应该重点保证,确保黑河上游的生态安全^[18-20]。

表 3 不同等级坡度的像元数、面积、面积百分比

Tab 3 Area of different slope			
坡度等级	坡度	面积 /km ²	比例 /%
1	<5 °	8 911. 78	77. 73
2	5 ~8 °	738. 28	6. 44
3	8 ~15 °	623. 85	5. 44
4	15 ~25 °	533. 08	4. 65
5	25 ~35 °	380. 53	3. 31
6	>35 °	276. 24	2. 40
合计		11 463. 76	100

表 4 两个时期不同土壤侵蚀等级的像元数、面积、面积百分比和变化值

Tab 4 Area comparison of different erosion level from 1987 to 1999								
侵蚀等级	侵蚀强度	1987年			1999年			面积变化 /km ²
		像元数	面积 /km ²	比例 /%	像元数	面积 /km ²	比例 /%	
1	微度	10 912 241	8 863. 47	98. 41	10 911 416	8 862. 80	98. 41	- 0. 67
2	轻度	15 034	12. 21	0. 13	18 501	15. 03	0. 16	2. 82
3	中度	159 409	129. 48	1. 43	155 885	126. 62	1. 4	- 2. 86
4	强度	1 451	1. 18	0. 01	1 504	1. 22	0. 01	0. 04
合计		11 088 135	9 006. 34	100	11 087 306	9 005. 66	100	- 0. 67

4 结 论

本文展现了遥感技术在土壤侵蚀探测方面的贡献。从大量的国内外相关文献中可以看出,遥感技术用于土壤侵蚀探测已较为成熟。多平台、多数据源、多种时空分辨率的卫星数据,已促使遥感数据在土壤侵蚀探测中充分发挥出其处理宏观信息的强大能力、监测变化的实时能力、获取信息的准确丰富等优势。从探测土壤侵蚀的侧重内容来看,遥感技术在土壤侵蚀特征、侵蚀区域、侵蚀沉积等方面都已被成功运用,通过采用遥感的最新技术手段,例如综合分类技术、光谱反射信息与土壤侵蚀的相关关系等,可以很好地揭示出地面土壤侵蚀现状(类型、强度及其分布)。

本文利用甘肃河西走廊黑河上游 1987年的 TM 数据和 1999年的 ETM 数据,计算出了两个时期的植被盖度,同时利用研究区的 DEM 数据计算出了坡度值,然后根据水利部的土壤侵蚀分级标准,利用决策树分类算法,获得了两个时期的土壤侵蚀图,分析了 1987 - 1999年 12 a来不同等级侵蚀强度区域的面积变化和驱动力,研究结果显示,从 1987年到 1999年,微度侵蚀的面积占该地区土壤侵蚀总面积的 98%以上,12 a来面积变化不大,轻度侵蚀的面积略有增加,中度侵蚀的面积略有减少,强度侵蚀的面积没有变化。甘肃河西走廊黑河上游存在中度侵蚀的区域位于坡度大于 15 的地方,这些地方也是我国西部退耕还林还草的重点区域,这项工作对防

治黑河上游的水土流失具有重要意义。

参考文献 (References)

[1] 唐克丽,史立人,史德明,等. 中国水土保持 [M]. 北京:科学出版社,2004. [Tang Keli, Shi Liren, Shi Demin, et al. Erosion research in China [M]. Beijing: Science Press, 2004.]

[2] 王莉雯,牛铮,卫亚星. 基于 MODIS NDVI 的新疆土地覆盖类型划分与潜在荒漠化区域探测 [J]. 干旱区地理, 2007, 30 (4): 573 - 578. [Wang Liwen, Niu Zheng, Wei Yaxing. Land cover type classification and detecting areas at risk of desertification in Xinjiang based on MODIS NDVI imagery [J]. Arid Land Geography, 2007, 30 (4): 573 - 578.]

[3] 李锐,杨勤科,赵永安,等. 现代空间信息技术在中国水土保持中的应用 [J]. 水土保持通报. 1998, 18 (5): 1 - 5. [Li Rui, Yang Qinke, Zhao Yong'an, et al. Application of spatial information technology in soil and water conservation of China [J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 1998, 18 (5): 1 - 5.]

[4] Vrieling A, Rodrigues S C. Erosion assessment in the Brazilian Cerrados using multi-temporal SAR imagery [C]. Proceedings of the 2004 Envisat & ERS Symposium. SP - 572. ESA, Salzburg, Austria. 2004.

[5] Vrieling Anton. Satellite remote sensing for water erosion assessment: A review [J]. Catena, 2006, 65: 2 - 18.

[6] Servenay A, Prat C. Erosion extension of indurated volcanic soils of Mexico by aerial photographs and remote sensing analysis [J]. Geodema, 2003, 117 (3 - 4): 367 - 375.

[7] Floras S A, Sgouras I D. Use of geoinformation techniques in identifying and mapping areas of erosion in a hilly landscape of central Greece [J]. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 1999, 1 (1): 68 - 77.

[8] Bocco G, Valenzuela C R. Integrating satellite remote sensing and geographic information systems technologies in gully erosion research [J]. Remote Sensing Reviews, 1993, 7233 - 7240.

[9] Price K P. Detection of soil erosion within Pinyon - Juniper wood-

- lands using Thematic Mapper (TM) data [J]. Remote Sensing of Environment, 1993, 45 (3): 233 - 248
- [10] Pickup G, Nelson J. Use of Landsat radiance parameters to distinguish soil erosion, stability, and deposition in arid Central Australia [J]. Remote Sensing of Environment, 1984, 16(3): 195 - 209
- [11] Dhakal A S, Amada T, Aniya M, et al. Detection of areas associated with flood and erosion caused by a heavy rainfall using multi-temporal Landsat TM data [J]. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 2002, 68 (3): 233 - 239
- [12] Khan N I, Islam A. Quantification of erosion patterns in the Brahmaputra - Jamuna River using geographical information system and remote sensing techniques [J]. Hydrological Processes, 2003, 17 (5): 959 - 966
- [13] Schiebe F R, Harrington J A Jr, Ritchie J C. Remote sensing of suspended sediments: the Lake Chicot, Arkansas project [J]. International Journal of Remote Sensing, 1992, 13 (8): 1487 - 1509
- [14] Dekker A G, Malthus T J, Hoogenboom H J. The remote sensing of inland water quality [M] // Danson F M, Plummer S E, eds Advances in Environmental Remote Sensing Chichester: John Wiley and Sons, 1995: 123 - 142
- [15] Ritchie J C, Schiebe F R. Water quality [M] // Schultz G A, Engman E T, eds Remote sensing in hydrology and water management Berlin: Springer - Verlag, 2000: 287 - 303, 351 - 352
- [16] Drake N A, Zhang X Y. Modeling soil erosion at global and regional scales using remote and GIS techniques [M]. Advances in Remote Sensing and GIS Analysis Chichester: John Wiley & Sons, 1999: 241 - 261
- [17] 中华人民共和国水利部. 土壤侵蚀分类分级标准 [S]. 北京: 中国水利水电出版社, 1997: 9 - 10. Ministry of Water Resources, P R China Standard of erosion classification of P R China [S]. Beijing: China Irrigation Works Press, 1997: 9 - 10
- [18] 席海洋, 冯起, 司建华. 实施分水方案后对黑河下游地下水影响的分析 [J]. 干旱区地理, 2007, 30 (4): 487 - 495 [Xi Haiyang, Feng Qi, Si Jianhua. Influence of water transport project on groundwater level at lower reaches of the Heihe River [J]. Arid Land Geography, 2007, 30 (4): 487 - 495.]
- [19] 陈添宇, 陈乾, 丁瑞津. 地基微波辐射计监测的张掖大气水汽含量与雨强的关系 [J]. 干旱区地理, 2007, 30 (4): 501 - 506 [Chen Tianyu, Chen Qian, Ding Ruijin. Relationship between atmospheric vapor content monitored by ground-based microwave radiometer and rain intensity in Zhangye Prefecture [J]. Arid Land Geography, 2007, 30 (4): 501 - 506.]
- [20] 塔西甫拉提·特依拜, 张飞, 丁建丽, 等. 干旱区典型绿洲盐渍化土壤空间信息研究 [J]. 干旱区地理, 2007, 30 (4): 544 - 551. [Tashpolat Tiyp, Zhang Fei, Ding Jianli, et al. Spatial information on salinization of typical oases in arid areas [J]. Arid Land Geograph, 2007, 30 (4): 544 - 551.]

Case analysis and status of erosion detection based on remote sensing technology

WEI Ya-xing¹, WANG Li-wen², LIU Chuang³

(1 College of Urban and Environment Sciences, Liaoning Normal University, Dalian 116029, Liaoning, China; 2 The State Key Laboratory of Remote Sensing Science, Institute of Remote Sensing Applications, CAS, Beijing 100101, China; 3 Institute of Geographical Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China)

Abstract: Remote sensing technologies have been used in erosion research for many years, satellite image was applied in many respects of erosion assessing during the past 30 years. Satellite data can be directly used for detecting erosion and its consequences. Distinguishing the total feature of erosion can divide erosion regions. And then detection results can be achieved by assessing erosion intensity based on empirical relations. In this paper, applications of satellite images and sensors in erosion were discussed, and many examples of detecting erosion features, eroded areas, and erosion consequences by remote sensing were presented. In this research, TM data of 1987 and ETM data of 1999 in the Hexi Corridor of Gansu Province of China was used to figure out vegetation coverage in two periods. Meanwhile, slope values in the research region were acquired from DEM. Then according to soil erosion level standards, soil erosion maps both in 1987 and in 1999 were made out utilizing decision tree classification algorithm. Area changes and driving forces of different level erosion density region were analyzed from 1987 to 1999. The research result is that medium erosion regions in upriver Heihe of Hexi Corridor in Gansu are located in the slope whose slope value exceeds 15°, and these regions are also important areas which have been changed into forest and grassland from previous cropland. So it is significant to prevent soil erosion in upriver Heihe. Digital Elevation Model data indicates that the area whose slope is less than 5° accounts for 78% and the area whose slope is greater than 15° accounts for 10%, so most regions in Hexi Corridor are flat. The research indicates the sparse vegetation region accounts for most regions of Hexi Corridor, and its area accounts for 80%. The area of the Mingle Oasis is very small, so it is very important to protect vegetation in this region.

Key Words: remote sensing; erosion; Gansu; Digital Elevation Model