

基于河流网络结构和 NDVI 集成的流域植被变化研究

——以旬河流域为例

梁轶¹, 刘康¹, 王雷¹, 周辉², 连军营¹

(1. 西北大学 城市与资源学系, 陕西 西安 710121; 2. 陕西省农业遥感信息中心, 陕西 西安 710015)

摘要: 利用 GIS 模拟旬河流域河流网络结构, 根据河流网络结构建立缓冲区, 分别研究了不同等级河流缓冲区内, 1997 年和 2004 年相同时段 NDVI 值的分布特征, 分析了河流等级与其缓冲区内 NDVI 值的关系。结果发现, 利用 GIS 模拟的山地数字河网能够很好地与真实河网吻合; 河流等级与其缓冲区内 NDVI 值存在负相关关系; 2004 年河网缓冲区内 NDVI 值分布较 1997 年好, 说明近几年旬河流域生态建设成效显著。

关键词: 河流网络结构; 河流等级; 河流缓冲区; 归一化植被差异指数(NDVI)

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2007)05-0101-04

中图分类号: S157.2

Research on Vegetation Changes in Drainage Area Based on Integration of Streams Network and NDVI

— A Case Study in Xunhe Watershed

LIANG Yi¹, LIU Kang¹, WANG Lei¹, ZHOU Hui², LIAN Jun-ying¹

(1. Department of Urban and Resource Sciences, Northwest University, Xi'an, Shaanxi 710121, China;

2. Shaanxi Information Center of Agricultural Remote Sensing, Xi'an, Shaanxi 710015, China)

Abstract: Stream network structure in Xunhe watershed is simulated using GIS methods for the buffering area construction. NDVI in 1997 and 2004 is calculated to examine its relationship with stream order. Results indicate that stream network in mountain area can be well simulated, stream order and NDVI are closely related, and the NDVI in 2004 is higher than in 1997. These suggest that the eco-environment in Xunhe watershed has been improvement in recent years.

Keywords: stream network structure; stream order; stream buffer area; NDVI

河流两侧一定距离范围的区域, 是聚落分布最集中和人类活动最活跃的地段^[1], 也是植被、土地利用、土壤侵蚀等因素变化强烈的敏感地段。为此选择该地段对生态建设过程中植被变化状况进行分析, 具有重要意义。有关生态环境建设中流域的土地利用和植被变化已经有大量研究报道^[2-3], 但是以往的研究多是从河流网络结构和流域土地利用变化方面分别进行的^[4-5]。本研究力图将两者结合起来, 以旬河流域为例通过对生态敏感地段植被变化状况的分析, 认识生态建设过程中植被变化规律。该研究对流域生态系统管理和监测、植被的保护和恢复、自然保护区的划分等具有重要意义。

1 研究区域自然概况

旬河是秦岭南坡流入汉江的较大支流之一, 属长江水系。旬河流域位于东经 108°24'20"—109°26'9", 北纬 32°54'38"—33°50'8", 流域面积 6 308 km²。流域海拔高度 195~2 871 m, 上游为宁陕林区, 海拔约 2 600 m, 河流穿行于高山峻岭之中, 山大林密, 植被覆盖率高。中游大部分地区处于镇安县中低山地带, 流域内林木茂盛; 乾佐河汇入处以下至旬河入河口为下游段。该河段处于旬阳县境内, 为秦岭南坡浅山丘陵区, 海拔较低, 岸边有少量阶地分布, 植被覆盖差。旬河流域基带属北亚热带湿润季风气候, 年平均气温

收稿日期: 2007-03-16

修回日期: 2007-07-09

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(40271052)

作者简介: 梁轶(1979-), 女(汉族), 陕西省西安市人, 在读硕士, 主要从事生态环境评价研究。E-mail: flyingly@126.com。

7.8℃,最冷月平均 5.1℃,最热月平均 20℃,夏季降雨丰富,约占全年的 70%~80%,年平均降水量 933.4 mm,年平均相对湿度 74%,随着海拔的增加,依次分布着有常绿阔叶林的落叶阔叶林垦殖带、落叶阔叶林带和山地针叶林带 3 个植被带。

2 研究数据和技术方法

2.1 研究数据

河流网络提取采用旬河流域 DEM 数据(1:5 万),空间分辨率为 25 m,高程值约为 195~2 871 m,投影方式为高斯—克吕格(Gauss—Kruger)投影;河流周围植被状况的研究利用 1997 年 6 月 13 日和 2004 年 6 月 14 日 TM 数据,空间分辨率为 30 m,投影方式为高斯—克吕格(Gauss—Kruger)投影。

2.2 技术方法

目前,利用 DEM 进行流域分析的工具很多,ArcGIS 9.0 的水文分析模块(Hydrology Model),主要用于地形和数字河网的提取和分析,实现地形模型可视化,其强大的流域特征分析功能可以满足各种流域 DEM 处理的需要。本文采用此法进行数据的处理和分析。

首先利用 DEM 数据提取旬河流域河流网络,并根据 Strahler 河网分级方法对其进行等级划分;再分别利用 1997 年和 2004 年旬河流域 TM 数据提取各自的 NDVI 数据;最后利用模拟的数字河网生成河流缓冲区,研究不同等级河流缓冲区内 NDVI 值的分布特征和不同年份相同时段的变化。研究的技术方法如图 1 所示。

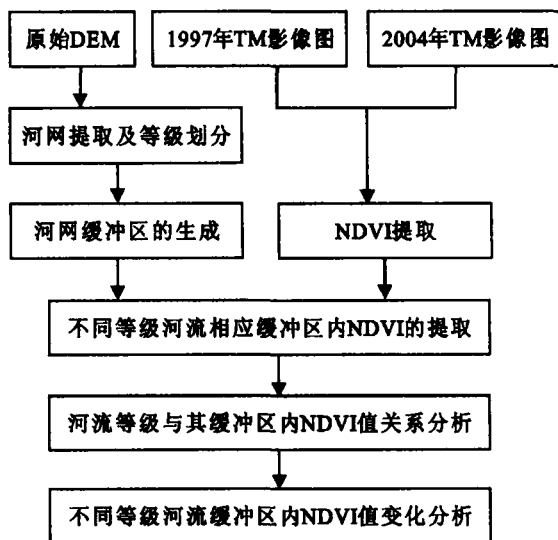


图 1 技术方法图

2.2.1 河流网络提取 首先,对原始的 DEM 数据进行填洼处理,生成无洼地的旬河流域 DEM 数据;其次,基于无洼地的 DEM,采用最大坡降算法 D8(deterministic eight-node)进行水流方向的计算;再根据所得的水流方向数据,计算以规则格网表示的数字高程模型每点处所流过的水量数值,得到该区域的汇流累计量;最后,通过不断实验和利用现有地形图等资料辅助检验的办法,确定生成河网的汇流累积阈值为 6 000 个栅格数,生成栅格河网,并对其进行矢量化,生成矢量河网^[6-7]。河网等级划分采用 Strahler 河网分级方法,将旬河流域河网划分成 6 级,并利用无洼地水流方向数据和流域出水点数据生成旬河流域的集水区域,再利用 XTOOLS 扩展模块和统计模块进行旬河流域河网结构参数统计计算^[6]。

2.2.2 生态敏感地段 NDVI 提取 运用 ERDAS 遥感图像处理软件分别从旬河流域 TM 数据中提取植被归一化指数(Normal Different Vegetation Index, 简称 NDVI)数据,在 TM 数据的选取中,选取旬河流域夏季晴天的数据,从而消除来自非植被因素对卫星资料质量的影响,主要是大气的影(如气溶胶,水蒸气等)和土壤背景的影响。以此方法分别得到 1997 年和 2004 年旬河流域 NDVI 数据。

为了研究不同等级河流周围的植被覆盖状况,利用矢量数据空间分析模块^[6],将模拟的不同等级河流的矢量河网分别生成相应等级的河流缓冲区。缓冲区的大小分别为:90,180,270,360,450 和 540 m,再分别将河网缓冲区转成 30 m×30 m 栅格河网缓冲区,提取不同等级河流缓冲区内 NDVI 数据,并运用分类区统计(zonal statistics)工具,分析河网缓冲区内 NDVI 值分布特征和不同年份相同时段 NDVI 值的变化,以此研究不同等级周围的植被覆盖状况及变化^[8]。

3 结果分析

3.1 旬河流域河流结构模拟

利用 ArcGIS 9.0 模拟的旬河流域数字河网,根据 Strahler 分级方法划分为 6 级河流结构,并将该流域分割成 793 个不可再分的集水区域(见附图 11)。将模拟的旬河流域数字河网与旬河流域 TM 影像叠加,可以看出,本研究所模拟的数字河网和真实河网吻合较好。

利用 XTOOLS 扩展模块和统计功能得出研究区域内各等级河流空间结构分布参数表(表 1)。

表 1 不同等级的河流参数统计

河流等级	数量 N	总长度/ km	密度/ ($\text{km} \cdot \text{km}^{-2}$)
一级	432	1 091.057 113	0.472 729
二级	185	565.319 494	0.236 372
三级	117	329.12 830	0.228 428
四级	37	98.383 176	0.227 893
五级	67	178.339 527	0.203 723
六级	25	57.167 626	0.194 310
旬河流域	863	2 319.395 236	0.369 425

一级河流的数量 N 和长度 L 分别占总量的 50.06% 和 47.04%，河网密度也最大，而随着河流等级增加， N 、 L 和河网密度大致都有减小的趋势(表 1)。低等级河流流域面积及河流长度都在整个流域中都占有非常重要的地位，因此对其保护和利用对整个流域生态系统的健康和稳定具有非常重要的意义。

表 2 1997 年各等级河流缓冲区内 NDVI 值 n 的变化统计

河流等级	n_{\min}	n_{\max}	n_{mean}	n_{std}	变异系数
一级	-0.683 544	0.816 216	0.331 012	0.217 268	0.656 375
二级	-0.657 143	0.810 056	0.314 393	0.231 521	0.736 406
三级	-0.676 301	0.800 000	0.283 460	0.250 492	0.883 694
四级	-0.683 060	0.790 055	0.237 377	0.314 661	1.325 575
五级	-0.715 976	0.765 363	0.164 265	0.268 795	1.636 350
六级	-0.570 093	0.611 511	0.022 483	0.247 522	11.009 490

表 3 2004 年各等级河流缓冲区内 NDVI 值 n 的变化统计

河流等级	n_{\min}	n_{\max}	n_{mean}	n_{std}	变异系数
一级	-0.208 333	0.085 110	0.520 940	0.141 889	0.272 371
二级	-0.250 000	0.794 872	0.511 135	0.151 261	0.295 932
三级	-0.285 714	0.780 488	0.491 693	0.159 091	0.323 558
四级	-0.090 909	0.785 714	0.463 375	0.193 789	0.418 212
五级	-0.285 714	0.738 562	0.405 133	0.171 779	0.424 006
六级	-0.233 333	0.697 368	0.347 512	0.161 092	0.463 558

由表 2 和表 3 可以看出，河流等级越低，其缓冲区内 NDVI 均值越大，其变异系数越小，即低等级河流缓冲区内 NDVI 数据与平均值的相对离散程度越低，表明植被生长越好，越稳定；而河流等级越高，NDVI 均值越小，其变异系数越大，即高等级河流缓冲区内 NDVI 数据与平均值的相对离散程度越高^[10]，植被生长越差，越不稳定。

根据 Strahler 河流分级方法可知，低等级河流是高等级河流的源头，而高等级河流是低等级河流的汇，低等级河流的水文和生态系统的状况同样也决定着高等级河流的水文和生态系统的状况，所以，某些大江大河的旱涝等灾害，与其上游低等级河流周围的生态系统遭到破坏有直接的关系。

3.2 旬河流域不同等级河流与其周围植被关系分析

NDVI 值的大小能反映出植被的生长情况，NDVI 值越大，表示植被生长力越高，反之，则植被生长力越弱^[9]。

所以本文利用 NDVI 值的变化来表示不同等级河流周围植被的生长情况。利用空间分析功能，分别研究 1997 年 6 月 13 日和 2004 年 6 月 14 日旬河流域不同等级缓冲区内的 NDVI 分布数据，并运用分类区统计功能分别得到 1997 年和 2004 年不同等级河流缓冲区内 NDVI 值 n ，最后统计结果见表 2 和表 3。

根据 Strahler 河网分级方法，低等级的河流实际上就是河流的源头和上游，海拔相对较高，其周围的生态系统因为受人类活动干扰较少而保存较好，所以其植被生长较好而稳定；而高等级的河流往往是河流的下游，海拔则相对较低，人为活动干预相对较多，极大地降低了地表植被的稳定性，造成了 NDVI 值的降低。

3.3 1997 年和 2004 年旬河流域生态敏感地段的 NDVI 值变化分析

通过对 1997 年和 2004 年旬河流域不同年份相同时段河网缓冲区内 NDVI 值的变化分析,可以看出,相同等级河流缓冲区内 NDVI 均值有增高的趋势,高等级河流缓冲区的变化尤为显著。这表明“十五”期间,旬河流域中高山地区以天然林保护和强化管护为主体和低山地区以退耕还林、飞播造林为主等措施的实施,加强了森林集中分布区生态功能和野生动植物的保护,明显增加了旬河两岸的植被覆盖率。但是,旬河两岸森林覆盖率仍相对较低,以森林植被为主体的国土安全体系尚未健全。在其它自然影响因子不易控制的情况下,植被作为侵蚀动力的重要抑制因子,保护植被,提高覆盖度对控制水土保持流失具有特别重要的意义^[11]。旬河流域的植被保护和恢复不仅影响着该区域的生态环境改善和社会经济的发展,还直接影响着国家南水北调中线水源区的水质和水量。因此,要加大对河流两岸的植被恢复与建设,控制水土流失,加强河流沿岸防洪工程体系和沿河防护林建设。

4 结论

利用 ArcGIS 9.0 模拟的山地数字河网能够很好地吻合真实河网。河流等级与其周围的植被覆盖存在一定关系,通过对河流等级的划分评价不同等级河流周围的植被覆盖状况,从而为流域的发展和规划提供科学依据。通过对旬河流域 1997 年和 2004 年 NDVI 值的变化分析可以得出,“十五”期间,旬河流域生态建设成效显著。

本研究中不同等级河流缓冲区内分布特征未能将河流本身与缓冲区区分开来,使生态敏感地段的研究结果出现一定误差,是本研究需要进一步改进的地

方。结合旬河流域生态敏感地段植被类型变化的研究,揭示不同生态建设措施的效果,是本研究下一步的工作重点。

[参 考 文 献]

- [1] Editorial. Purification processes, ecological functions, planning and design of riparian buffer zones in agricultural watersheds[J]. Ecological Engineering, 2005, 24: 421—432.
- [2] 李志,刘文兆,杨勤科,等.黄土沟壑区小流域土地利用变化及驱动力分析[J].山地学报,2006,24(1):27—32.
- [3] 赵成义,宋郁东,王玉潮,等.三工河流域荒漠绿洲植被动态及其成因分析[J].应用生态学报,2004,15(2):249—254.
- [4] 叶爱中,夏军,王纲胜,等.基于数字高程模型的河网提取及子流域生成[J].水利学报,2005,36(5):531—537.
- [5] 邹秀萍,齐清文,徐增让,等.怒江流域土地利用/覆被变化及其景观生态效应分析[J].水土保持学报,2005,19(5):147—151.
- [6] 汤国安,杨昕. ARCGIS 地理信息系统空间分析实验教程[M]. 北京:科学出版社,2006.
- [7] 易红伟,汤国安,刘咏梅,等.河网径流节点及其基于 DEM 的自动提取[J].水土保持学报,2003,17(3):108—111.
- [8] Sunil Narumalani, ZHAO Yingchun, John R, et al. Application of remote sensing and geographic information systems to the delineation and analysis of riparian buffer zones [J]. Aquatic Botany, 1997, 58: 393—409.
- [9] 肖胜,叶功实,倪志荣,等.应用卫星遥感影像分析厦门市地表植被变化[J].林业科学,2003,39(1):129—133.
- [10] 徐建华.现代地理学中的数学方法[M].北京:高等教育出版社,2002.
- [11] 刘康,康艳,曹明明,等.基于 GIS 的陕西省水土流失敏感性评价[J].水土保持学报,2004,18(5):168—170.