

基于NDV I 数据的黄河流域地表植被覆盖综合分类研究

李道峰¹, 田 英², 郝芳华¹

(1. 水环境模拟国家重点实验室, 北京师范大学环境科学研究所, 北京 100875;

2 Department of Civil Engineering, the University of Hong Kong, Hong Kong)

摘 要: 在地理信息系统支持下, 文章以时间分辨率为植物一个完整生长周期、空间分辨率 1 km × 1 km 的 NOAA /AVHRR 遥感影像的 NDV I 指标为数据源, 采用目前较为流行的主成分变换法, 结合气象资料和数字高程模型 (DEM), 参考相关的地理基础图件, 对黄河流域地表植被覆盖的进行综合分类。与传统对单一 NOAA /AVHRR 图像 NDV I 数据进行分类的方法相比, 综合分类方法获得了较高的分类精度, 取得了较好的效果。

关键词: 黄河流域; 地表植被覆盖; NDV I; 主成分变换

中图分类号: TP79; Q 948 151

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2003)04-0088-04

NDV I Data Based Study on Complex Classification of Vegetation Cover of Yellow River Basin

L I Dao-feng¹, T IAN Ying², HAO Fang-hua¹

(1. State Key Joint Laboratory of Environmental Simulation and Pollution Control, Institute
of Environmental Sciences, Beijing Normal University, Beijing 100875, China; 2. Department
of Civil Engineering, The University of Hong Kong, Hong Kong, China)

Abstract With the support of Geography Information System (GIS), a multi-dimension classification method was adopted to classify vegetation cover of Yellow River basin synthetically. Taking the NDV I data of NOAA /AVHRR remote sensing image as data source with spatial and temporal resolution at 1 km × 1 km and a whole vegetation growth cycle, the method employed the presently popular principal component analysis technique with combination of climate information, Digital Elevation Model (DEM), and relevant geographical ancillary maps. Compared with traditional single NDV I data classification method, the complex classification method acquires better classification resolution, which will be more benefit for study on increasing prominent ecological-environmental problems, hydrology and water resources of Yellow River basin.

Key words: Yellow River basin; vegetation cover; NDV I; principal component analysis

全球变化与陆地生态系统研究是当前全球变化研究的主要方向, 土地利用/土地覆被变化对全球与区域生态环境的影响是当前研究的热点问题。为了能够更好地反应自然地理环境, 如水文、气候、土壤等因子对土地利用/土地覆被变化的响应, 利用多时相、多波段的遥感观测数据对区域土地覆被进行分类是目前较为有效的技术手段。本文采用 NOAA /AVHRR 遥感数据对黄河流域地表植被进行了多维空间信息综合分类, 得到了较好的效果, 这为研究黄河流域日益突出的生态环境问题、水文与水资源提供了科学依据。

1 植被分类概述

陆地表面植被类型及其分布基本上取决于三个气象因素, 即热量、降水量和湿度, 而湿度又是由热量和降水决定^[1]。陆地表面植被分类研究以 Penman、Thorntwaite 和 Holdridge 等方法最为著名, 这些分类方法的类似之处在于利用简单的温度和水分条件来定义植被类型。目前, 多时相的 NDV I 数据已被用于地表植被分类。C. J. Tucker 和 J. R. G. Townshend (1985 年) 在对全非洲大陆多时相的 NDV I 影像进行主成分变化后, 提取出前三个主分量进行监督分

收稿日期: 2003-03-07

基金项目: 国家重点基础发展规划项目[黄河流域水资源演化与可再生性维持机理, 编号: G1999043601(973)]资助。

作者简介: 李道峰(1975-), 男, 黑龙江省哈尔滨市人, 北京师范大学环境科学研究所博士研究生, 从事水资源和遥感GIS应用研究。

类, 绘制出全非洲的土地覆被图^[2]; R. S. Defries 和 J. R. G. Townshend (1991 年) 利用分辨率为 $1^\circ \times 1^\circ$ 的 NDVI 数据集, 用最大似然分类法将全球陆地植被类型分为 11 种^[3]; S. W. Running 和 T. R. Loveland (1995 年) 根据遥感数据的特性, 将植被分为六类, 并根据 NOAA/AVHRR 的一年多时相的 NDVI 影像对美国陆地植被进行了分类研究^[4]。目前, 我国学者在这方面也开展了研究工作, 盛永伟等 (1995 年) 以 1990 年 12 个月的 NDVI 遥感影像为数据源, 进行动态聚类分析, 将我国植被划分为 18 个大类^[5]; 李晓兵等 (1999 年) 在 RS 和 GIS 支持下, 以 1992~1993 年连续 12 个月 1 km 分辨率的 NOAA/AVHRR 影像数据为数据源, 利用主成分分析和非监督分类的方法, 对中国植被进行了宏观分类^[6]。

2 资料来源

(1) NOAA/AVHRR 遥感影像数据: 来源于美国地质调查局 (USGS) 地球资源观测系统 (Earth resources observation system EROS) 数据中心的探路者数据集 (Pathfinder data set PDS)。数据空间分辨率为 $1\text{ km} \times 1\text{ km}$; 时间序列从 1992 年 4 月到 1993 年 3 月, 共 36 幅遥感影像, 包括了植物生长的一个完整周期; 卫星遥感影像的覆盖范围包括整个黄河流域, 地理范围在 $102^\circ 24' \text{E} \sim 108^\circ 53' \text{E}$, $37^\circ 41' \text{N} \sim 34^\circ 54' \text{N}$ 之间。

(2) 1992 年 4 月~1993 年 3 月全国 670 个基本、基准和一般气象站的月降水量、月平均气温、月平均风速、月平均气压和月平均日照百分率等基本气象资料。资料来源: 中国气象局气象中心资料室。

(3) 全亚洲 $1\text{ km} \times 1\text{ km}$ 分辨率的数字高程模型 (DEM)。资料来源: 美国 EROS 数据中心。

(4) 数字化 $1:400$ 万黄河流域行政边界图。

(5) 辅助图件: 黄河流域各省植被类型图, 黄河流域气候区划图, 作物熟制图等基础图件。

3 资料处理方法

3.1 遥感资料的处理

NOAA/AVHRR 遥感数据集经过每日轨道拼接、5 个波段原始通道的辐射校正、几何纠正、坐标转化等前期预处理, 采用最大像元合成法 (Maximum Value Composites, MVC), 对每幅影像的每一个像元处取该月最大 NDVI 值, 获得去云处理后的影像。

计算 NDVI 值: 归一化植被指数 (Normalized Difference Vegetation Index, NDVI) 是由 AVHRR 的第一通道 (可见光) 和第二通道 (近红外) 反射率得到 (公式 1)。

$$NDVI = (Ch_1 - Ch_2) / (Ch_1 + Ch_2) \quad (1)$$

在 GIS 软件 ArcGIS 的支持下将数字化的黄河流域行政边界图投影转换为 Albers 等面积圆锥投影, 用行政边界截取黄河流域 NDVI 数字影像。

3.2 气象资料的处理

将 1992 年 4 月~1993 年 3 月气象资料进行整理, 基于 GIS 软件, 依据气象站点经纬度坐标, 采用克力格法 (Kriging) 生成带有年均温度、降水量、风速等气象属性数据的坐标点, 然后进行空间的插值, 生成连续的流域空间表面模型, 形成栅格影像。

3.3 数字高程模型 (DEM) 的处理

将全亚洲的数字高程影像转化为标准 GRID 格式, 然后将投影转换为等面积圆锥投影, 再叠加黄河流域的边界图, 提取出黄河流域 1 km 分辨率的 DEM 影像。

3.4 Holdridge PE 生命地带分类方法

文章采用 Holdridge 生命地带分类系统, 其优点在于指标计算简便合理, 且与植被类型的关系密切, Holdridge 法已经被环境学家认为是到目前为止较为精细和优良的植被—气候分类系统。生态学家认为这一方法可以根据某一区域的气候指标来估算其地表植被类型。

地表植被群落组合可以在热量、降水和湿度的基础上给予界定, 这种组合称为生命地带。生命地带既可以显示区域的植被类型, 又含有产生该植被类型的热量和降水的值, 所以生命地带是气候的生物作用与植被相结合的结果, 是热量与湿度区及所规定的植被类型的综合表现。生命地带的具体指标为生物温度 (BT)、降水量 (P) 和可能蒸散率 (PER)。Holdridge 以年平均生物温度作为热量指标, 生物温度被限定于出现植物营养生长的范围内, 通常认为是在 $0 \sim 30$ 之间, 日均温度低于 0 和高于 30 均排除在外, 计算公式为^[7]:

$$BT = t / 365 \quad (2)$$

$$BT = T / 12 \quad (3)$$

式中: BT ——年平均生物温度, t ——大于 0 且小于 30 的日平均温度, T ——大于 0 且小于 30 的月平均温度。

Holdridge 方法认为可能蒸散是温度的函数, 根据大量实验数据确定可能蒸散与降水的比率为可能蒸散率:

$$PET = BT \times 58.93 \quad (4)$$

$$PER = PET / P = BT \times 58.93 / P \quad (5)$$

式中: PET ——可能蒸散量 (mm), PER ——可能蒸散率 ($\%$), P ——年降水量 (mm)。

许多学者研究表明, 热量指标 BT 与我国的经度、纬度和海拔高度密切相关。潘耀忠等 (2000 年) 利用全国 658 个气象台站的数据^[8], 采用多元逐步回归的方法, 计算得到 1992 年 4 月到 1993 年 3 月的生物温度和经度、纬度及海拔高度的相关关系:

$$BT = -0.036365ALT - 4.904092LAT - 0.969354LON + 432.064213 \quad (6)$$

式中: ALT ——海拔高度, LAT ——地理纬度, LON ——地理经度。

在 GIS 支持下, 利用插值得到的黄河流域经度和纬度的栅格图像, 结合 $1\text{ km} \times 1\text{ km}$ 的黄河流域数字高程模型, 采用公式 (6) 计算得到 $1\text{ km} \times 1\text{ km}$ 的黄河流域 BT 数字影

像(图 1)。将插值得到的黄河流域年降水量数字影像 P 与生物温度 BT 结合, 采用公式(5), 计算得到黄河流域 $1\text{ km} \times 1\text{ km}$ 分辨率的可能蒸散率 PER 的数字影像(图 2)。



图 1 黄河流域 BT 数字影像

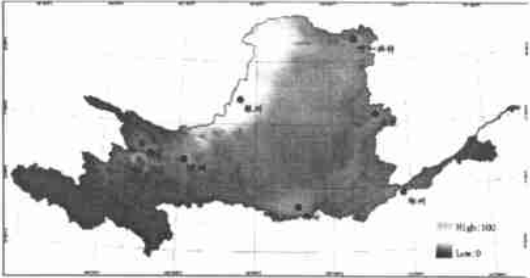


图 2 黄河流域 PER 数字影像

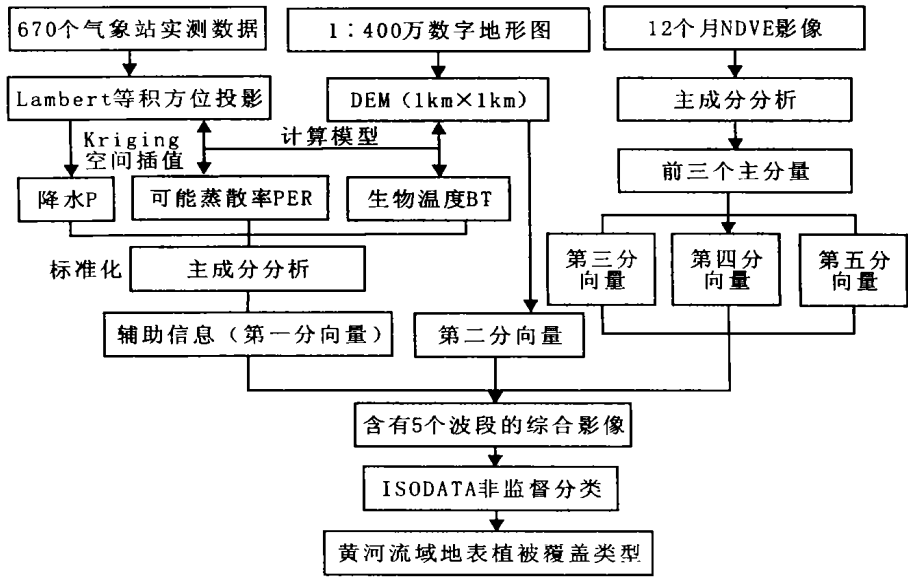


图 3 黄河流域地表植被综合分类过程图

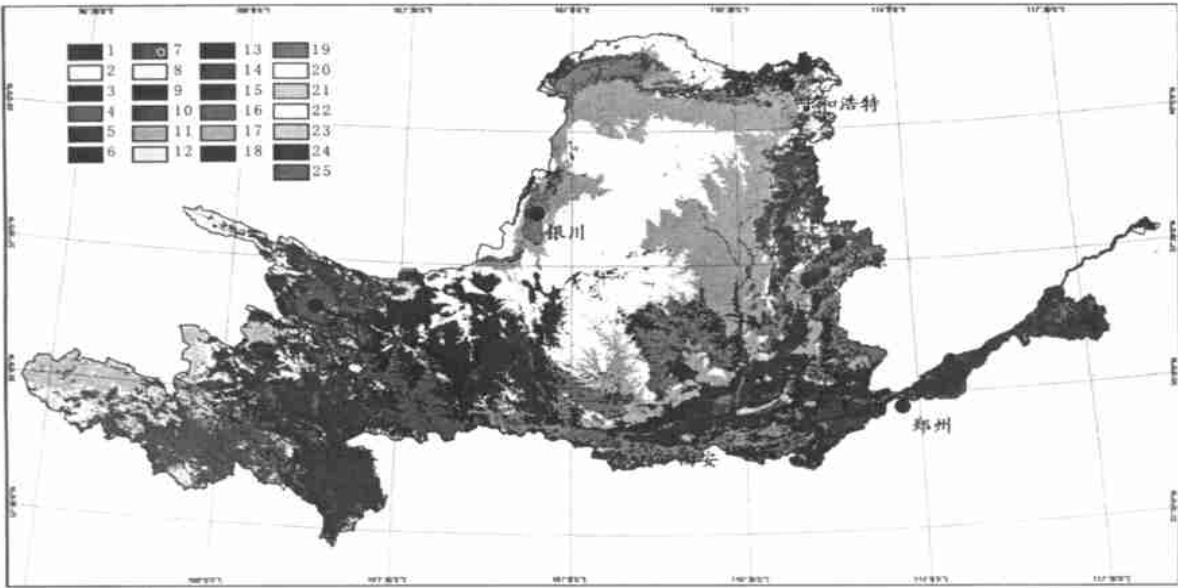


图 4 黄河流域地表植被综合分类结果图

4 黄河流域多维空间信息综合地表植被分类

4.1 多维信息复合

本文采用地表植被分类主成分变换法(KL 变换法)进行分类,将生物温度 $B T$ 、可能蒸散率 $P E R$ 和年降水量 P 作为控制植被类型分布格局的基本因子,进行标准化变换,将像原值统一拉伸为 0~ 100 之间,变换公式为:

$$b^* = (b_i - b_{min}) / (b_{max} - b_{min}) \tag{7}$$

式中: b^* ——标准化后的像原值, b_i ——实际像元值, b_{min} ——最小像原值, b_{max} ——最大像原值。

对标准化后的三幅影像进行主成分变换,选取第一主成分结果,作为黄河流域植被分类数字影像的一个分类向量;由于黄河流域地势起伏比较大,下垫面因素对植被生长的影响大,因此选用黄河流域 DEM 影像作为第二个分类向量;最后再将 12 个月的 NDV I 时间序列影像进行主成分变化,取前三个主成分分析的结果与第一分向量和第二分向量共同组成由 5 个波段构成的综合影像(图 3)。

4.2 植被的综合分类

对多维信息进行复合后,采用 ISODA TA 非监督分类的方法,依据相关的植被分类图集、DEM 高程图和 1: 400 万的中国

土壤类型图,进行了黄河流域地表植被综合分类。最终将黄河流域的地表植被类型共分为 8 个一级类型(森林、灌丛和矮林、荒漠与沙生植被、草原和草甸、高山稀疏植被、栽培植被、混合类型、水体),25 个二级类型,分类结果见图 4 和表 1。

5 讨 论

在地理信息系统支持下,采用植被一个完整生长周期的 NOAA /AVHRR 遥感影像,分辨率为 1 km × 1 km NDV I 为数据源,对照各类植被分类图集、DEM 高程图和 1: 400 万的中国土壤类型图等基础图件,采用主成分变换法对空间大尺度黄河流域地表植被覆盖进行综合分类,并与传统对单一 NOAA /AVHRR 图像 NDV I 数据分类方法对比,由于避免了不同地表植被覆盖类型 NDV I 季节变换曲线差异不显著和分类时易混淆的缺点,获得了较高的分类精度,取得了较好的效果。分类过程中,由于黄河流域面积较大,地势起伏高差变化明显,采用的各种参考图件的时间不统一,因此分类结果与实际的流域地表植被覆盖存在一些差异。为继续提高分类的精度,需要采用分辨率高、时间和空间尺度匹配的参考图件,通过野外 GPS 定位采样信息来减小宏观分类带来的误差。

表 1 黄河流域地表植被分类表

1 森林 常绿针叶林 青海云杉林+ 圆柏林[24] 落叶阔叶林 山杨、白桦林[6] 落叶栎林[16]	4 荒漠化沙生植被 矮灌木荒漠[2]
2 灌丛和矮林 虎榛子、绣线菊灌丛[9] 高山柳灌丛[25]	5 高山稀疏植被 高山垫状植被[17] 高山流石坡稀疏植被[21]
3 草原和草甸 杂草盐化草地[3] 紫花针茅高寒草原[11] 蒿类草原+ 沙生针茅荒漠草原+ 灌丛[12] 短花针茅荒漠草原[13] 苔草高寒草原[18] 克氏针茅草原[23] 蒿草高寒草甸[10]	6 栽培植被 旱作农田[1] 水浇农田[23] 水浇农田+ 常绿针叶林[5] 旱作农田+ 水浇农田[15] 人工林[20]
	7 混合类型 禾草高寒沼泽化草甸+ 高山流石坡稀疏植[7] 矮林(沙地植被)+ 落叶阔叶灌丛+ 蒿类草原[8] 灌丛(酸枣+ 荆条)+ 人工林+ 农田[14] 灌丛(子)+ 针茅荒漠草原[19]
	8 水体[4]

参考文献:

[1] 张新时, 杨莫安等. 植被得 PE(可能蒸散)指标与植被- 气候分类(三)- 几种主要方法与 PEP 程序介绍[J]. 植物生态学与地植物学报, 1993, 17(2): 97- 109

[2] Tucker C J, Townshend J R G. African land-cover classification using satellite data[J]. Science, 1985, 227(2): 369- 375

[3] Defries R S, Townshend J R G. NDV I-derived land cover classification at global scale[J]. International Journal of Remote Sensing, 1994, 15: 3567- 33586

[4] Running SW, Loveland T R. A remote sensing based vegetation classification logic for global land cover analysis[J]. Remote Sensing of Environment, 1995, 51: 39- 48

[5] 盛永伟, 陈维英, 等. 利用气象卫星植被指数进行我国植被的宏观分类[J]. 科学通报, 1995, 40(1): 68- 71

[6] 李晓兵, 史培军. 基于 NOAA /AVHRR 数据的中国植被类型 NDV I 变化规律研究[J]. 植物学报, 1999, 41(3): 314- 324

[7] 张新时, 杨莫安, 等. 植被得 PE(可能蒸散)指标与植被- 气候分类(一)- 几种主要方法与 PEP 程序介绍[J]. 植物生态学与地植物学报, 1989, 13(1): 1- 9

[8] 潘耀忠, 李晓兵, 等. 中国土地覆被综合分类研究- 基于 NOAA /AVHRR 和 Holdridge PE[J]. 第四纪研究, 2000, 20(3): 270- 280