

塔里木河中游植被指数空间数据库设计^①

刘雪芹, 蒲智, 蔡朝朝, 叶凯, 林思成

(新疆农业大学 计算机与信息工程学院, 乌鲁木齐 830052)

摘要: 受环境因素与人类活动的影响, 塔里木河中游地区近年植被长势及分布变化较大, 通过对植被的动态监测分析, 可为塔里木河生态保育对策的制定及植被保护研究提供科学依据. 本文采用面向对象的 Geodatabase 模型, 使用地理信息系统(GIS)对空间、属性数据的管理分析功能, 以塔里木河中游为研究区, 选取通过遥感图像处理平台 ENVI 计算得到的 2000、2006、2010、2015 年四期归一化植被指数(NDVI)为研究数据, 通过使用 ArcGIS 对 NDVI 进行空间分布特征研究, 设计出一种塔里木河中游植被指数空间数据库, 以实现空间、属性数据的存储管理一体化. 该植被指数空间数据库能直观的反映出研究区植被变化及生长情况.

关键词: 塔里木河中游; 植被指数; 空间数据库; Geodatabase; NDVI

Design of the Spatial Database of Vegetation Index in Middle Reaches of the Tarim River

LIU Xue-Qin, PU Zhi, CAI Zhao-Zhao, YE Kai, LIN Si-Cheng

(College of Computer & Information Engineering, Xinjiang Agricultural University, Urumqi 830052, China)

Abstract: Due to the environment and human activities, the growth and distribution of vegetation has a great change in the middle reaches of the Tarim River. We can monitoring the vegetation growth and distribution in the middle reaches of the Tarim River to provide a scientific and reliable basis for the enactment of the ecological conservation policy and vegetation protection in the middle reaches of the Tarim River. This paper adopts the object-oriented Geodatabase model, using geographic information system (GIS) to analysis spatial data and attribute data of the middle reaches of the Tarim River, selecting the normalized difference vegetation index (NDVI) in 2000, 2006, 2010, 2015 as the research data which is calculated through the remote sensing image processing platform ENVI, using ArcGIS for the research of the spatial distribution characteristics of NDVI. This paper designs a vegetation index spatial database based on Geodatabase for middle reaches of Tarim River to accomplish the integration of storage and management of spatial data and attribute data. This spatial database can reflect the changes of vegetation growth and distribution directly in the study area.

Key words: middle reaches of the Tarim River; vegetation index; spatial database; Geodatabase; NDVI

植被是陆地生态系统的主要组成成分之一, 因其具有显著的年际和季节变化成为近年遥感监测的主要研究对象^[1]. 植被指数是反映植被变化的重要参量.

塔里木河是中国第一大内陆河, 亦是新疆人民的母亲河. 它与中国最大的内陆盆地塔里木盆地相依, 对调节气候、改善生态环境与经济的可持续发展起着至关重要的作用^[2].

近年, 随着 3S 技术的不断发展, 空间数据库已被

应用于多个领域并成为当今国内外学者研究的热点. 然国内外现有关植被指数的空间数据库设计与研究较少, 以塔里木河为研究区的研究更是一片空白.

本文将通过对 2000 年至 2015 年 15 年间 4 期塔里木河中游归一化植被指数的监测与分析, 采用面向对象的 Geodatabase 技术, 设计并建立基于 ArcGIS 的植被指数空间数据库. 从而得到塔里木河中游的植被生长状况, 为塔里木河的进一步生态决策的定制提供可靠依据.

^① 基金项目: 国家自然科学基金(41361082)

收稿时间: 2016-08-14; 收到修改稿时间: 2016-09-29 [doi:10.15888/j.cnki.csa.005748]

1 建立Geodatabase模型

空间数据模型经历了三个阶段,即CAD数据模型阶段、Coverage数据模型阶段和Geodatabase数据模型阶段^[3]。

Geodatabase模型使用标准的关系-对象数据库技术,支持一套完整的拓扑特集,为大型数据库系统在数据管理方面提供了优势。

本文将根据具体研究需求,采用三层架构(图1),建立基于Geodatabase模型的塔里木河中游植被指数空间数据库,实现属性、空间数据的一体管理。

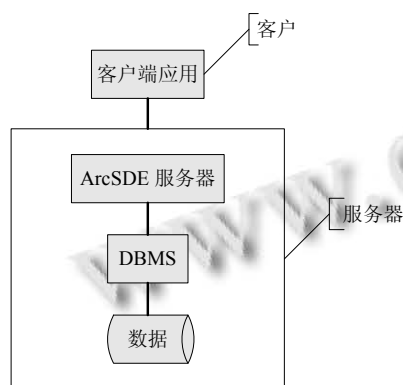


图1 空间数据库三层架构

本文中Geodatabase空间数据模型的设计如图2所示。

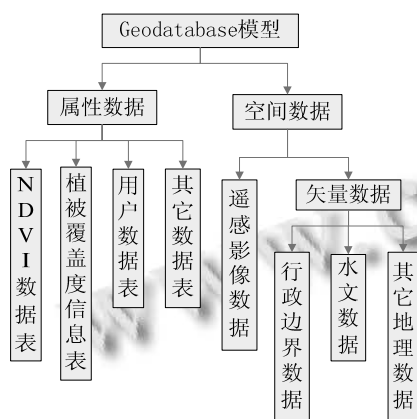


图2 植被指数Geodatabase模型

相比前两代空间数据模型,Geodatabase模型具有显著优势。它能对空间地理数据进行统一的存储与管理、能进行更为准确的数据编录与更加直观的数据操作、要素也具有更为丰富的相邻关系、可以更好的定义要素形状并能允许多个用户同时进行地理数据的编

辑^[1]。本文选用第三代空间数据模型Geodatabase,代表了近代GIS技术的发展趋势。

2 植被指数空间数据库

2.1 研究区概况

塔里木河位于新疆维吾尔自治区塔里木盆地北部巴音郭楞蒙古自治州境内(图1),全长2137km,流域面积共计19.8万km²,位处东经71°39'-93°45'与北纬34°20'-43°39'之间。流域覆盖5地(州)与兵团4个师(局)共计42个县(市)和55个团场,生活着825.7万人口,占全疆总人口的47%,是中国最长的内陆河。

本文研究区为塔里木河中游(轮台县英巴扎至尉犁县恰拉)区域,详见图3。

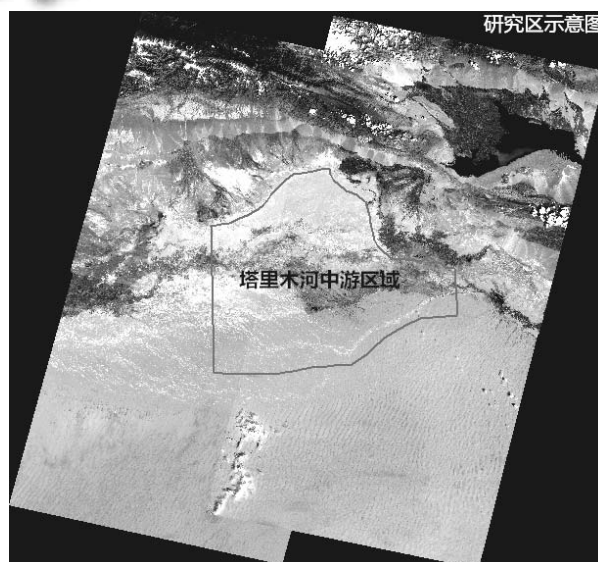


图3 塔里木河干流中游地区示意图

2.2 技术路线

本文所设计的基于GIS技术的塔里木河中游植被指数空间数据库设计过程如图4所示。

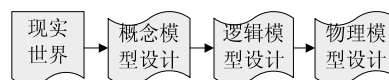


图4 数据库设计过程

以塔里木河中游2000、2006、2010、2015年四期Landsat遥感影像数据生成的归一化植被指数(NDVI)与其相应空间位置、地图等空间地理数据与属性数据进行入库存储,并在此基础上设计基于Geodatabase空间数据模型的塔里木河中游植被指数数据库,以实现

数据的查询、显示、管理分析等功能。

具体技术路线图如图5所示。

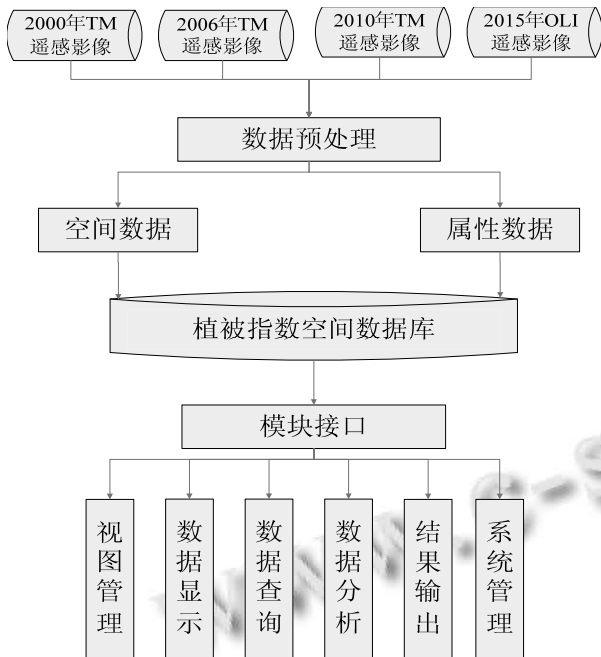


图5 技术路线图

2.3 数据来源与预处理

2.3.1 数据来源

本文选取 2000-2015 年共 15 等间隔共计四期的 Landsat 系列遥感影像为源数据。分别为 2000 年 Landsat 7 ETM+影像、2006 年与 2010 年 Landsat 5 TM 影像以及 2015 年 Landsat 8 OLI 遥感影像，研究区的行列号为 143/31、143/32、144/31、144/32。

所得源数据为从地理空间数据云(网址：<http://www.gscloud.cn/>)上免费下载的夏季少云并已经经过几何校正、去云等初步处理的 GLS 产品。

2.3.1 数据处理

将数据源在遥感图像处理平台 ENVI 5.1 中进行辐射校正、大气校正、裁边、分景影像拼接、研究区裁剪等数据预处理工作。再利用影像中红波段与近红外波段进行 NDVI 计算与等级划分(表 1)。

表 1 NDVI 等级划分

等级	NDVI(0-1)	数值等级
1	0.0<NDVI<0.1	低级
2	0.1≤NDVI<0.3	较低级
3	0.3≤NDVI<0.5	中级
4	0.5≤NDVI<0.7	较高级
5	0.7≤NDVI≤1.0	高级

植被覆盖度是一种可反映地表植被生长状况的重要生态参数，因其明显的年际、季节变化而成为近年来监测植被生长变化的一项重要指标^[4]。本文采用简单、实用且效果较好的像元二分模型法来进行植被覆盖度的估算。即假设一个像元的地表由两个因子组成：有植被覆盖与无植被覆盖，光谱信息则为两个因子的线性加权合成所得，每个因子的权重为其各自的面积在像元中所占比率，那么可讲植被覆盖度看作植被的权重^[5]，根据公式(1)结合 NDVI 的置信区间值计算可得。

$$VC = (NDVI - NDVI_{min}) / (NDVI_{max} - NDVI_{min}) \quad (1)$$

根据计算结果进行不同植被覆盖度等级的划分(表 2)。

表 2 植被覆盖度等级划分

等级	VC(0-1)	植被覆盖程度	区域植被类型
1	VC<0.1	低	戈壁、零星植被
2	0.1≤VC<0.3	较低	少量植被、稀疏林地
3	0.3≤VC<0.5	中度	中产量草地、灌木林
4	0.5≤VC<0.7	较高	高产草地、郁闭灌木林
5	VC≥0.7	高	密林地、灌木地、耕地

2.4 数据库设计

2.4.1 数据库

文本所设计的植被指数空间数据库中包括空间数据库与属性数据库，采用空间数据引擎 ArcSDE 进行二者的连通及实现空间数据在 DBMS 中数据的管理，如空间数据的存储、查询、分析等^[6]。

属性数据库的功能是用于存储管理 NDVI 的数据表(表 1)、基础数据表、用户数据表、权限数据表、系统日志表等各类属性表数据与信息，空间数据库则用于存储管理研究所涉及的矢量、栅格数据，例如研究区裁剪所用的 Shape 文件、遥感卫星影像、地图文件等。

表 3 归一化植被指数(NDVI)数据表

字段名	数据类型	空间	可否为空
grass	Number	10	否
water	Number	10	否
desert	Number	10	否
cities	Number	10	否
NDVI	Number	5	否
data	Data	15	否

2.4.2 空间数据引擎

采用由 ESRI 公司开发的空间数据引擎 ArcSDE。ArcSDE 是连接地理信息系统(GIS)与关系数据库管理

系统(DBMS)的中间件,应用程序通过 ArcSDE 可以把空间数据存储至 DBMS^[7]. ArcSDE 的开发接口允许 ArcGIS 在多种关系数据库平台进行管理空间数据的管理,如本文选取的 MySQL 数据库管理系统.同时, ArcSDE 也为开发人员提供了专用的 API 接口用以地理空间数据的检索与分析.

2.4.3 开发环境

采用 Windows 7 操作系统,编程语言为 C#, 空间数据模型为第三代空间数据模型 Geodatabase. 属性数据库采用 MySQL 存储并管理各类信息表与属性表,空间数据库的开发平台为 ArcGIS, 空间数据存储方式采用 ArcCatalog, 功能开发组件为 ArcGIS Engine.

2.4.4 功能模块

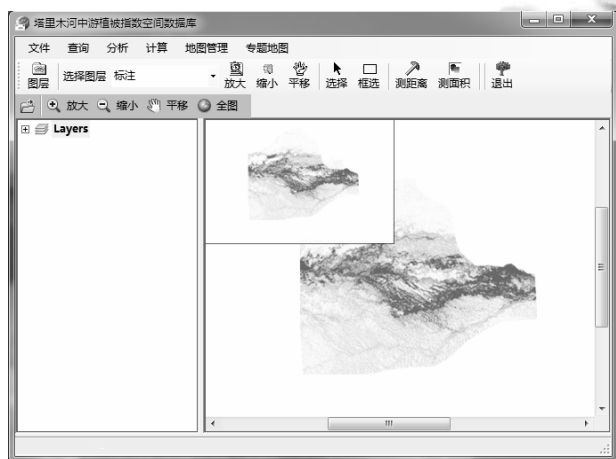


图6 数据库主界面

该塔里木河中游植被指数空间数据库的主界面包含标题栏、菜单栏、工具栏、图层数据的显示区、地图数据显示及管理区、鹰眼显示区、状态栏等7部分(图5).

主要具有以下7部分功能模块:

① 数据入库

该模块主要实现属性、空间数据的入库. 属性数据如 NDVI 等基础数据表、用户数据表、权限数据表等其他信息表与属性表^[8]. 空间数据则为研究涉及的栅格、矢量数据等.

② 数据更新

空间数据具有会随着时间的变化而不断变化的特点^[9], 该模块用于实现空间、属性数据的实时更新与用户的增删, 用户可根据自身需要进行图层的新建及更新, 满足了空间数据的时效性和用户需求.

③ 视图界面管理

可实现图形界面的显示与管理, 例如地图的放大、缩小、平移等操作.

④ 数据查询

该模块用以进行空间、属性数据的双向查询. 可查询的数据形式多样, 用户可通过有数据属性进行查询, 即通过单击地图获得相应的属性信息. 也可按不同的要素查询图层, 当然也包括一些基本文档数据的查询. 用户还可根据需要进行各年 NDVI 数据(图7)及灰度图(图8)、植被覆盖度分类图(图9)的查询. 能为塔里木河中游植被长势的监测、分析以及植被分类、植被覆盖程度等研究提供方便可靠的数据支持.

⑤ 数据分析

由归一化植被指数 NDVI 均值变化折线图可分析得到塔里木河中游地区的植被生长变化情况.

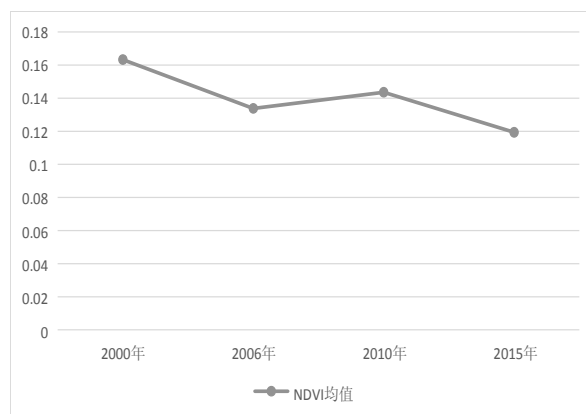


图7 研究区2000、2006、2010、2015年NDVI数据变化折线图

由图7可知: 塔里木河中游地区归一化植被指数 NDVI 均值由2000年的0.163313降为2015年的0.119388, 总体呈衰减特征.

以 NDVI 为基础数据进行基于像元二分模型的植被覆盖度估算与等级划分. 通过对数据库内空间、属性数据的双向查询, 可获得研究区归一化植被指数 NDVI 的影像信息(图8)、不同等级的植被覆盖度分级图(图9)、植被指数曲线以及对应的 TM 遥感影像数据等.

以此为基础可进行不同时相的归一化植被指数 NDVI 的空间动态分析、年际变化分析以及植被覆盖度的时空动态分析^[10].

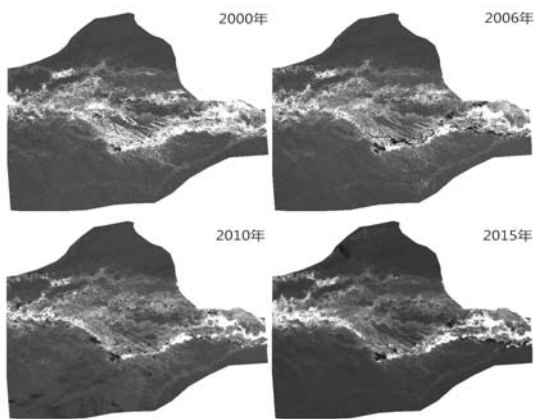


图 8 研究区 2000、2006、2010、2015 年 NDVI 灰度图

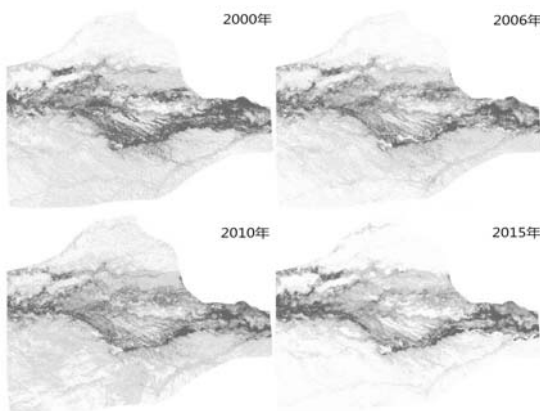


图 9 研究区 2000、2006、2010、2015 年植被覆盖度图

⑥ 结果输出

该模块可通过查询与分析进行多种类型的结果输出,例如表格、统计图表与地图的输出等。

⑦ 系统管理

该模块主要实现数据库系统的管理功能,包括:用户管理(增、删、改)、权限管理、安全管理、系统维护等。

2.5 数据库应用

以 4 期卫星遥感影像数据为数据源,通过建立基于 Geodatabase 的塔里木河中游植被指数空间数据库能有效实现对塔里木河中游 15 年间植被生长状况的时空变化监测与估算分析。通过 ENVI 进行 NDVI 数据的生成与基于像元二分模型的植被覆盖度的估算,生成 NDVI 灰度图(图 8)、植被覆盖度等级图(图 9)以及 NDVI 与植被覆盖度统计表(表 4、表 5),并将其直观的反映在塔里木河中游植被指数空间数据库中用以更为直观简洁的数据分析。

由表 4、表 5 可知,塔里木河中游区域植被覆盖变化较为明显。其中较低覆盖度、较高覆盖度、高覆盖度植被面积总体均呈现不同程度的减少,并向中、低植被覆盖等级退化。

表 4 不同时期不同植被覆盖度所占面积分布表

时 期	不同等级植被覆盖度所占面积(km ²)				
	0.0-0.1	0.1-0.3	0.3-0.5	0.5-0.7	0.7-1.0
2000 年	6179.4522	5342.0103	1257.6168	778.2615	1740.4416
2006 年	7418.6397	4553.9388	1530.9351	764.2575	1030.0113
2010 年	6085.8306	5685.9903	1622.0673	940.1175	963.7767
2015 年	9051.3675	3274.8993	1335.4434	665.2683	970.8039

表 5 不同植被覆盖度所占面积变化统计表

年段	2000-2006	2006-2010	2010-2015	2000-2015
	变化比例(%)	变化比例(%)	变化比例(%)	总变化(%)
低	8.10	-8.71	19.39	18.77
较低	-5.15	7.40	-15.76	-13.51
中度	1.79	0.60	-1.87	0.51
较高	-0.09	1.15	-1.80	-0.74
高	-4.64	-0.43	0.05	-5.03

由表 4、表 5 可知,塔里木河中游区域植被覆盖变化较为明显。其中较低覆盖度、较高覆盖度、高覆盖度植被面积总体均呈现不同程度的减少,并向中、低

植被覆盖等级退化。

结合图表分析得到:2000-2006 年间,研究区中部及东部地区较低、高等级植被覆盖均呈现衰减趋势并

退化为中度及低植被覆盖等级。其中高植被覆盖等级减少最为明显,由原有的 11.38%降为 6.73%,面积退化 710.4303 km²。2006-2010 年间,研究区植被增长和衰减并存,高等级植被覆盖面积持续减少,主要表现在河道东部。2010-2015 年间,高植被覆盖等级变化不大,较高、中、较低植被覆盖等级均向低植被覆盖等级退化。中部河道周边植被覆盖明显减少,其中较低等级植被覆盖面积由 2010 年的 37.17%减少至 2015 年的 21.41%,低植被覆盖等级面积则增加了 18.77%。

由此可知:15 年间,塔里木河中游地区植被生长状况退化与好转并存,总体呈衰减退化特征。高覆盖等级植被大量退化为其他低植被覆盖等级。其中,低植被覆盖等级变化率最大,截至 2015 年面积已由 2000 年的 6179.4522 km² 增长为 9051.3675 km²,较低植被面积则减少了 2067.1110 km²。

结果表明:塔里木河中游地区以少量植被、稀疏林地为代表的较低覆盖度植被退化为戈壁、沙漠,以密林地、灌木地为代表的高覆盖植被大面积减少,以胡杨为主体的荒漠林正逐步退化。

结合项目组野外实地考察结果分析可知,这一结果与塔里木河中游修建输水堤防工程有关。自 2000 年起新疆维吾尔自治区向塔里木河下游实施生态输水并于 2001 年 12 月于塔里木河中游地区修建了输水堤防工程后至今,塔里木河中游两岸的生态环境发生了较为明显的变化,河岸生态系统呈现局部衰退趋势。可见,输水堤防的修建对塔里木河中游堤防外河道的植被生长环境及植被的多样性造成了一定程度的负面影响。

3 结论

本文基于对第三代空间数据模型 Geodatabase 的

研究分析,提出了塔里木河中游植被指数空间数据库建库的总体方案和技术路线,为实现塔里木河海量多元空间数据与属性数据的一体化高效管理提供了技术保障,同时也通过对归一化植被指数与植被覆盖度的为塔里木河中游区域的植被长势监测与生态保育政策的制定提供了可靠数据支撑与理论依据。

参考文献

- 1 陈爱京,傅玮东,肖继东,张旭,王蕾,沙依然.基于像元二分模型的和布克赛尔县植被覆盖动态变化分析.草业科学,2012,29(6):857-862.
- 2 高志强,刘纪远.基于遥感和 GIS 的中国植被指数变化的驱动因子分析及模型研究.气候与环境研究 2000,5(2):155-164.
- 3 宋杨,万幼川.一种新型空间数据模型 Geodatabase.测绘通报,2004,(11):31-33.
- 4 潘农菲.GIS 的空间数据在关系型数据库的实现理论及应用技术.计算机应用,2002,19(2):92-94.
- 5 刘玉安,黄波,程涛,曲乐安.基于像元二分模型的淮河上游植被覆盖度遥感研究.水土保持通报,2012,31(1):93-97.
- 6 颜安.基于 Geodatabase 的罗布泊“大耳朵”地区空间数据库系统设计与实现[硕士学位论文].乌鲁木齐:新疆农业大学,2009.
- 7 廖瑞祥,王刚,邹良超.基于 GIS 的三峡库区滑坡空间数据库系统设计.三峡大学学报(自然科学版),2011,33(1):24-27.
- 8 穆荣,张永福,路星.基于 ArcGIS Geodatabase 基础空间数据库设计.测绘与空间地理信息,2007,30(3):112-115.
- 9 张春森,杜福光.植被指数空间数据库的建立及应用.西安科技大学学报,2010,30(6):711-715.
- 10 蔡朝朝,安沙舟,蒲智,淮永建.基于 TM NDVI 的库尔勒市域植被覆盖动态变化.草业科学,2015,32(7):1069-1073.