

利用CBERS数据在毛乌素沙地遥感动态监测与评价分析

宋梦龙,张 鹏,张海龙,杨景荣

(内蒙古计算机应用研究院,内蒙古 呼和浩特 010010)

摘要:毛乌素沙地位于鄂尔多斯高原向陕北高原过渡地带,是我国沙漠化较为严重的地区之一,也是我国沙尘暴发源地之一。由于近年来我国土地沙漠化日益明显,前景令人担忧,那么该沙地状态如何,故本文通过对2000年、2006年两期CBERS卫星遥感数据,应用多种卫星遥感信息分类方法进行分析对比,综合比较了不同卫星遥感信息提取方法的优缺点后,确定最终的分类方法为监督分类。以最优分类结果为基础,在认识沙漠化发生机理之后进行监测与分析,客观认识毛乌素沙地的沙化特征、荒漠化发展方式等特点,最终得出结论:毛乌素沙地沙化趋势总体发生逆转,呈现良性发展趋势,但有局部地区发生恶化的现象。

关键词:毛乌素沙地;中巴卫星数据;遥感监测;动态变化分析

中图分类号:S159.2 **文献标识码:**A **文章编号:**1007—6921(2016)03—0079—04

土地沙漠化是当今世界最严重的环境问题和社会问题之一,引起了社会各界的重视。土地沙化监测对沙漠化防治对策的制定具有重要指导意义。遥感监测广泛应用到沙漠化监测中,如杨思全等^[1]基于RS与GIS的土地沙漠化与土地利用变化时空耦合研究。王涛等^[2]在沙质荒漠化的遥感监测与评估研究,这些成果推动了人们对土地沙漠化的认识,提高了资源环境研究中工作效率和经费的节省,使得研究可在更大范围内快速地开展,并实现准同步的动态监测。

中巴地球资源卫星(CBERS—1)是以中国为主研制的第一代传输型地球资源卫星,CBERS—1接收到的图像,其信息量丰富,影像清晰。它已广泛应用于农、林、牧、水利、地矿、测绘、海洋、环境监测,灾害监测,气象等国民经济众多领域。尤其在生态环境保护和生态建设中具有广阔的应用潜力,可满足沙漠化监测与评价的工作需要,如陈绍辉等^[3]在CBERS—1数据处理及在荒漠化监测中的应用评价。丁峰^[4]等CBERS—1数据评价及在荒漠化监测中的应用。

毛乌素沙地是我国四大沙地之一,是沙漠化严重发生、沙漠化研究的重点地区之一。针对毛乌素沙地的生态工程开展很多,目前毛乌素沙地呈现出“整体遏制、局部好转”的良好局面^[5]。本研究利用动态遥感信息源(CBERS),监测沙漠化现状,掌握毛乌素沙地的数量和分布状况,以及沙漠化动态变化特征,揭示其发展变化规律,为深入研究毛乌素沙地沙漠化问题提供方法手段和有价值信息。

1 研究区概况

毛乌素沙地位于鄂尔多斯高原向陕北高原过渡地带,自西北向东南倾斜,具有“梁”、“滩”平行排列

的相间地貌^[6]纬度为37°30'~39°20'N、经度为107°20'~111°30'E,平均海拔1 300m~1 600m,涉及内蒙古、陕西、宁夏3省(区)的16个县域,面积约4万km²,是一个农、林、牧交错出现,自然、经济、社会的复合生态系统^[7]。该地区属于亚湿润半干旱区^[8],湿润指数0.50~0.65,年平均温度6.0℃~8.5℃,平均降水量为250mm~440mm,年平均蒸发量1 770mm~2 500mm,是降水量的4倍~9倍,年平均风速2.1m/s~3.3m/s,年平均大风日数10d~40d,最多达95d。研究区内地质条件主要由白垩纪紫红色和侏罗纪灰绿色砂岩层所构成,这些砂岩固结程度很差,极易风化,土壤以风沙土为主,地带性土壤(栗钙土和棕钙土)和非地带性土壤(风沙土和盐碱土、草甸土)相间排列。沙地的植被由东部的草甸草原和灌丛植被逐渐向西部的荒漠化草原植被过渡。沙生植物和草甸植被成为沙地的主要植被类型,如图1所示。



图1 研究区位置示意

收稿日期:2015—12—08

资助项目:国家科技部西部开发重大专项(项目编号:2005BA901A26)。

作者简介:宋梦龙(1978—),男,内蒙古呼和浩特人,本科,工程师,主要从事遥感技术和地理信息系统应用研究。

2 研究方法

2.1 沙漠化类型及沙漠化变化类型的划分

选取 2000 年 7 月和 2006 年 7 月的两期中巴卫星数据(分辨率 19.5 m),做为遥感数据基础。依据植被覆盖度,将毛乌素沙地划分为流动沙地、半流动沙地、半固定沙地、固定沙地和非沙漠化土地 5 种土地类型。

依据两个时期土地类型的变化幅度,建立沙漠化土地变化类型分类系统,即发及明显发展、一般发展、稳定、一般逆转、明显逆转 5 种变化类型,从而准确地反映某一时间内沙漠化土地类型间的转化规律,进而揭示沙漠化变化程度及趋势。

2.2 沙漠化信息的自动提取

由于工作区域较大,人工解译,耗时多、周期长、沙化信息提取难,故本次研究采用计算机自动分类法提取沙化信息,并对比分析了植被盖度分割、缨帽变换、非监督分类、监督分类等信息提取精度。

2.2.1 植被盖度分割法。通过遥感影像不同波段进行处理,得到归一植被指数(NDVI)。利用 NDVI 与植被覆盖度的相关关系,反演植被覆盖度。

$$f = (\text{NDVI} - \text{NDVI}_{\min}) / (\text{NDVI}_{\max} - \text{NDVI}_{\min}) \quad (1)$$

式中,NDVI_{min} 为最小植被指数,即裸土条件下的值;NDVI_{max} 为最大植被指数,即全植被覆盖条件下的 NDVI 值;f 为植被覆盖度。

2.2.2 缨帽变换。缨帽变换是一种经验性的多波段图像的线性变换,缨帽变换后产生的分别代表亮度、绿度和湿度的 3 个波段,能敏感的反映沙质土地

植被的变化,也有利于判读各种裸露土地或半裸露土地的质地、水分和盐渍化程度。沙漠化类型与遥感图像缨帽变换后的绿度、湿度均呈反比关系,即沙漠化程度越高,绿度越低、表层土壤湿度越小,相反则绿度越高、表层土壤湿度越大。把缨帽变换后的绿度分量和湿度分量相加,可以增强不同沙漠化类型之间在遥感图像上的差异,然后进行密度分割,提取不同沙漠化类型的分布。

2.2.3 非监督分类法。非监督分类是对主体分级在事先没有主体内容或归属关系的情况下,仅凭遥感图像上地物光谱特征的分布规律,用像素的灰度值进行演算和识别,根据图像本身的统计特征及自然点群的分布情况来划分地物类别的分类处理方法。

2.2.4 监督分类法。监督分类,是从已知训练样区得出实际地物的统计,然后再用这种统计资料作为图像分类的判别依据,并依据一定的判别依据使具有相似特征并满足一定识别规则的像元归并为一类。本次研究选取最小距离法、最大似然法、马氏距离法分别进行了实验。

3 结果与分析

3.1 土地沙漠化监测结果的精度验证与评价

土地沙漠化遥感监测结果的精度验证,是土地荒漠化监测重要环节,必须用人工目视解译与野外调查相结合的方法对沙漠化土地类型进行精度验证。将对分类结果与外业实测图斑面积做对比后,得到整体精度,各分类方法的精度对比见表 1。

表 1

各种分类方法精度检验

| 分类法 | 地类面积统计 | 外业实测面积 | 重合率 | 总精度 |
|---------|---------|---------------|---------------|---------|
| 监督最大似然法 | 流动沙地面积 | 14 564 228.06 | 18 553 782.16 | 78.50% |
| | 半流动沙地面积 | 726 078.60 | 855 897.82 | 84.83% |
| | 固定沙地面积 | 7 001 710.83 | 6 120 276.90 | 87.41% |
| | 半固定沙地面积 | 3 584 014.96 | 4 151 459.51 | 86.33% |
| | 非沙地面积 | 1 566 426.22 | 1 750 195.41 | 89.50% |
| 非监督分类法 | 流动沙地面积 | 15 228 116.95 | 18 553 782.16 | 82.08% |
| | 半流动沙地面积 | 699 279.63 | 855 897.82 | 81.70% |
| | 固定沙地面积 | 4 390 479.72 | 6 120 276.90 | 71.74% |
| | 半固定沙地 | 2 769 474.38 | 4 151 459.51 | 66.71% |
| | 非沙地面积 | 1 523 657.27 | 1 750 195.41 | 87.06% |
| 缨帽变换法 | 流动沙地面积 | 17 946 053.12 | 18 553 782.16 | 96.72% |
| | 半流动沙地面积 | 761 276.12 | 855 897.82 | 88.94% |
| | 固定沙地面积 | 3 001 421.78 | 6 120 276.90 | 49.04% |
| | 半固定沙地 | 1 677 079.04 | 4 151 459.51 | 40.40% |
| | 非沙地面积 | 1 467 676.54 | 1 750 195.41 | 83.86% |
| 植被盖度法 | 流动沙地面积 | 9 904 410.46 | 18 553 782.1 | 653.38% |
| | 半流动沙地面积 | 406 520.07 | 855 897.82 | 47.50% |
| | 固定沙地面积 | 3 147 801.59 | 6 120 276.90 | 51.43% |
| | 半固定沙地 | 1 710 750.81 | 4 151 459.51 | 41.21% |
| | 非沙地面积 | 984 546.64 | 1 750 195.41 | 56.25% |

由表 1 数据可知,各分类方法的精度为,监督最大似然法>非监督分类法>缨帽变换法>植被盖度法。通过经过目视判读和实地验证,植被盖度分割法提取的非沙地地类和沙地信息,部分与实际情况不符。尤其对固定沙地和非沙地类型的分类明显有错分现象,在水体分布区,植被盖度分割不能将其与固定沙地类型分开,因而精度较差,仅达到 49.95%;缨帽变换法分类结果与实际较为相符,尤其对沙化类型分类较好。半固定沙地与固定沙地分类边缘很明显,非沙地与沙地地类一目了然,能正确的分类出水域、植被等非沙地信息,整体精度达到 71.79%;非监督分类,虽然分类精度达到 77.86%,但存在“同物异谱”和“异物同谱”的现象,难以简单通过地物灰度值计算识别出不同的沙漠化类型;实验区内监督最大似然法精度达到了 85.31%,分类效果比较理想,各沙漠化类型边界清晰、分类较为准确,达到自动分类要求。实验区 CBERS 感遥影像

图,如图 2 所示,影像自动分类结果,如图 3 所示。

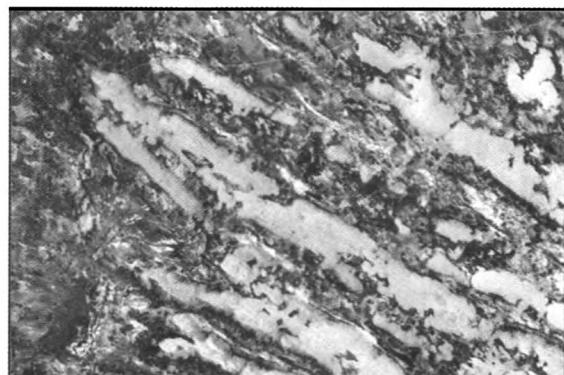
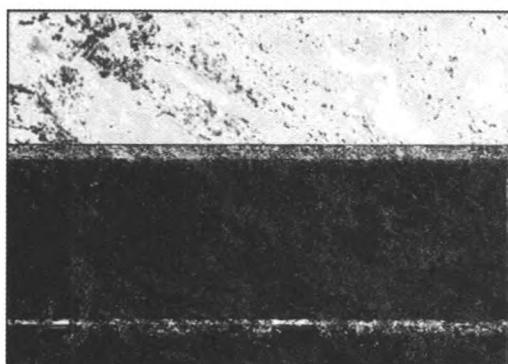


图 2 2006 年毛乌素 CBERS 影像局部图

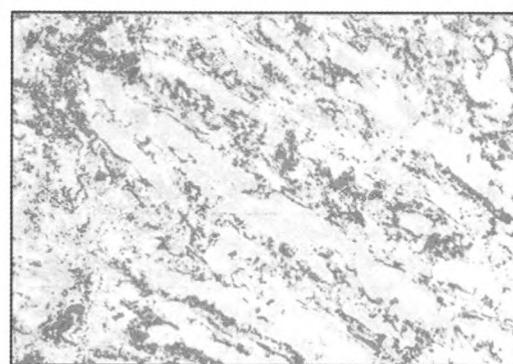
(注:以下分类以此图像为例)

3.2 沙漠化动态分析

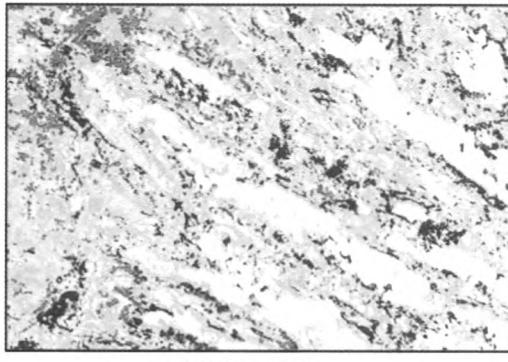
毛乌素沙地监测面积为是 59 240.35km²。2000 年和 2006 年现状数据统计(见表 2)。



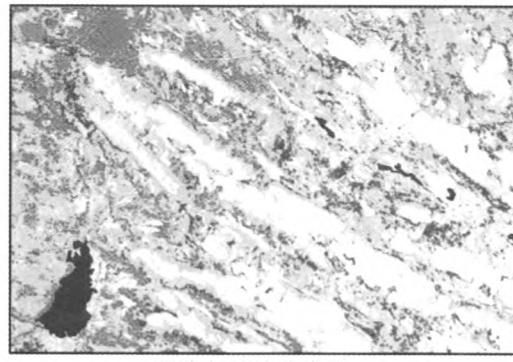
植被盖度分类图



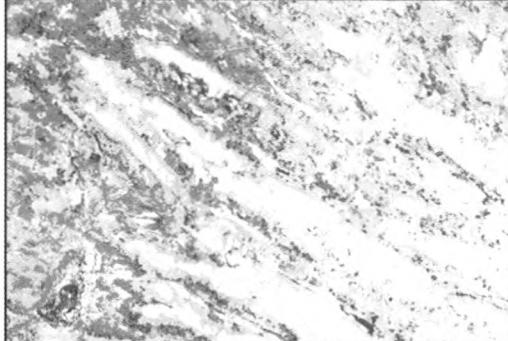
绿度和湿度相加后的缨帽变换图



非监督分类图



最大似然法分类图



Mahalanobis 距离法分类图



最小距离法分类图

图 3 影像自动分类结果

表 2 2000 与 2006 年研究区沙漠化现状统计

| 年度 类型 | 2000年 | | 2006年 | | 动态变化 | |
|----------|--------------------------|-----------|--------------------------|-----------|--------------------------|------------|
| | 面积 (km ²) | 比例 (%) | 面积 (km ²) | 比例 (%) | 面积 (km ²) | 变化率 (%) |
| 固定沙地 | 15 776.73 | 26.63 | 6 871.48 | 11.60 | -8 905.25 | -15.03 |
| 半固定沙地 | 14 443.57 | 24.38 | 21 747.79 | 36.71 | 7 304.22 | 12.33 |
| 半流动沙地 | 14 357.18 | 24.24 | 14 497.90 | 24.48 | 140.72 | 0.24 |
| 流动沙地 | 4 217.09 | 7.12 | 2 217.64 | 3.74% | -1 999.45 | -3.38% |
| 非沙漠化 | 10 445.78 | 17.63 | 13 905.54 | 23.47 | 3 459.76 | 5.84 |
| 监测面积 | 59 240.35 | 100 | 59 240.35 | 100 | - | - |

2000 年沙漠化土地面积为 48 794.57 km², 占监测面积的 82.37%, 沙漠化土地分布广泛。其中固定>半固定>半流动>非沙漠化>流动。2006 年沙漠化面积为 45 334.81 km², 占监测面积的 76.53%。其中半固定>半流动>非沙漠化>固定>流动, 半固定沙地占绝对优势, 占监测面积的 36.71%。以上数据表明, 半固定、半流动和非沙漠化是毛乌素沙地 3 种最主要的沙地景观类型。

研究区土地沙漠化动态变化过程统计(见表 3)。

表 3 2000 年~2006 年沙漠化变化类型统计

| 变化类型 | 明显 | 一般 | 稳定区 | 一般 | 明显 |
|--------------------------------|----------|-----------|-----------|----------|----------|
| | 发展区 | 发展区 | | 逆转区 | 逆转区 |
| 2000~2006 年 km ² | 8 258.64 | 12 547.83 | 19 262.52 | 9 845.86 | 9 325.50 |
| 占总面积的 比率/% | 13.94 | 21.18 | 32.52 | 16.62 | 15.74 |

从沙漠化变化类型的面积和比率上看, 稳定区面积为 19 262.52 km², 约占总面积的 32.52%, 说明在 2000 年至 2006 年研究区约有 1/3 的土地处于稳定状态; 发展面积(包括一般发展和明显发展), 共 20 806.47 km², 约占总面积的 35.12%; 逆转面积(包括一般逆转和明显逆转面积), 共为 19 171.37 km², 约占总面积的 32.37%, 正逆相互转化过程基本相当, 其中明显逆转地区面积大于明显发展地区, 所以仅从面积上来看, 沙漠化发展趋势大于逆转趋势; 从其变化的程度来看, 研究区整体上处于一个在稳定中走向恢复的状态。

4 研究结论

(上接第 38 页) 型分开来, 以便于区别不同情况采取不同措施, 比如对于销小存大的商品, 要尽力组织推销, 价格上予以折扣、折让的优惠, 对于推销有功人员还要给予奖励, 对于霉烂变质的货物, 要进行销毁处理。这样可以保证中铁信息计算机工程有限责任公司内蒙古分公司存货的库存状况达到最优。

应用 CBERS 数据的沙漠化信息自动提取方法中, 经分析验证精度由大到小, 分别为监督最大似然法>非监督分类法>缨帽变换法>植被指数法, 由此我们认为, 监督最大似然法具有较高的精度, 是有效提取沙漠化信息的重要手段。

从毛乌素沙地 2000 年~2006 年沙漠化类型现状看, 沙漠化面积总体减少, 由 82.37% 减少到 76.53%; 两个监测年度中, 半固定沙地在面积上均占有较大比重, 固定、半流动和非沙漠化是沙漠化最主要类型的类型。

通过分析沙漠化变化类型面积变化, 可看出, 毛乌素沙地 2000 年~2006 年沙漠化发展呈现总体稳定, 局部恶化趋势, 其中稳定区、发展区、逆转区各约占 1/3, 发展区略大于逆转区; 从沙漠化发展程度分析, 毛乌素沙地整体上处于一个在稳定中走向恢复的状态。

[参考文献]

- [1] 杨思全, 武建军. 基于 RS 与 GIS 的土地沙漠化与土地利用变化时空耦合, 2005, 20(4).
- [2] 王涛, 吴薇, 王熙章. 沙质荒漠化的遥感监测与评估——以中国北方沙质荒漠化区内的实践为例[J]. 第四纪研究, 1998, 5(2).
- [3] 陈绍辉, 高志海. CBERS-1 数据处理及在荒漠化监测中的应用评价[J]. 内蒙古林业科技, 2005, (4).
- [4] 丁峰, 高志海, 等. CBERS-1 数据评价及在荒漠化监测中的应用[J]. 遥感技术与应用, 2004, (5).
- [5] 王蕴忠, 孙和国, 武生荣. 飞机播种造林种草治理毛乌素库布齐沙漠(地)成效及评价[J]. 内蒙古林业科技, 1999, (3): 24~29.
- [6] 北京大学地理系. 毛乌素沙区自然条件及其改良利用[M]. 北京: 科学出版社, 1983.
- [7] 吴波, 慈龙骏. 50 年代以来毛乌素沙地荒漠化扩展及其原因[J]. 第四纪研究, 1998, (2): 165~171.
- [8] Haisu Ma, Hongyu Zhao.. United Nations convention to combat desertification in those countries experiencing serious drought and/or desertification, particularly in Africa[J]. International Legal Materials, 1994, (14).

通过对存货进行了一系列的整改, 中铁信息计算机工程有限责任公司内蒙古分公司的存货到目前为止, 虽没有达到“零”库存, 但不存在“呆坏账”, 使中铁信息计算机工程有限责任公司内蒙古分公司在存货管理上上了一个新台阶, 保证了中铁信息计算机工程有限责任公司内蒙古分公司健康有序发展。