

基于多源信息探查中小尺度土地利用变化:内蒙古乌审旗案例研究^①

弓永利^{②*} 王耀强^{③**}

(* 内蒙古建筑职业技术学院市政与路桥工程学院 呼和浩特 010070)

(** 内蒙古农业大学水利与土木建筑工程学院 呼和浩特 010018)

摘 要 以 Landsat 8 OLI/TM5 数据、DEM 数据、ISODATA 分类结果等构建多源数据集,采用 CART 决策树方法提取乌审旗 2005 年、2010 年和 2015 年三期土地利用数据。基于“3S”技术,利用此三期土地利用数据对研究区 2005 年~2015 年土地利用变化特征进行时空变化分析。结果表明:(1)CART 决策树分类图的精度分别为 86.5%、88%、91.5%,较监督分类精度有所提高,可用于本次土地利用变化研究分析;(2)乌审旗主要的土地利用类型为草地、未利用地和林地;2005 年~2015 年水域、林地和建设用地的面积均持续上升;耕地与未利用地均先以较快的速度增加后以较快的速度减少,整体为增加趋势;草地面积则先以较快的速度降低,后以较慢的速度增长;(3)未利用地及草地的转化比例占研究区所有土地利用类型转化比例的 80.38%,说明未利用地和草地是乌审旗境内极为重要的土地利用现象;(4)2005 年~2010 年土地利用综合程度减小,而 2010 年~2015 年土地利用综合程度呈现上升趋势。总体来看,2005 年~2015 年土地利用程度综合指数整体有所增大,说明乌审旗的土地利用正处于发展时期。

关键词 多源信息,土地利用,决策树分类,转移矩阵,变化图谱

0 引 言

土地利用/土地覆被变化已成为全球环境变化研究的核心问题,并有研究证明其为造成全球生态变化和影响生态系统的重要原因^[1-5]。传统土地利用变化数据大部分来自于各有关部门的统计数据,存在准确性、连续性等方面的局限性,不利于土地利用变化特征的分析。“3S(遥感、地理信息系统、全球定位系统的统称,三者的英文中都含一个 S 而得名)”技术手段应用于土地利用研究中,可以较好地实现高效、实时、动态的监测效果。

近年来,国内外学者在土地利用分类及变化方面取得了一定的研究成果。陈佑启等^[6]通过 GIS

技术建立模型,分析了我国土地利用变化和其影响因素子间的关系。庄大方等^[7]基于 RS 和 GIS 技术,用美国陆地探测卫星 Landsat TM 提供的土地利用数据,分析了北京市两时相的土地利用变化特征。刘纪远等^[8]对中国定期更新 20 世纪 80 年代末至 2010 年的土地利用变化数据,提出了研究土地利用变化的动态区划方法。吕晓等^[9]运用地学信息图谱理论与方法,对江苏省土地利用变化的时空特征及规律进行了分析。目前,土地利用方面的研究多是进行大尺度范围的,小尺度(旗县范围)的研究则相对较少,且研究所用的模型参数较少。本文以内蒙古乌审旗区域为例进行了研究。乌审旗作为生态脆弱区,是我国北方半干旱区域生态变化研究的重点区域,具有很强的代表性。本文基于“3S”技术手

① 国家自然科学基金(51169016)资助项目。
② 女,1976 年生,副教授,高级工程师;研究方向:遥感,工程测量,地理信息应用;E-mail 2240924122@qq.com
③ 通讯作者,E-mail:wyqshun@aliyun.com
(收稿日期:2016-11-10)

段,采用 CART 决策树方法提取 2005 年、2010 年及 2015 年三个时相的土地利用信息,运用数理统计与土地利用变化相关模型,主要从五个方面分析研究区土地利用类型之间变化趋势、互相转移的动态过程以及空间信息等,并结合研究区乌审旗实际状况和近些年相关方面的政策,对乌审旗的土地利用变化与自然、政策及社会经济等因素结合起来作最终评价,为该区域优化配置土地资源和改善乌审旗生态环境等提供依据。

1 材料和方法

1.1 研究区概况

乌审旗处于内蒙古自治区最南端、鄂尔多斯市的西南部,位于 $108^{\circ}17'36'' \sim 109^{\circ}40'22''E$ 与 $37^{\circ}38'54'' \sim 39^{\circ}23'50''N$ 之间(图 1),全旗面积为 11645km^2 ,包括 5 个镇、1 个苏木。海拔处于 $1300\text{m} \sim 1400\text{m}$ 间,地势由西北向东南逐渐倾斜,大部分区域为沙地、滩地、梁地相间分布。境内河流稀少、湖泊较多,其中一部分为季节性湖泊。植被以沙生植被为主,其次为草甸植被,以及小面积的沼泽植被和隐域性植被^[10,11]。

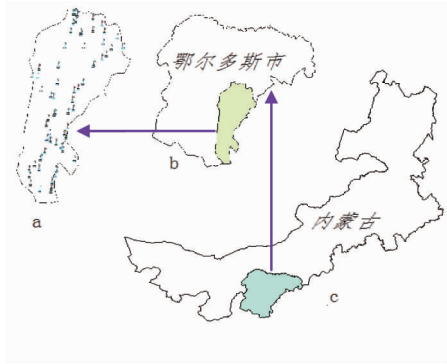


图 1 研究区地理位置及采样点分布示意图

1.2 数据来源与处理

1.2.1 遥感数据

本文数据源为 2005 年 6 月两景 Landsat TM5 影像数据、2010 年 7 月的两景 Landsat TM5 影像数据和 2015 年 7 月的两景 Landsat8 OLI 影像数据,空间分辨率为 30m ,投影带号为 WGS_1984_UTM_Zone_49N。

此时研究区域范围内的两期影像数据含云量极少,图像质量良好,正值植被生长茂盛期,故有利于研究区内地物的解译与分类提取。Landsat8 OLI 数据与 TM5 数据类似,发布的数据级别为 L1T,已做过地形数据参与的几何校正,一般可直接使用。使用 ENVI 软件对获取的 Landsat 8 OLI/TM5 遥感数据进行数据读取、辐射定标、大气校正、镶嵌、裁切等预处理。根据三期 Landsat 影像数据的各波段特征和研究所需,对各影像的对应波段分别赋予红、绿、蓝色,以得到近似自然彩色的合成图像,以提高图像的目视解译最佳效果。

1.2.2 野外调查数据

查阅该区域已有土地利用覆盖数据资料,结合区域空间地理分布,实际道路交通状况,野外调查点的均匀性、代表性及可操作性原则,于 2014-2016 年利用手持 GPS 对乌审旗区域进行野外实际调查取样并进行现场数据采集。其中,200 个野外调查点分别包括水域 30 个、建设用地 30 个、耕地 30 个、林地 30 个、草地 40 个、未利用地 40 个。野外调查点分布状况如上述图 1 中 a 区域所示。

1.2.3 其它数据

数字高程模型(DEM)数据采用 GDEM V2 30M 分辨率的数据,从地理空间数据云下载。运用 ENVI 软件进行数据读取、投影转换、重采样、镶嵌、裁切等预处理,使其与遥感数据的空间位置匹配一致。此外还有收集到审旗水土保持局近些年的有关水土保持方面的政策与报告总结,Google Earth 影像数据。

1.3 研究方法

1.3.1 分类系统的确定

本次研究所采用的土地利用类型的划分,参照国家土地利用分类系统的标准,结合乌审旗境内的实际状况,将两期数据的土地利用类型归结为 6 类,即水域、耕地、草地、林地、建设用地及未利用地。

1.3.2 基于 CART 算法的决策树分类

基于 CART 算法的决策树分类是基于遥感数据和其它空间数据的复合分类,通过专家经验总结、简单的数学统计和归纳方法等,自动提取分类规则并进行遥感分类。分类规则易于理解,分类过程也符合人的认知过程,最大的特点是利用多源数据,较传

统单一遥感数据的计算机分类方法精度有所提高。

由原始波段、NDVI、ISODATA 分类结果及 DEM 高程数据构建多源数据集。通过 ENVI 软件中 Layer stacking 工具将多个波段生成一个多波段文件。通过 RuleGen 对感兴趣域进行分析,生成一个二进制的决策树工程文件,然后将获取的决策树规则应用于整个研究区数据(见图 2)。通常情况下,初步分类的结果很难满足精度要求,需要对初步分类结构进行不断地调整、修改后再分类,以获得更加真实、准确的乌审旗土地利用分类图。

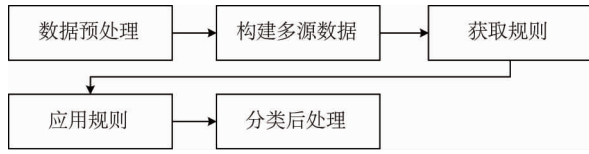


图2 基于 CART 的决策树分类技术流程图

1.3.3 土地利用变化分析

土地利用变化包括质量变化、空间变化和时间变化,分别代表着土地利用变化中的三方面特征。本研究运用数理统计与土地利用变化相关模型,主要从幅度变化、动态度、程度变化、转移矩阵和变化图谱五个方面^[12-16],对研究区 2005 年~2015 年的土地利用变化趋势及其各类型之间互相转移的动态过程和空间信息等方面进行分析。

(1) 幅度变化

土地利用幅度变化是指区域内各土地利用类型面积变化情况,可以反映出不同土地利用类型总体变化趋势以及在土地利用结构方面的变化。具体公式如下:

$$F = \frac{U_b - U_a}{U_a} \times 100\% \quad (1)$$

式中, U_a 、 U_b 分别为各土地利用类型研究初期和末期的面积, F 为土地利用变化幅度。

(2) 动态度

动态度是土地利用动态研究中的一个极为重要模型,既能描述各地类自身变化的程度,也可较好地反映其变化的时间特征,其公式为

$$K = \frac{U_b - U_a}{U_a} \times \frac{1}{T} \times 100\% \quad (2)$$

式中, U_a 、 U_b 分别为各土地利用类型研究初期和末期的面积, K 为 T 年内的动态度。

(3) 土地利用程度变化

庄大方^[11]等提出了新的量化土地利用程度的分析方法,将土地利用程度按照土地自然综合体在社会因素影响下自然平衡保持状态分为 4 级,并赋予分级指数,并且给出了土地利用综合指数的定量表达方式:

$$L_a = 100 \times \sum_{i=1}^n A_i \times C_i \quad (3)$$

式中, L_a 为土地利用综合指数, A_i 、 C_i 分别为第 i 级的土地利用程度分级指数、面积百分比, n 为土地利用程度分级数。

(4) 转移矩阵

转移矩阵可以反映系统状态和状态转移的量化过程,能够全面、具体地表示研究区土地利用类型变化的结构特征及其变化方向,具体公式如下:

$$C_{ixj} = A_{ixj}^k \times 10^n + A_{ixj}^{k+1} \quad (4)$$

式中, A_{ixj}^k 、 A_{ixj}^{k+1} 分别为前、后两期土地利用类型图, C_{ixj} 为土地利用变化矩阵,本次研究中 n 取 1。

(5) 图谱变化

变化图谱既包含了土地利用状况的空间信息,也反映了研究区域内土地利用时空变化特征。运用 GIS 中的 GRID 模块与空间数据分析模块的地图代数运算功能,结合转移矩阵与马尔柯夫模型的方法便可获得土地利用变化图谱。

$$N_{t+\Delta t} = PN_t \quad (5)$$

$$\text{变化率} = \left(\sum_{i=1}^n S_{ij} - \sum_{j=1}^n S_{ij} \right) \times 100\% / \sum_{j=1}^n S_{ij} \quad (6)$$

$$\text{变化比率} = S_{ij} \times 100\% / \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n S_{ij} \quad (\text{其中 } i \neq j) \quad (7)$$

式中, n 表示土地利用类型的数量, N_t 、 $N_{t+\Delta t}$ 分别为 n 个状态变量组成的状态向量在 t 与 Δt 时刻的值, p 为转移矩阵概率; S_{ij} 为由初期(t)的第 i 种土地利用类型转化为末期($t + \Delta t$)第 j 种类型的面积。

2 结果与分析

结合目视解译及 Google Earth 辅助资料,采用

CART 算法的决策树方法进行分类及后处理得到乌审旗 2005 年、2010 年和 2015 年 3 个时相的土地利用类型图(见图 3),通过研究区 200 个野外地面点进

行验证,其分类精度分别为 86.5%、88% 和 91.5%,较监督分类 77%、81.5% 和 83% 的分类精度有所提高,故可用于本区域土地利用变化研究分析。

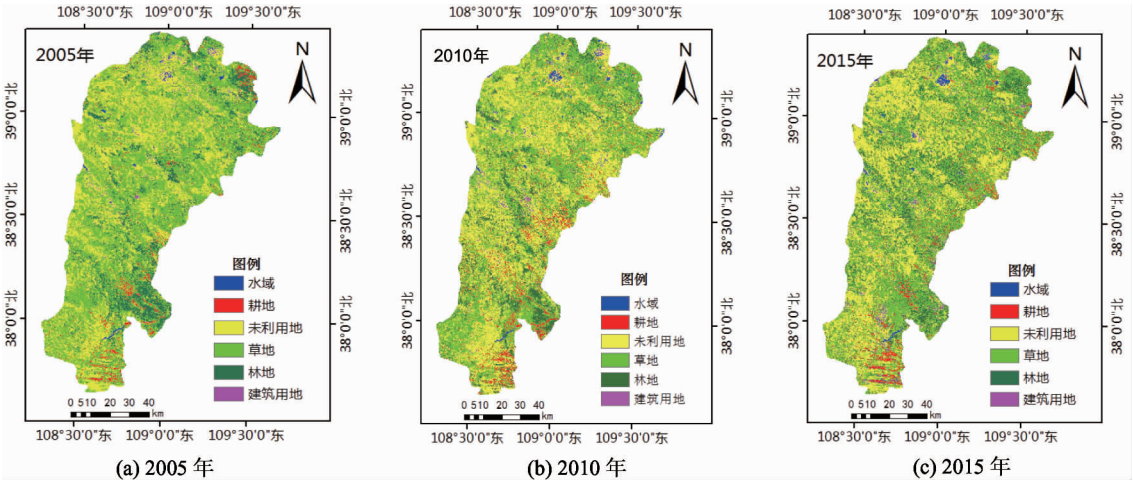


图 3 研究区土地利用类型图

2.1 土地利用幅度变化分析

此次乌审旗土地利用的幅度变化将以 2005 年~2015 年的三期土地利用类型图为基础数据,通过

ENVI 的分类统计模块对分类结果进行统计,整理并计算得到乌审旗土地利用变化表(见表 1)。

表 1 2005-2015 年土地利用变化表

时间	水域		耕地		草地		林地		建设用地		未利用地	
	面积 (hm ²)	比例 (%)	面积 (hm ²)	比例 (%)	面积 (hm ²)	比例 (%)	面积 (hm ²)	比例 (%)	面积 (hm ²)	比例 (%)	面积 (hm ²)	比例 (%)
2005 年	5366	0.47	28423	2.46	619854	53.74	110984	9.62	8101	0.70	380798	33.01
2010 年	9721	0.84	54125	4.69	515890	44.72	116177	10.07	12619	1.09	444996	38.58
变化	4355	0.37	25702	2.23	-103964	-9.02	5193	0.45	4518	0.39	64198	5.57
2010 年	9721	0.84	54125	4.69	515890	44.72	116177	10.07	12619	1.09	444996	38.58
2015 年	10642	0.92	42653	3.70	525974	45.60	166272	14.41	14347	1.24	393638	34.12
变化	921	0.08	-11472	-0.99	10084	0.88	50095	4.34	1728	0.15	-51358	-4.46
2005 年	5366	0.47	28423	2.46	619854	53.74	110984	9.62	8101	0.70	380798	33.01
2015 年	10642	0.92	42653	3.70	525974	45.60	166272	14.41	14347	1.24	393638	34.12
变化	5276	0.45	14230	1.24	-93880	-8.14	55288	4.79	6246	0.54	12840	1.11

由表 1 分析可知,乌审旗的主要土地利用类型为草地、未利用地和林地。2005 年~2015 年期间,研究区土地利用类型的变化特征如下:

草地的面积整体呈现下降趋势,由 619854hm²

降至 525974hm²,在 2010 年~2015 年略有较少增加的趋势。林地面积整体呈现出持续的上升趋势,由 2005 年的 110984hm²(9.62%)增加至 2015 年的 166272hm²(14.41%),增加了 55288hm²,且 2005 年

~2010 年上升幅度较小(0.45%),则 2010 年~2015 年上升幅度较大(4.34%)。未利用地面积在 2005 年~2015 年由 380798hm²(33.01%)增加至 2015 年的 393638hm²(34.12%)整体呈现上升趋势,于 2005 年~2010 年呈现较为明显地增加趋势(5.57%),而 2010 年~2015 年则出现了下降趋势(-4.46%);查阅资料可知这种现象的出现因为一定数量的草地沙漠化、部分耕地及草地盐碱化和个别水域发生干涸现象。

耕地面积整体呈现出上升趋势,由 2005 年的 28423hm²(2.46%)增加至 2015 年的 42653hm²(3.70%),增加了 14230hm²。其中,2005 年~2010 年呈现较大幅度的增加趋势(2.23%),2010 年~2015 年呈现了下降趋势(-0.99%)。建设用地面积呈现着逐步上升趋势,10 年间增长了 6246hm²(0.54%),主要反映了研究区境内各乡镇及苏木的城镇化建设以及农牧区的居民点不断增加,其中包括 10 个全覆盖工程。水域面积占地面积较小,总体呈上升趋势,变化主要受当年降水量和乌审旗水土保持生态建设的影响。

综合 2005 年~2015 年各类型幅度变化,草地和林地变化最为剧烈,占变化总面积的 80%左右,其它种类变化相对平缓一些。其中,草地(50.03%)>林地(29.44%)>耕地(7.62%)>未利用地(6.82%)>建设用地(3.32%)>水域(2.77%)。

2.2 土地利用动态度分析

土地利用动态度可以对土地利用速度变化进行定量描述,其对比较区域土地利用变化的差异以及预测未来区域土地利用变化趋势均有着极为重要的作用。依据 2005 年、2010 年和 2015 年的 3 期土地利用信息数据,计算得到土地利用动态度(见表 2)。

分析表 2 可知,2005 年~2010 年耕地变化率最大,占 18.13%,水域、建设用地及未利用地则以较快的速度增长,草地面积则以较快的速度降低。2010 年~2015 年林地的变化率最大,建设用地、水域以较快的速度增长,耕地与未利用地则以较快的速度降低。2005 年~2015 年水域、林地和建设用地的面积均持续上升;耕地与未利用地则先以较快的速度增加后以较快的速度减少,整体为增加趋势;草

地面积则先以较快的速度降低,后较慢的速度增长。

表 2 2005 年~2015 年土地利用动态度

时间	水域	耕地	草地	林地	建设 用地	未利 用地
2005 年~2010 年	15.74	18.13	-3.36	0.94	11.14	3.37
2010 年~2015 年	1.90	-4.22	0.39	8.62	2.75	-2.31
2005 年~2015 年	9.83	5.01	-1.51	4.98	7.71	0.34

土地利用动态度仅以相对量的形式说明速度变化,不能说明土地利用变化过程中其绝对变化值的大小。水域、耕地及建设用地的年变化率均较高些,因其初始面积较小,故其面积变化量所占总面积比例依然较小。草地、未利用地的年变化率值相比较小,但由于其初始面积均很大,其绝对变化面积仍然较为客观。由表 1 的土地利用幅度变化可知,草地的面积减少量最大为 93880hm²,占乌审旗总面积的 8.1%左右,为研究区土地利用的空间变化产生了极大影响。

2.3 土地利用转移矩阵

使用 Arcgis10.2 软件对 2005 年和 2015 年二期决策树分类得到的土地利用数据进行空间叠加分析,并通过 Excel 整理、统计,得到乌审旗 2005 年~2015 年土地利用变化的空间转移矩阵(见表 3)。

由上述转移矩阵分析可知,研究期间变化最大的部分是由草地转化为未利用地(26.40%),依次是未利用地转为草地(20.71%)>草地转为林地(20.43%)>林地转为草地(12.31%)>草地转为耕地(5.41%)>未利用地转为林地(3.26%)等。由表 3 可知,未利用地及草地的变化占乌审旗所有土地利用类型转化面积的 80.38%,说明未利用地和草地的变化是乌审旗境内极为重要的土地利用现象。根据野外实地调查和查阅资料分析,研究期间部分区域的典型草地和湖边草地发生了较为严重的沙漠、盐碱化现象以及乌审旗相关部门实施的国家重点建设工程巴音塔拉项目、京津风沙源项目、沙棘项目等一系列水土保持生态建设项目,这与前面的结果分析正好吻合。

表 3 2005 年 ~ 2015 年土地利用变化转移矩阵 (%)

时间	地类	2015 年						
		水域	耕地	草地	林地	建设用地	未利用地	总计
2005 年	水域	—	0.00	0.12	0.01	0.05	0.06	0.24
	耕地	0.12	—	2.15	1.22	0.04	0.14	3.67
	草地	0.46	5.41	—	20.43	1.10	26.40	53.81
	林地	0.05	0.24	12.31	—	0.20	1.48	14.27
	建设用地	0.05	0.00	0.40	0.03	—	0.97	1.44
	未利用地	0.57	0.77	20.71	3.26	1.26	—	26.57
	总计	1.25	6.41	35.69	24.95	2.65	29.05	100.00

2.4 土地利用程度变化分析

2005 年 ~ 2010 年土地利用变化图谱,是运用 GIS 中的 GRID 模块与空间数据分析模块的地图代数运算功能,对 2005 年与 2015 年的土地利用类型数据处理获得的(见图 4)。

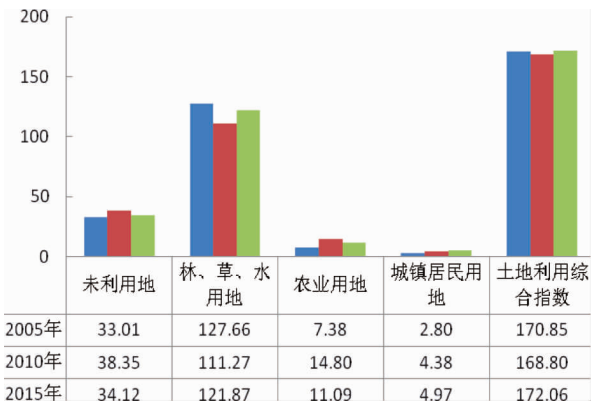


图 4 乌审旗土地利用程度

由图 4 可知:总体来看,2005 年 ~ 2015 年的土地利用程度综合指数整体有所增大,说明乌审旗的土地利用正处于发展时期。其中,2005 年 ~ 2010 年土地利用综合程度减小,而 2010 年 ~ 2015 年土地利用综合程度呈现上升趋势。分析其原因,2005 年 ~ 2010 年草地出现了较为严重的沙漠及盐碱化现象,使林、草、水用地的利用程度指数减少,未利用地的程度指数增加,且随着城镇化建设的不断推进及人口数量的增加,农业用地及城镇居民地亦均有所增加,但前者减少程度大于后者增加程度,导致乌审旗 2010 年 ~ 2015 年的整体土地利用综合指数减

少。2010 年 ~ 2015 年期间,水务局及水土保持局实施了国家水土保持重点建设工程巴音塔拉项目、京津风沙源项目和涉及各苏木镇的沙棘项目等项目,使得林、草、水用地的利用程度指数有所增加,未利用地的程度指数降低,部分农用地盐碱化导致农业用地利用指数减小,但前者减少程度大于后者增加程度,导致乌审旗 2010 年 ~ 2015 年的土地利用综合指数减少。

2.5 土地利用变化图谱

以 2005 年和 2015 年乌审旗土地利用状况的栅格数据为基础,运用 GIS 中的 GRID 模块与空间数据分析模块的地图代数运算部分,生成 2005 年 ~ 2015 年时间段的变化图谱(见图 5)。

由图 5 可知,研究区内乌兰陶勒盖、嘎鲁图、无定河镇乡镇附近区域以及北部和南部的巴图湾、巴嘎淖尔等水库附近,由其它类型转化为草地与林地的斑块面积大且相对集中,主要分布在研究区的西北部和西南部区域内转化为草地及林地的面积较小且分散。其他类型转为未利用地的主要是耕地、草地,主要集中在湖边草地、西北和西南部的沙丘区域,主要是因为部分土地荒漠化、盐碱化等因素所致。由其他类型转化为耕地的区域集中分布在研究区南部红柳河流域的河南乡附近区域和中部河口水库附近的黄陶勒盖乡,主要由草地及未利用地类型开垦而来。其他类型土地在转化为建设用地和水域时,斑块表现不明显,并且呈点状分布。2005 年 ~ 2015 年研究区域土地利用变化斑块的面积较大,主要包括草地转为未利用地、未利用地转为草地与林

地、草地转为耕地以及部分水域。分析其原因,2005年~2015年草地出现了较为严重的沙漠及盐碱化现象,使林、草地逐渐转变为未利用地。近几年,当地水土保持局、水务局实施了国家水土保持重点建设工程巴音塔拉项目、京津风沙源项目和涉及各苏木镇的沙棘项目等,荒漠化区域得到了较大的改善,林、草用地面积有所增加。随着城镇化建设推进、人口数量的增加及国家“三农”政策的大力落实,农业用地及城镇居民地即有所增加,导致部分牧民将草地开垦为耕地来生产粮食,最终导致耕地面积亦有所增加。

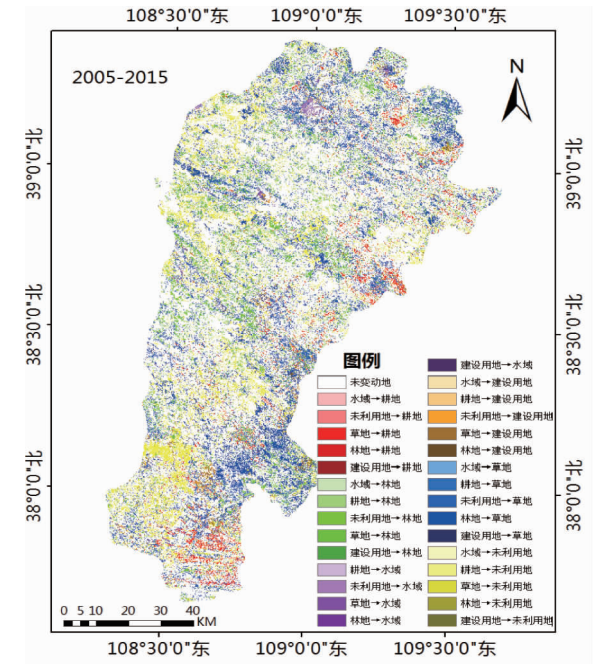


图5 2005年~2015年土地利用变化图谱

3 结 论

本文采用 CART 决策树方法提取乌审旗 2005 年、2010 年和 2015 年的土地利用信息。基于“3S”技术,利用三个时相的土地利用数据对研究区土地利用变化特征进行时空变化分析。主要得出以下结论:

(1)CART 决策树分类图的精度分别为86.5%、88%、91.5%,较监督分类 77%、81.5%、83% 的分类精度有所提高,故可用于本区域土地利用变化研究分析。

(2)乌审旗的主要土地利用类型为草地、未利用地和林地。2005 年~2015 年水域、林地和建设用地的面积均持续上升;耕地与未利用地均先以较快的速度增加后以较快的速度减少,整体为增加趋势;草地面积则先以较快的速度降低,后以较慢的速度增长。

(3)未利用地及草地的转化比例占研究区所有土地利用类型转化比例的 80.38%,说明未利用地和草地是乌审旗境内极为重要的土地利用现象。

(4)总体来看,2005 年~2015 年的土地利用程度综合指数整体有所增大,说明乌审旗的土地利用正处于发展时期。其中,2005 年~2010 年土地利用综合程度减小,而 2010 年~2015 年土地利用综合程度呈现上升趋势。

本文较为全面地分析了乌审旗近几年土地利用变化特征,定量地表述了土地利用“空间格局”和“变化过程”,且较为清晰地描述了土地利用类型之间的转化关系。土地利用变化主要受自然、社会经济以及政策方面的影响,其中自然因素起主导作用,社会经济和政策为重要驱动因素^[17]。近几年乌审旗实施国家水土保持重点建设工程巴音塔拉项目、京津风沙源项目、沙棘项目和生态清洁型小流域等一系列水土保持项目,这与研究中所用数学模型与定性分析相结合得到的结论极为相符,说明这种方法是行之有效的。由于缺少乡镇级行政边界,本研究只是分析了整个乌审旗范围的土地利用变化情况,并没有对其 6 个乡镇进行具体的详细分析。今后将“3S”技术应用于研究更小范围、更有目标性的对象,使有关部门能够更加及时、确切地了解土地利用状况,为政府决策、为各级管理部门拟定土地资源开发政策法规和落实各项管理措施提供可靠的科学依据。

参考文献

[1] 李秀彬. 全球变化研究的核心领域:土地利用/土地覆被变化的国际研究动向. 地理学报,1996,51(6):553-558

[2] 于兴修,杨桂山. 中国土地利用/覆被变化研究的现状与问题. 地理科学进展,2002,21(1):51-57

[3] Radoslava K, Miriam K, Jozef N, et al. Land-use and Land-cover changes in rural areas during different politi-

- cal systems; a case study of Slovakia from 1782 2006. *Land Use Policy*, 2014, 36(1):554-566
- [4] Yadav V, Malanson G. Spatially explicit historical land use cover and soil organic carbon transformations in Southern Illinois. *Agriculture Ecosystems & Environment*, 2008, 123(4):280-292
- [5] Sun Q, Zhang F, Han G H, et al. Dynamics of land use/cover changes in the Weigan and Kuqa rivers delta oasis based on remote sensing. *Acta Ecological Sinica*, 2012, 32(10):3252-3265
- [6] 陈佑启, Verburg P H. 基于 GIS 的中国土地利用变化及其影响模型. *生态学报*, 2003, 19(3):1-7
- [7] 庄大方, 邓祥征, 战金艳等. 北京市土地利用变化的空间分布特征. *地理研究*, 2002, 21(6):667-674
- [8] 刘纪远, 匡文慧, 张增祥等. 20 世纪 80 年代末以来中国土地利用变化的基本特征与空间格局. *地理学报*, 2014, 69(1):3-13
- [9] 吕晓, 史洋洋, 黄贤金. 江苏省土地利用变化的图谱特征. *应用生态学报*, 2016, 27(4):1077-1084
- [10] 李瑞凯, 赵淑贤, 黄玉忠. 乌审旗沙漠化土地的变化分析与思考. *内蒙古林业调查设计*, 2001, 24(4):16-19
- [10] 成丽萍, 康江, 谢文梅等. 乌审旗荒漠化土地的现状、存在问题及治理对策. *防护林科技*, 2007, 1(1):57-59
- [11] 庄大方, 刘纪远. 中国土地利用程度的区域分异模型研究. *自然资源学报*, 1997, 12(2):105-111
- [12] 朱会义, 李秀彬, 何书金等. 环渤海地区土地利用的时空变化分析. *地理研究*, 2001, 26(3):253-259
- [13] 张红红, 林楠, 王晓志等. 基于 RS 和 GIS 的吉林地区土地利用变化研究. *测绘与空间地理信息*, 2016, 39(2):68-74
- [14] 乔伟峰, 盛业华, 方斌等. 基于矩阵转移的高度城市化区域土地利用演变信息挖掘. *地理研究*, 2013, 32(8):1497-1507
- [15] 王鹤融, 余明, 曹雨晴. 基于 RS/GIS 的闽西土地利用变化分析. *福建师范大学学报*, 2016, 32(2):84-91
- [16] 郇红娟, 张朝琼, 张凤太. 基于地形梯度的土地利用时空变化分析. *四川农业大学学报*, 2015, 33(1):62-67
- [17] 孙丕苓, 许月卿, 王数. 环京津贫困带土地利用变化的地形梯度效应分析. *农业工程学报*, 2014, 30(14):277-288

Investigation on change of small and medium scale land use based on multi-source information: a case study of Wushen County in Inner Mongolia

Gong Yongli*, Wang Yaoqiang**

(* Municipal and Road & Bridge Engineering College, Inner Mongolia Technical College of Construction, Hohhot 010070)

(** Water Conservancy and Civil Engineering College, Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot 010018)

Abstract

A multi-source data set was built with Landsat 8 OLI/TM5 data, DEM data, and ISODATA classification results, and the three periods of the land use information of Wushen County in 2005, 2010 and 2015 was extracted with the CART decision tree method. The three periods of land use data were used to analyze the temporal and spatial variation of the land use of the study area in 2005 ~ 2015 by using the "3S" technology. The results show that the classification diagram accuracy of the CART decision tree were 86.5%, 88%, 91.5%, respectively, showing that it can be used for the analysis of this land's use change. The major land use types of Wushen County are grassland, unused land and woodland. The areas of water, woodland and construction land were rising in 2005 ~ 2015. And in the same period, the arable land and the unused land were first increasing at a faster rate and then reducing at a faster rate, but the overall trend was the increasing; The grassland area was first reducing at a faster rate, and then increasing at a slower rate. The conversion area of the unused land and grassland accounted for 80.38% in the whole conversion area in the region, indicating that the unused land and the grassland are the extremely important land use phenomenon of Wushen County. The integrated land use degree decrease in 2005 ~ 2010, while it was risen in 2010 ~ 2015. Overall, the land use degree composite index in 2005 ~ 2015 was increased as a whole, indicating the land use of Wushen County was in the development period.

Key words: multi-source data, land use, decision tree classification, transfer matrix, change map