艾比湖流域近 40 年来土地利用与覆被动态变化研究

白泽龙[1,2,4], 包安明[1,4], 赵 金[1], 章 毅[3], 郭春红[3]

(1. 中国科学院 新疆生态与地理研究所, 新疆 乌鲁木齐 830011;
2. 中国科学院 研究生院, 北京 100049; 3. 新疆水利水电规划设计管理局,
新疆 乌鲁木齐 830000; 4. 荒漠与绿洲生态国家重点实验室, 新疆 乌鲁木齐 830011)

摘 要: 土地利用与覆被变化(LUCC)是全球环境变化的研究焦点,定量评估土地利用变化对区域土地资源可持续利用具有重要意义。选择干旱区典型代表区域——新疆自治区艾比湖流域为研究区,基于 1970 年和 2009 年 2 期的 LUCC 数据,利用数学模型和 ArcGIS 分析了艾比湖流域 1970—2009 年近 40 a 来土地利用与覆被的变化过程。结果表明,在整个研究时段内耕地和城乡建设用地面积在不断增加,其中耕地面积的年平均变化率为 5.21%,城乡建设用地为 5.62%,其它土地利用类型的面积均减少;耕地和草地、未利用地与草地之间的转化比较明显;城乡建设用地的动态变化最大,水域的动态变化最小;转入贡献率中占优势的主要是未利用地、草地和耕地,转出贡献率占优势的主要是未利用地和草地。

关键词: 艾比湖流域; 土地利用/覆被动态变化; 动态度

文献标识码: A **文章编号:** 1000-288X(2012)02-0172-07 **中图分类号:** P208, S157

Land Use/Cover Changes of Ebinur Lake Watershed in Recent Forty Years

BAI Ze-long[1,2,4], BAO An-ming[1,4], ZHAO Jin[1], ZHANG Yi[3], GUO Chun-hong[3]

(1. *Xinjang Institute of Ecology and Geography, Chinese Academy of Science, Urumqi, Xinjiang* 830011, *China*; 2. *Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing* 100049, *China*; 3. *Xinjing Water Resource Planning Administration, Urumai, Xinjiang* 83000, *China*; 4. *State Key Laboratory of Desert and Oasis Ecology, Urumqi, Xinjiang* 830011, *China*)

Abstract: Land use/cover changes(LUCC) have been regarded as a research hotspot in the field of global environment change. Quantitative evaluation on land use change is of great significance for sustainable utilization of local land resources. The Ebinur Lake watershed in Xinjiang Uygur Autonomous Region, as the study area, is a typical area of arid regions. Based on the LUCC data in 1970 and 2009, we used mathematical models and ArcGIS to analyze the change in land use/cover during this time period. The results show that the areas of cropland and construction land increased constantly from 1970 to 2007, with average annual rate of 5.21% and 5.62%, respectively. Accordingly, the areas of the other land use types decreased. The transformation between cropland and grassland, and between unused land and grassland were significant. The area of construction land experienced maximum changes and the water area minimum. Specifically, unused land, grassland, and cropland received most conversion areas from the other land use types, and unused land and grassland contributed most areas to the other types.

Keywords: Ebinur Lake watershed; dynamic change of land use/cover; dynamic degree

自 1995 年"国际地圈与生物圈计划"与"全球环境变化的人文领域计划"(IGBP—IHDP)联合启动土地利用/覆被变化(LUCC)项目以来[1],LUCC 研究经历了一个从定性到定量、从大尺度到中小尺度、从经济发达的热点地区到各种典型地区的发展历程[2-3],区域土地利用变化研究在全球变化中占有重要地位[4-5]。土地利用变化过程、趋势和驱动力分析是 LUCC 的前沿研究课题[6],以人类—环境耦合系统为核心的土地利用/覆被动态过程的监测与模拟逐渐成为研究关注的焦点问题[7-8],并成为新兴领域土地变化科学(land

收稿日期: 2011-05-20 **修回日期:** 2011-07-20
资助项目: 国家重点基础(973)研究发展计划项目"干旱区绿洲化、荒漠化过程及其对人类活动、气候变化的响应与调控"(2009CB421301)
作者简介: 白泽龙(1985—),男(汉族),甘肃省金塔县人,硕士研究生,研究方向为资源环境遥感与地理信息系统应用。E-mail: bzl4426704@163.com。
通信作者: 包安明(1967—),男(汉族),甘肃省平凉市人,博士,研究员,研究方向为干旱区资源与环境遥感。E-mail: baoam@ms.xjb.ac.cn。

change science,LCS) 研究的热点问题[9-11]。

土地利用与覆被变化对区域生态环境产生重要影响,并以累积的方式影响全球环境变化[7]。近年来,随着人口增长和经济发展,我国干旱地区土地利用发生了巨大变化[12-13],特别是农牧交错带[14]以及人类活动频繁的绿洲区域[15],土地利用对区域生态环境的影响日益突出[16]。占国土 1/6 的西北干旱区新疆自治区,具有特殊的自然和人文环境,在国家实施"西部大开发"的战略背景下,必须合理地制定区域发展规划和与之适应的土地利用政策,既保证了资源开发利用和粮食生产,又保证了生态安全。

新疆维族自治区深居欧亚大陆腹地,远离海洋,其独特的三山夹两盆的自然地理格局决定了它作为内陆干旱地区的特殊性及其生态系统的敏感性和脆弱性[17]。艾比湖流域地区集湿地和荒漠化过程为一体,反映了地质、水文、强气流和人类活动过程的综合作用,是指征准噶尔盆地生态环境变化的关键地区。随着艾比湖地区社会经济的快速发展,人类对自然的干扰不断加强,土地开发利用问题日益突出,土地利用/覆被发生着重大的变化。近年来,由于自然因素和人类活动的双重影响,艾比湖风蚀和沙漠化问题日益突出,严重影响着该流域的生态环境和人类社会的发展。本研究以位于新疆干旱区的艾比湖流域作为研究区,使用 1970 年和 2009 年 2 期研究区的 LUCC 数据,利用 ArcGIS 对该研究区 1970—2009 年土地利用与覆被的动态变化进行定量分析研究,从而为流域内水土资源的合理开发利用和生态环境治理提供科学依据。

1　研究区概况

艾比湖流域地理位置介于 43°38′—45° 52′N 和 79° 53′—85°02′E 之间。流域地跨博尔塔拉蒙古自治州的博乐市、温泉县和精河县,塔城地区的乌苏和托里县南部,伊犁直属的奎屯市和克拉玛依的独山子区。流域面积 50 621 km^2,其中山地面积 24 317 km^2,平原区面积 25 762 km^2,湖泊面积 890 km^2。流域包括艾比湖沿岸的博乐、精河两个绿洲,地处艾比湖流域的中部偏西(包括艾比湖湖区)。夏季降水稀少,冬季异常干燥寒冷,年平均气温 6.6 ~ 7.8 ℃,多年平均降水量 116.0 ~ 169.2 mm,生态环境十分脆弱。受西风环流以及蒙古高压和西伯里亚冷空气的影响,艾比湖地区表现为典型的中温带干旱大陆气候,以干旱少雨,蒸发量大,日照充足,气候变化剧烈为特征,特别是与特殊的地形地貌相匹配,风多风大,沙尘暴和浮尘活动频繁是该地区的显著特色。艾比湖位于该流域的最低处,是典型的干旱区湖泊,具有特殊的湿地干旱生态系统。

2　研究数据与方法

2.1　数据来源与处理

研究所用 1970 年的土地利用与覆被数据来源于中国科学院新疆生态与地理研究所知识创新重要方向项目"新疆近 50 年 LUCC 及其生态环境效应研究(KZCX3-SW-327)"完成的新疆土地利用/土地覆被(LUCC)数据集; 2009 年的土地利用与覆被数据以 2009 年 9 月的 Landsat TM(空间分辨率为 30 m)的卫星遥感影像作为数据源,对影像进行包括辐射校正、几何精校正和坐标转换等预处理,采用最大似然分类法对上述遥感影像进行监督分类,进行土地利用/覆被类型的分类与制图,确定了 6 种景观类型: 耕地、林地、草地、水域、城乡建设用地和未利用地(附图 7—8),并对其分类结果采用最常用的 Kappa 系数法进行精度检验,符合分类精度的要求。

2.2　研究方法

2.2.1　土地利用与覆被变化幅度　土地利用与覆被变化幅度指土地利用与土地覆被类型在面积方面的变化幅度,它反映不同类型在总量上的变化。土地利用与土地覆被变化幅度的数学表达式为:

$$R_d = (U_b - U_a) / U_a \times 100\% \quad (1)$$

式中: U_a, U_b——研究初期和末期某一类型的面积; R_d——研究时段内某一类型的变化幅度。

2.2.2　土地利用与覆被类型转移概率矩阵　在土地利用与覆被类型转移矩阵的基础上,建立土地利用与覆被类型转移概率矩阵描述土地利用与覆被类型的变化剧烈程度[18],公式为:

$$D_{ij} = \sum_{ij}^{n} \left(\frac{dS_{i-j}}{S_i}\right) \times 100\% \quad (2)$$

式中: S_i——研究初期第 i 类土地利用与覆被类型总面积; dS_{i-j}——研究时段内第 i 类土地利用与覆被类型转化为第 j 类土地利用与覆被类型的面积总和; n——研究区发生变化的土地利用与覆被类型数量; D_{ij}——研究时段内 i 类土地利用与覆被类型转化为第 j 类土地利用与覆被类型的转移概率。

2.2.3　土地利用与土地覆被变化速度和趋势分析　土地利用与土地覆被变化度可定量描述 LUCC 的速度,它对比较 LUCC 的区域差异和预测未来 LUCC 变化趋势都具有积极意义。

单一土地利用动态度用于表达区域内一定时间内某一土地利用类型数量的速度变化。可以表达为:

$$K_s = \frac{U_b - U_a}{U_a} \times \frac{1}{T_s} \times 100\% \quad (3)$$

式中: K_s——某一研究时段某一土地利用类型的动态度; T_s——某一时段的长度,当 T_s 设定为年时,K_s 的值就为研究区某种土地利用类型的年变化率。

K_s 仅反映了某一土地利用与土地覆被类型面积的年变化,并没有反映该类型空间变化,因此,可公式(4)表示该类型的空间变化的动态度 R_s。

$$R_s = \frac{\Delta U_{\text{out}} + \Delta U_{\text{in}}}{U_a} \times \frac{1}{T_s} \times 100\% \quad (4)$$

式中: ΔU_{out}——研究时段 T 内某一类型转变为其它类型的面积之和; ΔU_{in}——其它类型转变为该类型的面积之和。

为了反映土地利用与土地覆被类型变化的趋势和状态,可以采用模型表达:

$$p_s = \frac{K_s}{R_s} = \frac{\Delta U_{in} - \Delta U_{out}}{\Delta U_{in} + \Delta U_{out}}, \quad \left| \frac{K_s}{R_s} \right| \leqslant 1$$

即, $-1 \leqslant p_s \leqslant 1$ (5)

式中: p_s——土地利用与土地覆被类型的变化趋势和状态指数; 其它参数的含义同上。

当 $0 < p_s \leqslant 1$ 时,则该土地利用与覆被类型朝着规模增长的方向发展,该类型处于“涨势”状态。p_s 越接近 0,表明该土地利用与覆被类型的规模增长缓慢,且双向转换频繁,呈现平衡态势,但转换为其它类型的面积略微小于其它类型转换为该类型的面积; p_s 越接近于 1,说明土地类型的转换方向主要为其它类型转换为该类型,呈现极端非平衡态势,致使该类面积稳步增加。

当 $-1 \leqslant p_s < 0$ 时,则该土地利用与覆被类型朝着规模减小的方向发展,该类型处于“落势”状态。p_s 越接近 0,表明该土地利用与覆被类型的规模处于缓慢减少的态势,呈现双向转换均衡态势,但转换为其它类型的面积略微大于其它类型转换为该类型的面积; p_s 越接近于 -1,说明土地类型的转换方向主要为该类型转换为其它类型,呈现极端非平衡态势,致使该类型规模逐步萎缩。

2.2.4 土地利用与覆被类型转入/转出贡献率 为了充分体现出土地利用与覆被变化格局中不同土地利用与覆被类型的地位和作用信息,对比分析各土地利用与覆被类型转入和转出的空间格局和数量特征,本研究采用土地利用与覆被类型转入/转出贡献率[19]。

(1) 土地利用与覆被类型转入贡献率:

$$L_{ij} = \sum_{j=1}^{n} S_{ji} / S \quad (6)$$

式中: L_{ij}——除第 i 类外的其它土地利用与覆被类型向第 i 类土地利用与覆被类型转入面积占土地利用与覆被总转移发生量的比例; S_{ji}——第 j 种土地利用与覆被类型向第 i 种土地利用与覆被类型转移的面积; S——土地利用与覆被类型发生转移的总面积; n——土地利用与覆被类型的数量(下同)。L_{ij} 可以用于比较不同土地利用与覆被类型在土地利用与覆被动态变化的转入过程中面积增量分配的差异。

(2) 土地利用与覆被类型转出贡献率:

$$L_{oi} = \sum_{j=1}^{n} S_{ij} / S \quad (7)$$

式中: L_{oi}——除第 i 类外的其它土地利用与覆被类型向除 i 类外其它土地利用与覆被类型转移的面积占土地利用与覆被总转移发生量的比例; S_{ij}——第 i 种土地利用与覆被类型向第 j 种土地利用与覆被类型转移的面积。L_{oi} 可以用于比较不同土地利用与覆被类型在土地利用与覆被动态变化的转出过程中面积增量分配的差异。

3 结果与讨论

3.1 各土地利用与覆被类型动态变化总体特征分析

利用 ArcGIS 对 1970 年和 2009 年 2 期土地利用与覆被类型图进行分析与统计,获得各土地利用与覆被类型的面积及变化趋势(表 1)。从表 1 可以看出,研究区各土地利用与覆被类型中面积最大的为未利用地,1970 年和 2009 年所占比例分别为 42.36% 和 40.59%,该种土地利用与覆被类型的生命支持能力非常弱,这也反映出研究区生态环境比较脆弱。另外,研究区草地所占比例也比较大,1970 和 2009 年所占比例分别为 41.59% 和 39.47%,主要是研究区是典型的放牧区。未利用地和草地面积的总面积占整个研究区总面积的在 80% 以上。1970—2009 年这 40 a 间,只有耕地和城乡建设用地的面积有所增加,其中耕地面积增加 3 392.89 km^2,城乡建设用地面积增加 230.43 km^2。其它土地利用与覆被类型的面积减少,其中林地减少面积最多,为 1 462.97 km^2,水域面积减少最少,为 211.49 km^2。从变化幅度看,由于耕地和城乡建设用地人类活动干扰较大,随着人口增加和经济的发展,导致它们的变化幅度较大,两种用地类型增长均高于 200%,城乡建设用地增长最大为 224.88%; 林地在 40 a 间的面积减少幅度最大,为 37.59%,未利用地的面积减少幅度最小,为 4.18%。

3.2 各土地利用与覆被类型动态变化时空特征分析

利用 ArcGIS 对 1970 年和 2009 年 2 期土地利用与覆被类型图进行空间分析,得到研究时段内土地利用与覆被类型的转移矩阵及转移概率矩阵(表 2),同时得到这 6 种土地利用与覆被类型从 1970—2009 年

近 40 a 的转出空间格局。

各类景观相互转化情况在空间位置上的表现为: (1) 耕地的转出类型主要为草地,位于研究区的西北部和东部,其次为城乡建设用地,在研究区西北部这种转化比较明显; 转入类型主要为未利用地和草地。研究时段内,耕地和草地、城乡建设用地、未利用地之间的转化比较明显。(2) 林地的转出类型主要为未利用地,主要位于研究区的中部和东北部,其次为草地,主要位于研究区的中部和南部山区; 转入类型主要为草地和未利用地。林地和草地的相互转化比较密切,从发生变化的面积可以看出,草地向林地的转化趋势较为明显。(3) 草地的转出类型主要为未利用地,位于研究区中部、中南部和东部绿洲区,草地向耕地和林地的转出也比较明显,主要发生在研究区的绿洲区; 转入类型主要为未利用地。(4) 水域的转出类型主要为未利用地,位于研究区东南部和艾比湖北部,转入类型主要为草地和未利用地。(5) 城乡建设用地有部分向耕地转化,主要变化区域在研究区两个绿洲内部,其转入类型主要为耕地和草地。(6) 未利用地的转出和转入的主要类型均为草地,说明这两种类型彼此之间的转换较为密切,未利用地转为草地的区域主要是研究区中部,另外,未利用地转为耕地的趋势也比较明显。

表 1　艾比湖流域 2 期土地利用与土地覆被分类面积构成变化

土地利用类型	1970 年		2009 年		1970 年与 2009 年相比	
	面积/km^2	结构/%	面积/km^2	结构/%	面积变化/km^2	变化幅度/%
耕 地	1 627.53	3.25	5 020.43	10.04	3 392.89	208.47
林 地	3 891.96	7.78	2 428.99	4.86	−1 462.97	−37.59
草 地	20 802.35	41.59	19 738.47	39.47	−1 063.88	−5.11
水 域	2 403.51	4.81	2 192.02	4.38	−211.49	−8.80
城乡建设用地	102.47	0.20	332.90	0.67	230.43	224.88
未利用地	21 186.67	42.36	20 301.68	40.59	−884.99	−4.18

表 2　1970 −2009 年土地利用/覆被类型转移矩阵

项 目			1970 年					
			耕地	林地	草地	水域	城乡建设用地	未利用地
2009 年	耕 地	面积/km^2	1 309.73	485.09	1 597.35	3.54	40.34	1 584.37
		百分比/%	80.47	12.46	7.68	0.15	39.37	7.48
	林 地	面积/km^2	13.81	833.33	1 186.89	14.80	2.83	377.34
		百分比/%	0.85	21.41	5.71	0.62	2.76	1.78
	草 地	面积/km^2	148.44	999.22	14 723.27	34.96	7.86	3 824.71
		百分比/%	9.12	25.67	70.78	1.45	7.67	18.05
	水 域	面积/km^2	10.62	41.82	293.35	1 558.40	0.20	287.63
		百分比/%	0.65	1.07	1.41	64.84	0.19	1.36
	城乡建设用地	面积/km^2	89.47	18.17	131.48	0.35	48.25	45.17
		百分比/%	5.50	0.47	0.63	0.01	47.09	0.21
	未利用地	面积/km^2	55.46	1 514.32	2 870.01	791.45	2.99	15 067.46
		百分比/%	3.41	38.91	13.80	32.93	2.91	71.12

3.3　各土地利用与覆被类型动态变化的变化度分析

据公式(3),(4) 和(5) 分别计算 1970—12009 年内艾比湖流域土地利用与覆被类型的年变化率(动态度和变化趋势状态指数) (表 3) 。

从表 3 可以看出,近 40 a 间,艾比湖流域土地利用与覆被在面积变化方面,城乡建设用地年变化速度最快,单一年增长率达到 5.62%。耕地的年变化速度也很快,年增长速率达 5.21%。

研究区内面积减少地类的年变化率相对普遍较小,减少速率最大的是林地,单一年减少率达到 0.94%。未利用地的年变化速度最慢,年变化率(减少) 只有 0.1%。

土地利用与覆被在空间变化方面,城乡建设用地年变化速率仍然最快,增长率为 9.15%,耕地次之,为 6.34%。林地、未利用地、草地和水域的年变化速率相对较慢,其中水域的最慢,为 1.66%。

由表 3 的土地利用与覆被类型的变化趋势指数 (p_s) 可以看出,耕地和城乡建设用地朝着规模扩大的

方向发展，这两种类型处于“涨势”状态。耕地和城乡建设用地变化趋势指数均接近于1，说明这两种土地类型的转换方向主要为其它类型转换为该类型，呈现非平衡态势，致使该类型面积逐步增加，耕地表现的更为明显。林地、草地、水域和未利用地朝着规模减小的方向发展，这4种类型处于“落势”状态，且它们的变化趋势指数接近于0，表明这4种土地利用与覆被类型的规模处于缓慢减少的态势，呈现双向转换均衡态势，但它们转换为其它土地类型的面积略大于其它类型转入的面积。

表3 艾比湖流域土地利用与覆被类型变化速度和变化趋势指数

地类	1970年	2009年	1970年与2009年相比较			
	面积/km^2	面积/km^2	面积变化k_s/%	不变面积/km^2	空间变化R_s/%	趋势指数P_s
耕地	1 627.53	5 020.43	5.21	1 260.90	6.34	0.82
林地	3 891.96	2 428.99	-0.94	654.58	3.22	-0.29
草地	20 802.35	19 738.47	-0.13	10 369.19	2.38	-0.05
水域	2 403.51	2 192.02	-0.22	1 500.55	1.66	-0.13
城乡建设用地	102.47	332.90	5.62	30.20	9.15	0.61
未利用地	21 186.67	20 301.68	-0.10	8 766.96	2.83	-0.04

3.4 各土地利用与覆被类型转入/转出贡献率分析

根据研究时段内研究区的土地利用与覆被类型转移矩阵的结果，对数据进行统计分析，计算各土地利用与覆被类型的转入贡献率和转出贡献率(表4)。

表4 1970-2009年间各土地利用/覆被类型转入/转出贡献率

地类	转入面积/km^2	转入贡献率/%	转出面积/km^2	转出贡献率/%
耕地	3 710.69	22.52	317.80	1.93
林地	1 595.66	9.69	3 058.63	18.57
草地	5 015.20	30.44	6 079.08	36.90
水域	633.62	3.85	845.10	5.13
城乡建设用地	284.65	1.73	54.22	0.33
未利用地	5 234.22	31.77	6 119.21	37.14

从转入贡献率来看，1970—2009年占优势的是未利用地、草地和耕地，转入贡献率均高于20%，其中未利用地和草地的较高，分别为31.77%和30.44%；城乡建设用地和水域的转入贡献率较低。从转出贡献率来看，1970—2009年占优势的是未利用地和草地，转出贡献率分别为37.14%和36.90%；城乡建设用地的转出贡献率较低。从总体看，在土地利用与覆被类型转入和转出的过程当中，草地和未利用地的转移比较活跃，城乡建设用地和水域的转移比较稳定，耕地和城乡建设用地在转移过程中面积增加，林地、草地、水域和未利用地在转移过程中面积减少。

4 结论

(1) 通过对各土地利用与覆被类型动态变化总体特征分析可得，1970和2009年研究区土地利用与覆被类型所占比例最大的为未利用地，草地次之。1970—2009年，只有耕地和城乡建设用地的面积有所增加，其它土地利用类型的面积均减少。从变化幅度看，耕地和城乡建设用地变化幅度较大，说明在此期间人类活动干扰较大，随着人口增加和经济的发展，绿洲化趋势越来越明显。

(2) 在各土地利用与覆被类型转入和转出过程中，耕地和草地的转化关系比较密切，主要是当地退耕还草政策和开荒现象并存。城乡建设用地无论从面积变化方面，还是从空间变化方面，其年变化速度在所有土地利用与覆被类型中都是最快的。未利用地在面积变化方面的年变化速度最慢，年变化率(减少)只有0.1%。水域在空间变化方面的年变化速率最慢，为1.66%。耕地和城乡建设用地朝着规模扩大的方向发展，林地、草地、水域和未利用地朝着规模减小的方向发展。

(3) 在转入贡献率中占优势的是主要是未利用地、草地和耕地，转出贡献率占优势的主要是是未利用地和草地，进一步说明随着近40 a来当地人口的增加和经济的快速发展，人们不断调整农业经济结构，开垦了大量的荒地，农业生产规模和面积扩大的同时，土地退化和荒漠化面积也急剧增加，成为艾比湖流域湿地生态系统中突出的特点和矛盾。

(4) 艾比湖流域土地利用与覆被的变化，特别是流域内绿洲的变化是艾比湖流域环境发生变迁的反映。研究区水域面积减小，而水资源是影响干旱区土地利用类型和空间分布格局的决定因素，也是干旱区土地可持续利用的关键制约因素，干旱区有限的水资源数量和分布状况是控制景观荒漠化和绿洲化进程的主导因子，是干旱区最为活跃的自然因素，对土地开发利用起着决定性作用。因此，合理规划干旱区内

陆湖流域土地利用模式和水资源分配方式,对于内陆湖流域水资源可持续利用管理与保护、协调水土关系,促进流域整体的可持续协调发展具有重要意义。

(5) 本研究以干旱区内陆湖流域为例,不仅是验证 LUCC 模型的有效性,而且可以为研究区环境变化评价提供数据支持,并揭示人类活动对干旱区生态环境变化的影响机制,为土地资源的合理利用和空间布局提供合理的依据,但在研究方法上仍然利用传统方法,没有创新。此外,二期的数据不能够反映出土地利用与覆被的渐变特征。未来的研究重点是深入分析干旱区土地变化的驱动力作用机制和评价其生态环境效应。

[参 考 文 献]

[1] Lambin E F, Baulies X, Bockstael N, et al. Land-Use and Land-Cover Change (LUCC) Implementation Strategy [C] //The Scientific Steering Committee and International Project Office of LUCC. Sweden: Royal Swedish Academy of Sciences, 1999: 11-14.

[2] Fox J, Rindfuss R R, Walsh S J, et al. People and the Environment: Approaches for Linking Household and Community Surveys to Remote Sensing and GIS [M]. Boston: Kluwer Academic Publishers, 2002: 344.

[3] 章予舒,土立新,张红旗,等. 疏勒河流域土地利用变化驱动因素分析 [J]. 地理科学进展,2003,22(3): 270-278.

[4] 李忠锋,王一谋,冯毓荪,等. 榆林市农业景观格局变化研究 [J]. 中国沙漠, 2004,24(1): 553-557.

[5] 蒙吉军,李正国. 河西走廊景观类型变化的社会经济驱动力研究 [J]. 中国沙漠,2004,24(1): 56-62.

[6] Lambin E F. Linking causes, drivers and pathways with rates and patterns of land change [C] //LUCC International Project Office. Spain: Institute Cartograficde Catalunya, 2002: 15-16.

[7] IGBP Secretariat. GLP (2005) Science Plan and Implementation Strategy [R]. Stockholm: IGBP Report/IHDP Report, 2005.

[8] Turner II B L, Lambin E F, Reenberg A. The emergence of land change science for global environmental change and sustainability [J]. Proceedings of the National Academy of Sciences, 2007, 104(52): 20666-20671.

[9] McMahon G, Benjamin S P, Clarke K, et al. Geography for a Changing World: A Science Strategy for the Geographic Research of the U S [M]. Sioux Falls: Geological Survey Circular, 2005: 1-76.

[10] Rindfuss R, Walsh S, Turner B L, et al. Developing a science of land change: challenges and methodological issues [J]. Proceedings of the National Academy of Sciences,2004,101(39): 13976-13981.

[11] Turner II B L, Robbins P. Land-change science and political ecology: Similarities, differences, and implications for sustainability science [J]. Annual Review of Environment and Resources, 2008, 33: 295-316.

[12] 赵杰,赵士洞,郑纯辉. 奈曼旗 20 世纪 80 年代以来土地覆盖/利用变化研究 [J]. 中国沙漠,2004,24(3): 317-322.

[13] 沙占江,马海州,李玲琴,等. 共和盆地龙羊峡库区 1987—1999 年间土地覆被变化过程 [J]. 中国沙漠, 2005,25(1): 20-26.

[14] 赵杰,赵士洞. 农牧交错带典型偏农区土地利用变化及其原因分析: 以奈曼旗尧勒甸子村为例 [J]. 中国沙漠, 2003,23(1): 73-78.

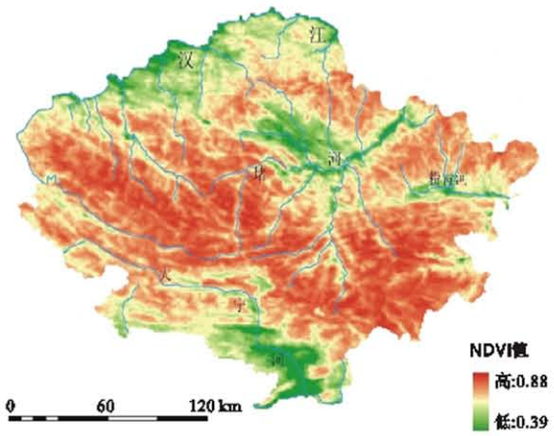
[15] 罗格平,周成虎,陈曦. 干旱区绿洲上地利用与覆被变化过程 [J]. 地理学报,2003,58(1): 63-72.

[16] 曹军,吴绍洪,杨勤业. 科尔沁沙地的土地利用与沙漠化 [J]. 中国沙漠,2004,24(5): 548-552.

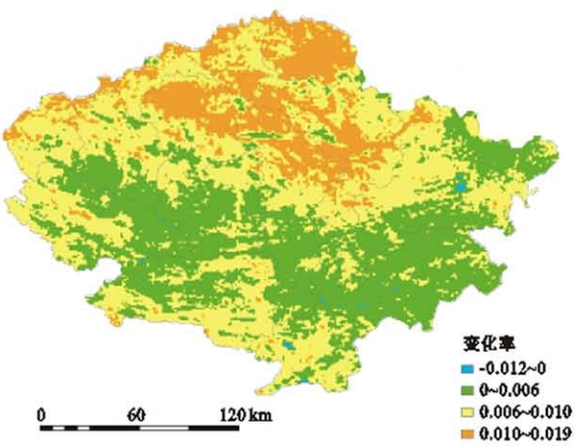
[17] 罗格平,周成虎,陈曦,等. 区域尺度绿洲稳定性评价 [J]. 自然资源学报,2004,19(4): 519-524.

[18] 王光谦,王思远,陈志祥. 黄河流域的土地利用和土地覆被变化 [J]. 清华大学学报: 自然科学版,2004,44(9): 1218-1222.

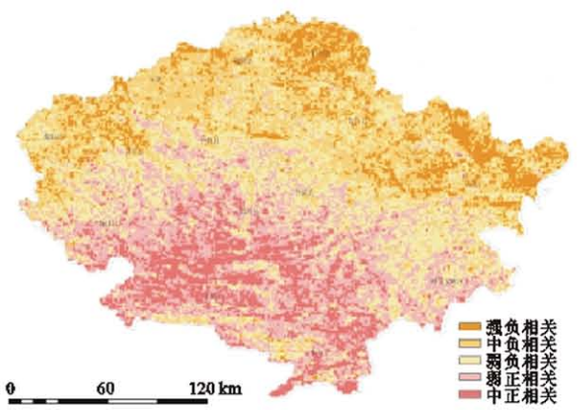
[19] 黄钱,赵智杰,姜末文. 塔里木河下游垦区土地利用/覆盖动态变化过程分析 [J]. 干旱区地理,2006,29(6): 894-901.



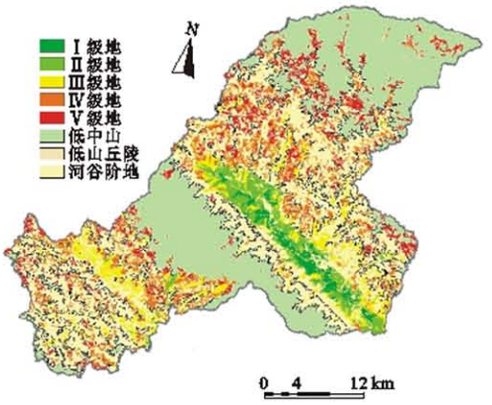
附图1　大巴山区年NDVI平均值空间分布



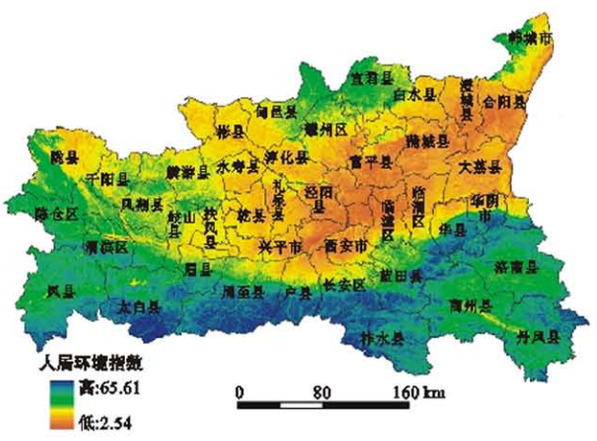
附图2　大巴山区各像元NDVI值逐年变化



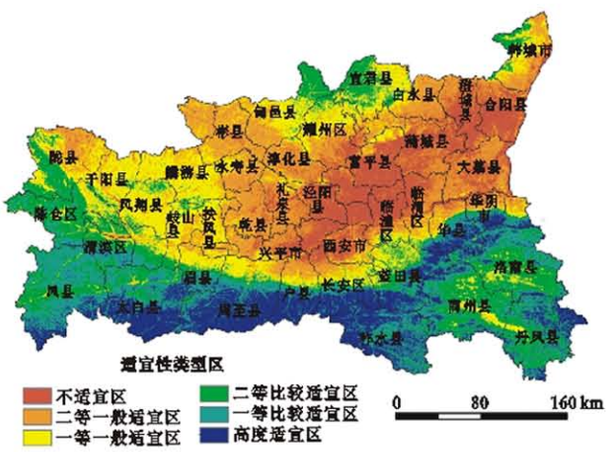
附图3　大巴山区各像元气温与NDVI相关系数



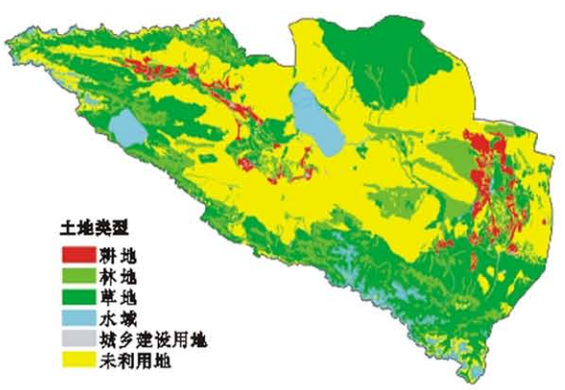
附图4　汉阴县耕地地力等级分布



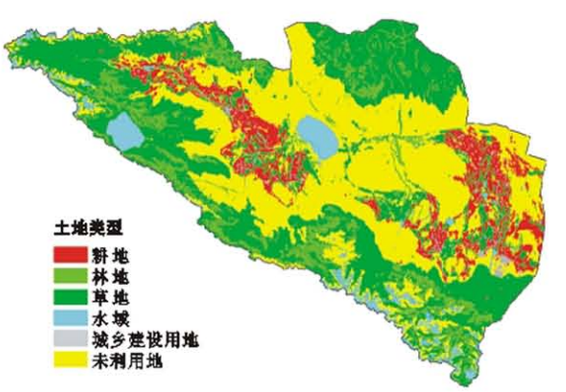
附图5　关中地区人居环境指数空间格局



附图6　关中地区自然适宜性空间格局



附图7　艾比湖流域1970年土地利用/覆被类型



附图8　艾比湖流域2009年土地利用/覆被类型