

# 阴山中段山地土地利用类型转换格局分析

肖 飞<sup>1,2</sup>, 张百平<sup>1</sup>, 莫申国<sup>1,2</sup>, 罗 勇<sup>3</sup>, 武红智<sup>1,2</sup>, 程维明<sup>1</sup>

(1. 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101; 2. 中国科学院研究生院, 北京 100039;

3. 四川省自然资源研究所, 四川 成都 610015)

**摘 要:** 利用 1990 年 TM 数据和 2000 年 ETM 数据, 以农牧交错带的阴山山地中段为研究区, 分析 1990~ 2000 年土地利用类型的空间分异规律, 重点探讨各土地利用类型中耕地、林地和草地的变化过程。研究表明, 耕地的转移流向主要集中于草地, 而草地的转移流向又集中于耕地, 林地消失区主要转变为草地。阴山北麓为草地向耕地转变的集中区域; 阴山南部是林地向草地转变最为集中的区域; 阴山中部土地利用类型相互转化相对较少。在土地利用的垂向变化上, 耕地减少区域集中分布于海拔 1 500~ 1 600 m 及 1 700~ 1 850 m; 而其他土地利用类型向耕地转变的集中分布区域大致在海拔 1 700~ 1 900 m 范围; 海拔 1 600~ 1 800 m 为草地- 耕地相互转移变化最为集中的区域; 草地面积主要在海拔 1 450~ 1 600 m 范围增加, 在 1 650~ 1 800 m 范围内减少; 林地除在海拔 2 000~ 2 200 m 范围内与非林地相互转变大致持平外, 在其余地区均发生退化。海拔 1 800 m 和海拔 2 100 左右是本农牧交错带山地土地利用类型波动最为集中的两个分布区。

**关键词:** 土地利用; 转换格局; 阴山

**中图分类号:** F323. 2, Su<sup>+</sup> 7 **文献标识码:** A

随着全球经济的发展和人口压力加剧, 人类对山地自然资源开发和利用的进程加快<sup>[1, 2]</sup>, 不同程度地造成山地生态环境的退化和山区经济的贫困<sup>[3, 4]</sup>。山地土地利用类型转换作为山地生态环境变化的重要方面和主要因素, 受到研究者广泛关注<sup>[5~ 8]</sup>。而处于农牧交错带的山地, 由于农牧交错带本身在气候、生物、地貌、土壤、土地利用等方面所表现出过渡性和波动性<sup>[9, 10]</sup>, 其土地利用类型转换就更具复杂性和特殊性, 因此也更具有生态环境的脆弱性以及气候变化和人类活动响应的敏感性<sup>[11]</sup>。鉴于土地利用类型及其变化信息对于揭示地表空间变化规律、探讨变化的驱动因子、分析评价区域生态环境具有重要的现实意义<sup>[12, 13]</sup>, 本文选取农牧交错带的阴山山地中段作为研究区, 分析 1990~ 2000 年农牧交错带山地土地利用格局变化的时空分布及变化规律, 重点探讨农、林、草地面积变化的时空分布规律。

## 1 研究区概况

阴山横亘于内蒙古高原和河套平原之间, 呈东西向延伸(图 1), 自西向东由狼山、色尔腾山、乌拉山和大青山所组成。阴山是中国重要的地理分界线, 它既为高原与平原的分界线, 又为草原与荒漠草原的分界线, 同时也是暖温带与温带的分界线。为我国北方重要的生态保护屏障。本研究区为阴山中段, 东以集宁为界, 西至多尔德黑, 南同河套平原分开, 北部隐没于内蒙古高原。区内山南地区以耕地为主, 山北地区以草地为主, 具有明显的过渡性。山体南陡北缓, 山区植被稀疏, 局部地区阴坡生长有小片森林, 有白桦(*Betulaceae*)、山杨(*Populus davidiana* Dode)、杜松(*Juniperus communis*)、侧柏(*Biota orientalis*)、油松(*Pinus tabulaeformis*)、山柳(*Clethraceae*)等树种。山区散布有大小不等的草场,

收稿日期(Received date): 2004- 09- 11; 改回日期(Accepted): 2004- 12- 25。

作者简介(Biography): 肖飞(1978- ), 男, 湖北人, 博士研究生。主要从事山地生态与应用 GIS 研究。[Xiao Fei(1978- ), bom in Hubei, Ph. D candidate of mountain ecology and applied GIS, E-mail: xiaof@ lreis. ac. cn]



图 1 阴山中段示意图

Fig. 1 Sketch map of the middle Yinshan Mountains

历史上曾是重要的牧区。近年来,在自然环境变化和人类活动的共同作用下,本区植被恢复与退化并存,土地利用类型转移频繁,表现出较大的波动特征。

## 2 数据来源及研究方法

利用 1990 年的 TM 遥感影像及 2000 年的 ETM 影像,结合本区 1:25 万 DEM,参考区域土地类型、地貌等图件,进行遥感解译而得到研究区 1:10 万土地利用数据。遥感影像的时相均为 7~9 月,共 12 景。采用 543 为主,辅以 432、751 等多种波段组合方法综合分析解译。影像处理在 Erdas8.6 中进行。经抽样检验,解译精度约 87.3%。数据采用等积圆锥投影,分类标准采用“中国资源环境遥感数据库”中的土地资源分类系统。在本文分析中,根据研究需要将解译数据归并,只保留一级图斑,分别为耕地、林地、草地、水域、城乡工矿居民用地和未利用土地,其中未利用土地特指沙地、戈壁等低或无植被覆盖区。

在 Arcgis8.3 软件平台下,利用 1990~2000 年由遥感解译而得的阴山山地 1:10 万土地利用数据,进行空间叠加分析,计算不同地类间的相互转化,并建立地类间的转移矩阵进行统计分析;同时结合该地区 1:25 万 DEM,分析阴山山地土地类型变化的时空分布,探讨土地利用类型格局转换规律。由于经统计发现该区域在 1990~2000 年间,变化主要集中在耕地、林地、草地和未利用土地这四类土地利用

类型,而水域和城乡工矿居民用地变化不大,因而本文主要选取与人们生活密切相关的耕地、林地和草地,分析其土地利用类型的格局变更。针对农、林、草地三种土地类型变更区域,分析其水平空间变更结构;并根据 DEM 进行高程采样,进行叠加统计分析,建立土地利用变化数据与高程数据间相互关系,指示本农牧交错山地区土地类型的垂向变动状况及剧烈程度。

## 3 土地利用变化转移矩阵

土地利用变化转移矩阵是将土地利用变化的类型转移面积按矩阵或表格的形式加以列出。可反映研究期初、研究期末的土地利用类型结构和研究时段内土地利用类型的转移变化情况<sup>[14]</sup>。阴山中段土地利用类型空间变化的转移矩阵如下(表 1)。

总体看来,6 类土地利用类型中,发生转移的土地面积由大至小依次为草地、林地、耕地和未利用土地等,转移面积最小的为水域。草地有 98 133.84  $\text{hm}^2$  向其他土地利用类型发生了转移,林地和耕地分别有 51 339.75  $\text{hm}^2$  和 38 286.61  $\text{hm}^2$  的转移变化。从变更的总量上看,林地变更量最大,共减少了 28 474.56  $\text{hm}^2$ ;未利用土地变更量次之,共增加了 24 561.13  $\text{hm}^2$ ;耕地总量在五年中有所增加,面积增大了 18 994.12  $\text{hm}^2$ ,其中耕地转变为其他土地利用类型的面积有 38 286.61  $\text{hm}^2$ ,而由其他土地利用类型转变为耕地的土地面积有 57 280.73  $\text{hm}^2$ 。

表1 1990~2000年阴山中段土地利用变化转移矩阵(hm<sup>2</sup>)

Table 1 Transition matrix of land-use change between 1990 to 2000 in middle Yinshan mountains (hm<sup>2</sup>)

| 土地利用类型 |      | 2000年      |            |            |           |            |           |
|--------|------|------------|------------|------------|-----------|------------|-----------|
|        |      | 耕地         | 林地         | 草地         | 水域        | 未利用地       | 城乡工矿      |
| 1990年  | 耕地   | —          | 1 774. 70  | 33 628. 58 | 1 455. 48 | 1 185. 28  | 242. 57   |
|        | 林地   | 7 390. 05  | —          | 42 905. 89 | 328. 69   | 462. 81    | 252. 31   |
|        | 草地   | 40 723. 41 | 18 315. 72 | —          | 1 104. 75 | 37 634. 63 | 355. 33   |
|        | 水域   | 1 933. 26  | 150. 84    | 2 485. 49  | —         | 1 486. 41  | 18. 10    |
|        | 未利用地 | 1 275. 19  | 2 253. 63  | 12 495. 76 | 214. 33   | —          | 133. 99   |
|        | 城乡工矿 | 5 958. 82  | 370. 29    | 3 526. 86  | 537. 17   | 164. 91    | —         |
|        | 总计   | 57 280. 73 | 22 865. 18 | 95 042. 58 | 3 640. 42 | 40 934. 04 | 1 002. 30 |

从变更流向看,耕地的转移流向主要集中于草地,而草地的转移流向又集中于耕地,这与本地区较为粗放的耕作方式不无关系。同时草地向未利用土地转变量也较多,说明此段时期内,草地在一定程度上发生了退化。林地的变更区域主要转变为草地,而未利用土地与草地间的相互转化面积较大,这是本农牧交错区山地生态脆弱性的重要表现之一。

4 土地利用结构变化的水平空间分布

耕地发生变化的部分空间分布如图 2(A1)、图 2(A2) 所示。在本区域中,除乌拉山和阴山西北区外,耕地变化区域在各区均有分布,相比阴山固阳县境内分布较为集中。而新增耕地主要集中在本地

中北部区。阴山北麓地区在 20 世纪 50 年代还是我国水草最丰美的天然草场之一,目前已经成为生态环境恶化最严重的地区。区内土地生产力水平低且不稳定,人口增长过快,人地矛盾不断加剧,从而造成阴山中北部区耕地面积不断扩大、成为本区草地向耕地转变的集中区域。从耕地转移变更的空间分布来看,在本研究时段内阴山北麓地区耕地面积仍持续增大,人地矛盾加剧。

由图 2(B1)、(B2) 可见,草地类型转变区域在本区中部分布较多,阴山北麓较为集中。这一变更现象与北麓地区耕地增加相对应,其变更原因与耕地变更基本相同。从整体空间分布集中格局看来,草地消失区域与新增区域在空间上表现出一定的互补特征,草地新增区域主要集中在本区南部。



图2 阴山中段 1990~2000 年土地利用类型转变分布图

Fig. 2 Distribution of land-use conversion between 1990 to 2000 in middle Yinshan Mountains

如图 2(C1)、(C2) 所示, 林地向其他土地类型转变区域集中分布于本区南部, 主要向草地转化; 林地新增面积较小, 集中在人类活动较少的山区内部地区。由于林地在本山区主要分布于南部山区, 在人为持续砍伐利用和自然因素的双重作用下, 本区林地在 1990~ 2000 年间退化严重, 因而阴山南部成为本区林地向草地转变最为集中的区域。

5 土地利用结构变化的垂向空间格局

对于土地利用类型有所变更的区域, 在地理信息系统软件中利用 DEM 进行叠加分析, 以便统计每种土地类型变更区域在不同高程上的分布情况, 以此反映变化的垂向空间规律。本文按照海拔高程, 每隔 50 m 统计一次变更面积。图 3 表示统计区域在不同海拔范围内的分布面积, 横坐标表示海拔高程, 纵坐标表示该高程区间中土地利用类型变更面积大小。

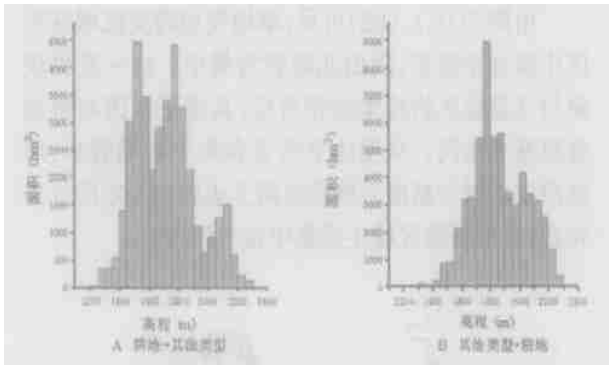


图 3 阴山中段 1990~ 2000 年耕地- 非耕地相互转移区域在不同海拔范围的分布面积  
Fig. 3 Distribution of exchange area between farmland and non- farmland from 1990 to 2000 in different elevations of middle Yinshan Mountains

由图 3(A) 可见, 耕地转变为其他土地利用类型的区域在两个海拔范围内较为集中, 一为海拔 1 500 ~ 1 600 m 范围, 一为海拔 1 700~ 1 850 m 范围。前一分布范围可反映耕地在低海拔地区有减少的趋势。根据空间分析, 这一区域减少的耕地主要转变为草地。耕地向其他土地利用类型转变的后一集中分布范围与耕地新增区域的集中分布范围较为吻合。由图 3(B) 可以看出, 海拔 1 700~ 1 900 m 亦为新增耕地集中分布区, 说明在此海拔范围耕地与非耕地变更较为频繁。根据叠加分析可知, 该变动区域主要位于阴山北麓。北麓地区地势较为平缓, 在

放牧开垦、风蚀沙化的多重背景下, 该地区由纯牧区逐渐演变成为农牧交错地带。北麓农牧交错地带在频繁的土地利用类型交错变更过程中, 具有耕地比重逐渐增大而牧区比重逐渐下降的趋势。

如图 4(A) 所示, 草地向其他土地利用类型转变最为集中的区域在海拔 1 600~ 1 800 m 左右, 与退耕地区以及耕地新增区域的集中分布高程范围较为一致, 可见在阴山农牧交错区域, 该海拔范围为草地- 耕地相互转移变化最为集中的区域。草地新增部分则在海拔 1 800 m 左右有一集中现象, 而林地在该范围内面积有所减小, 且耕地在该区变动面积较小, 可见该区林地的转移趋向主要为草地。

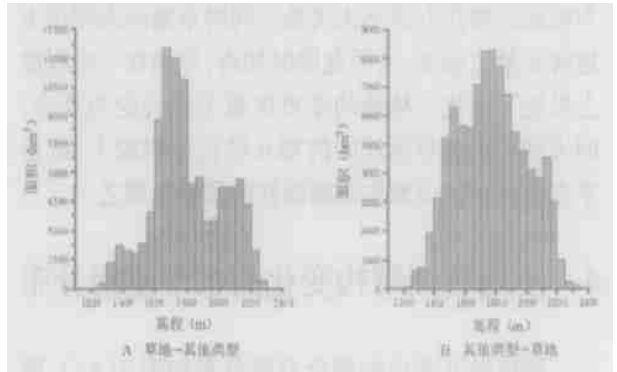


图 4 阴山中段 1990~ 2000 年草地- 非草地相互转移区域在不同海拔范围的分布面积  
Fig. 4 Distribution of exchange area between grassland and non-grassland from 1990 to 2000 in different elevations of middle Yinshan Mountains

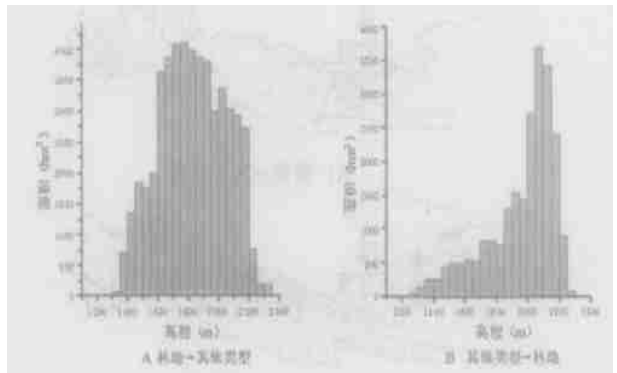


图 5 阴山中段 1990~ 2000 年林地- 非林地相互转移区域在不同海拔范围的分布面积  
Fig. 5 Distribution of exchange area between woodland and non- woodland from 1990 to 2000 in different elevations of Yinshan Mountains

对比图 4(A)、(B) 可见草地面积主要在海拔 1 450~ 1 600 m 范围增加, 在 1 650~ 1 800 m 范围内有所减少。造成这种变化的原因主要在于本区较

为粗放的耕作方式。低海拔区的部分农田由于生产投入少,加之环境恶化而导致肥力逐渐减小,从而撂荒形成草地;同时在地人矛盾不断加剧下,新开垦耕地面积不断增大,开垦区逐渐由低海拔的山丘间谷地盆地海拔较高处延伸,因此造成该区草地减少。

林地转为其他土地利用类型的区域高程集中范围较宽,如图 5(A) 所示,在海拔 1 600 m 到海拔 2 200 m 之间林地消失区域均有分布。由图 5(B) 可见,林地新增区域则主要分布在海拔 2 100 m 左右,本区已接近阴山高山草甸带,树种主要为云杉和白桦林。图 5(A) 和图 5(B) 相对照,可见除在海拔 2 000~ 2 200 m 范围内林地与非林地相互转变大致持平外,其余地区林地均有减少。由此说明在 1990~ 2000 年间,林地在较大范围内发生了大面积退化。在高山草甸带附近,由于人类活动相对较少,林地总量变化不大。

总体看来,在海拔 1 800 m 范围左右,耕地、草地和林地变动俱较为剧烈,是本农牧交错区山地土地利用类型波动的一个较为集中的分布区域。海拔 2 100 m 附近,各分布图均出现一小的波峰,可知该海拔范围为农、林、牧三者交错转移频繁的另一分布区域。

## 6 结 语

1. 阴山中段在 1990~ 2000 年间发生土地利用类型转移的土地面积由大至小依次为草地、林地、耕地,转移面积分别为 98 133.84  $\text{hm}^2$ 、51 339.75  $\text{hm}^2$  和 38 286.61  $\text{hm}^2$ 。从面积总量变化上看,林地减少了 28 474.56  $\text{hm}^2$ ,耕地增加 18 994.12  $\text{hm}^2$ ,草地总面积变化不大,共减少 3 091.26  $\text{hm}^2$ 。耕地的转移流向主要集中于草地,而草地的转移流向又集中于耕地,林地消失区主要转变为草地。

2. 在土地利用类型变更的水平分布上,耕地、草地、林地有着不同的空间分布转移格局。在以人类活动为主的影响下,阴山北麓成为草地向耕地转变的集中区域;而阴山南部是林地向草地转变最为集中的区域;阴山中部土地利用类型相互转化相对较少。

3. 在土地利用类型的垂向分布方面,耕地向其他土地利用类型转变区域在海拔 1 500~ 1 600 m 及 1 700~ 1 850 m 范围分布较为集中;而其他土地利用类型向耕地转变的集中分布区域大致在海拔

1 700~ 1 900 m 范围;海拔 1 600~ 1 800 m 为草地-耕地相互转移变化最为集中的区域;草地面积主要在海拔 1 450~ 1 600 m 范围左右增加,在 1 650~ 1 800 m 范围内减少;林地除在海拔 2 000~ 2 200 m 范围内与非林地相互转变大致持平外,其余地区林地均发生退化。海拔 1 800 m 和海拔 2 100 左右是本农牧交错带山地土地利用类型波动较为集中的两个分布区域。

## 参考文献(References):

- [1] Zhong Xianghao. Conspectus of Montology and Chinese Mountain research [M]. Sichuan: Sichuan Science and Technology Press, 2000, 217~ 262. [钟祥浩. 山地学概论与中国山地研究[M]. 成都: 四川科学技术出版社, 2000. 217~ 262.]
- [2] Liu Yinhan, Liu Yansui. Land structure and succession of mountain vertical zones [J]. *Journal of Shaanxi Normal University (Natural Science Edition)*, 1996, 24(2): 83~ 88. [刘胤汉, 刘彦随. 山地垂直自然带的土地结构与演替理论[J]. 陕西师范大学学报(自然科学版), 1996, 24(2): 83~ 88.]
- [3] Zhang Baiping, Chen Xiaodong, Er Dowlet *et al.*. A study of the general development model for mountains in West China [J]. *Journal of Mountain Science*, 2002, 20(4): 394~ 400. [张百平, 陈晓东, 叶尔·道来提, 等. 中国西部山地发展的一般模式[J]. 山地学报, 2002, 20(4): 394~ 400.]
- [4] Liu Yansui. Structural analysis and optimal use of land types in mountainous regions [J]. *Acta Geographica Sinica*, 2001, 56(4): 426~ 436. [刘彦随. 山地土地类型的结构分析与优化利用[J]. 地理学报, 2001, 56(4): 426~ 436.]
- [5] C. J. Barrow, H. Hicham. Two complimentary and integrated land uses of the western High Atlas Mountains, Morocco: the potential for sustainable rural livelihoods [J]. *Applied Geography*, 2000, 20: 369~ 394.
- [6] S. Brown, B. Shrestha. Market-driven land-use dynamics in the middle mountains of Nepal [J]. *Journal of Environmental Management*, 2000, 59: 217~ 225.
- [7] Ambika P. Gautam, Edward L. Webb, Ganesh P. Shivakoti, *et al.*. Land use dynamics and landscape change pattern in a mountain watershed in Nepal [J]. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 2003, 33: 83~ 96.
- [8] Luo Yunyun, Li Ruixue, Qu Min. Impact of land slope and elevation on the land use and economy development in mountain watershed, Chongqing [J]. *Journal of Mountain Science*, 2004, 22(2): 254~ 258. [罗云云, 李瑞雪, 屈明. 重庆石碗溪小流域坡度和高程对土地利用及经济发展的影响[J]. 山地学报, 2004, 22(2): 254~ 258.]
- [9] Bao Yintaogetao, Liu Dan. The changing of ploughland and analysis of problem of DUO LUN county on agriculture~ animal husbandry ecotone [J]. *Acta Scientiarum Naturalium University NeiMongol*, 2001, 32(6): 657~ 660. [宝音陶格涛, 刘丹. 农牧交错带多伦县

- 耕地变化及问题分析[J]. 内蒙古大学学报(自然科学版), 2001, **32**(6): 657~ 660. ]
- [ 10] Luo Chengping, Xue Jiyu. Ecologically vulnerable characteristics of the farming-pastoral zigzag zone in northern China[ J]. *Journal of Arid Resource and Environment*, 1995, **9**( 1): 1~ 7. [ 罗承平, 薛纪瑜. 中国北方农牧交错带生态环境脆弱性及其成因分析[J]. 干旱区资源与环境, 1995, **9**( 1): 1~ 7. ]
- [ 11] Sun Jinzhu. Construction way of agricultural eco-environment in Yinshan Mountains Region[ J]. *Mountain Research*, 1994, **12**( 3): 129~ 135. [ 孙金铸. 阴山山地农业生态环境的建设途径[J]. 山地研究( 现山地学报), 1994, **12**( 3): 129~ 135. ]
- [ 12] Liu Ji yuan, Liu Mingliang, Zhuang Dafang, *et al.* . The spatial patterns of recent land use changes in China[ J]. *Science China ( Series D)*, 2002, **32**( 12): 1031~ 1040. [ 刘纪远, 刘明亮, 庄大方, 等. 中国近期土地利用变化的空间格局分析[J]. 中国科学(D 辑), 2002, **32**( 12): 1031~ 1040. ]
- [ 13] Chen Liding, Zhang Shurong, Fu Bojie, *et al.* . Correlation analysis on spatial pattern of land use and soil at catchment scale[ J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2003, **23**( 12): 2497~ 2505. [ 陈利顶, 张淑荣, 傅伯杰, 等. 流域尺度土地利用与土壤类型空间分布的相关性研究[J]. 生态学报, 2003, **23**( 12): 2497~ 2505. ]
- [ 14] Zhu Huiyi, Li Xiubin. Discussion on the index method of regional land use change[ J]. *Acta Geographica Sinica*, 2003, **58**( 5): 643~ 650. [ 朱会义, 李秀彬. 关于区域土地利用变化指数模型方法的讨论[J]. 地理学报, 2003, **58**( 5): 643~ 650. ]

## Land-use Conversion Patterns in the Middle of the Yinshan Mountains

XIAO Fei<sup>1,2</sup>, ZHANG Baiping<sup>1</sup>, MO Shenguo<sup>1,2</sup>, LUO Yong<sup>3</sup>,  
WU Hongzhi<sup>1,2</sup>, CHENG Weiming<sup>1,2</sup>

(1. *Institute of Geographical Sciences and Natural Resources Research, CA S. Beijing 100101, China;*

2. *Graduate School of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China;*

3. *Institute of Natural Resources of Sichuan Province, Chengdu 610015, China)*

**Abstract:** Taking the middle Yinshan Mts. as an example, this paper analyzes land-use patterns in mountains of farming-pastoral region with Landsat-TM and ETM images for 1990 and 2000. The emphasis is put on the spatio-temporal changes of farmland, grassland and woodland. It is found that the main land use change is the mutual conversion of farmland and grassland. The main conversion of woodland is also toward grassland. The conversion of grassland to farmland chiefly occurs in the northern foot of Yinshan Mts, and that of woodland to grassland in the southern parts of Yinshan Mts. Land use changes little in the upper parts of the Yinshan Mts. Farmland conversion to other types appears largely on elevations of 1 500 m to 1 600 m and 1 700 m to 1 850 m, while the conversion of non-farmland to farmland occurs mainly on elevations of 1 700 m and 1 900 m. Between 1 600 m and 1 800 m are the altitudes where most of the conversion of grassland to farmland happens. Grassland area increases on elevations of 1 450 m to 1 600 m and decreases between 1 650 m and 1 800 m. Woodland declines almost in all the mountain areas except the altitudes between 2 000 m and 2 200 m where the conversion of woodland to other types and other types to woodland is just the same. Near the altitudes of 1 800 m and 2 100 m are the areas where the most intensive land use change can be seen in the mountain regions of farming-pastoral zone.

**Key words:** land-use; conversion pattern; Yinshan Mountains