

# 黄土高原森林植被景观的特征分析

张金屯<sup>1</sup>, 李斌<sup>2</sup>

(1. 北京师范大学生命科学院, 北京 100875 2 中北大学环境与安全工程系, 山西 太原 030051)

**摘要:** 用 1:50 万森林类型图作为信息源, 以 GIS 为手段, 对黄土高原地区森林景观类型斑块的大小、形状以及空间特征进行了分析。结果表明: 黄土高原地区 27 类森林总面积仅 64 980.7 km<sup>2</sup>, 共有斑块数 5 890 个, 林斑平均面积较小, 且分布不均, 森林景观破碎化程度较高。森林景观以华北落叶松林、山杨林、油松林、辽东栎林等为优势类型。黄土高原森林景观类型的形状指数值都比较大, 说明森林斑块的形状明显偏离于圆形和方形, 多为狭长的不规则形, 其斑块的边界率都比较高。不同类型森林分维数变化较大, 这也表明黄土高原森林景观破碎化程度较高, 景观异质性较大。

**关键词:** 森林植被; 景观特征; 植被恢复; 黄土高原

**中图分类号:** S718.5

**文献标识码:** A

区域景观生态研究是目前景观生态学研究的热点之一, 其中植被景观特征研究是其研究重点。在植被景观特征中, 景观斑块的数量和大小是某类景观斑块占优势程度的重要标志, 也是研究斑块多样性的主要参数。物种分布、生产力水平、能量和养分以及很多其他参数都受到景观斑块大小的影响<sup>[1]</sup>。斑块形状是描述景观斑块特征的重要因子, 对于某一景观要素的一个斑块, 其特征主要是斑块的形状和大小, 形状和大小可能是景观要素特性的反映, 同时也受局部的环境因子的影响, 具有重要的生态意义<sup>[2]</sup>。斑块的形状对生物的扩散和动物的觅食以及物质和能量的迁移具有重要的影响<sup>[3]</sup>。调查斑块的内部面积与边缘面积的比率, 对了解物种多样性有重要意义。斑块大小很易实测得到, 但对于其形状, 由于变化大, 复杂多样, 难以确切地直接计测, 一般多用各种指数描述<sup>[4-6]</sup>。

黄土高原, 位于 100°52'~114°33'E, 33°41'~41°16'N, 面积 62 37×10<sup>4</sup> km<sup>2</sup>, 是世界上黄土分布面积最大、最集中和黄土地貌最典型的地理单元。黄土高原地区原生植被已破坏殆尽, 目前仅残存零

散分布的次生自然植物群落。黄土高原由于受干旱气候、复杂地形及稀疏植被等因素影响, 成为全国水土流失最严重的地区<sup>[7, 8]</sup>。恢复植被是黄土高原治理的治本之策, 对黄土高原森林景观特征的研究, 有助于了解森林植被空间分布规律, 对黄土高原地区森林的恢复有参考意义。当前对于黄土高原植被景观生态的研究, 多是零星的、小尺度的<sup>[9-11]</sup>, 关于黄土高原区域尺度水平上森林植被景观生态方面的研究还未有报道。本文从黄土高原森林植被景观中斑块大小的分布特征、斑块形状指数分析和分形分析来研究森林景观的特征, 以期为黄土高原地区的植被保护、合理利用、恢复与重建提供科学依据。

## 1 研究方法

### 1.1 数据采集

利用数字化仪将黄土高原地区 1:50 万植被类型图输入计算机建立黄土高原电子植被图<sup>[12]</sup>, 再用 GIS 软件 MAPGIS 和电子植被图生成黄土高原植被数字数据库, 该库包含了所有植被的类型、各类型斑

收稿日期 (Received date): 2005-09-11; 改回日期 (Accepted): 2005-12-06.

基金项目 (Foundation item): 国家自然科学基金 (30070140) 和教育部骨干教师基金资助。 [Supported by National Natural Science Foundation (No. 30070140) and Teacher's Foundation of State Education Ministry].

作者简介 (Biography): 张金屯 (1957-), 男 (汉), 山西夏县人, 博士, 教授, 博士生导师, 主要从事植被生态研究。 [Zhang Jintun, Male, Born in Shanxi, Ph.D., Professor of Vegetation Ecology, Tel: 010-62207647, E-mail: Zhangj@bnu.edu.cn]

块的数量、面积、周长、空间位置等信息。本文提取数据库中所有森林植被斑块的信息,共有森林植被群系 27个(表 1),分别属于寒温性针叶林、温性针叶林和落叶阔叶林植被型。

1.2 数据分析

1.2.1 森林植被斑块大小

不同景观类型要素的斑块大小,对斑块内部及斑块之间的物质和能量交换、斑块稳定性与周转率、斑块的生物多样性等都有重要影响。我们用以下指标反映森林景观斑块的大小<sup>[4 6 13]</sup>: 斑块个数 ( $NP$ )、

斑块总面积 ( $A_i = \sum A_{ij}$ )、平均斑块面积 ( $AV_i = \frac{1}{N_i} \sum A_{ij}$ )、斑块面积标准差 ( $SD_i = \sqrt{\frac{1}{N_i} \sum (A_{ij} - AV_i)^2}$ )、

最小斑块面积 ( $MN$ )、最大斑块面积 ( $MX$ )、斑块面积极差 (最大值与最小值的差  $RG$ )、斑块面积中值 (最大值与最小值的中间值  $MD$ )、斑块面积分布的

偏态系数 ( $CS_i = \frac{\sum_j (A_{ij} - AV_i)^3}{N_j \times SD_i^3}$ )、斑块面积变异系数

( $CV_i = \frac{SD_i}{AV_i} 100\%$ )等。

这里  $A_{ij}$  为第  $i$  类景观要素第  $j$  个斑块的面积,  $N_i$  为第  $i$  类景观要素的斑块总数;  $SD_i$  为第  $i$  类景观要素的斑块面积标准差;  $CV_i$  为第  $i$  类景观要素的斑块面积变异系数;  $CS_i$  为第  $i$  类景观要素的斑块面积偏态系数。其中  $CS > 0$  表示右偏 (即正偏),  $CS < 0$  表示左偏 (即负偏),  $CS = 0$  表示分布对称。

表 1 黄土高原地区 27 种森林植被类型  
Table 1 Forest vegetation types in Loess Plateau

| 植被类型 Vegetation formations                              |   |
|---|---|
| 1 华北落叶松林 (Fom. <i>Larix principis-rupprechtii</i> )     | 15 辽东栎林 (Fom. <i>Quercus liaotungensis</i> )  |
| 2 太白落叶松林 (Fom. <i>Larix chinensis</i> )                 | 16 栓皮栎林 (Fom. <i>Quercus variabilis</i> )   |
| 3 青杉、白杉林 (Fom. <i>Picea wilsonii</i> P. <i>meyeri</i> ) | 17 槲栎林 (Fom. <i>Quercus aliena</i> )  |
| 4 青海云杉林 (Fom. <i>Picea crassifolia</i> )                | 18 锐齿槲栎林 (Fom. <i>Quercus aliena</i> var. <i>acuteserrata</i> )   |
| 5 紫果云杉林 (Fom. <i>Picea purpurea</i> )                   | 19 山杨林 (Fom. <i>Populus davidiana</i> )   |
| 6 秦岭冷杉林 (Fom. <i>Abiesensiensis</i> )                   | 20 白桦林 (Fom. <i>Betula platyphylla</i> )  |
| 7 巴山冷杉林 (Fom. <i>Abies fargesii</i> )                   | 21 红桦林 (Fom. <i>Betula albo-sinensis</i> )  |
| 17 槲栎林 (Fom. <i>Quercus aliena</i> )                    | 22 糙皮桦林 (Fom. <i>Betula utilis</i> )  |
| 8 祁连圆柏林 (Fom. <i>Sabina przewalskii</i> )               | 23 杨树林 (Fom. <i>Populus sp.</i> )   |
| 9 塔枝圆柏林 (Fom. <i>Sabina komarovii</i> )                 | 24 旱柳林 (Fom. <i>Salix matsudana</i> )   |
| 10 油松林 (Fom. <i>Pinus tabulaeformis</i> )               | 25 刺槐林 (Fom. <i>Robinia pseudoacacia</i> )  |
| 11 华山松林 (Fom. <i>Pinus amandii</i> )                    | 26 鹅耳枥、槭、榆、槲杂木林 (Fom. <i>Carpinus spp.</i> , <i>Acer spp.</i> , <i>Ulmus pumila</i> , <i>Tilia tuan</i> ) |
| 12 白皮松林 (Fom. <i>Pinus bungeana</i> )                   | 27 淡竹、筠竹林 (Fom. <i>Phyllostachys glauca</i> P. <i>glauca</i> )  |
| 13 杜松林 (Fom. <i>Juniperus rigida</i> )                  |   |
| 14 侧柏林 (Fom. <i>Platycladus orientalis</i> )            |   |

1.2.2 森林植被景观斑块形状

采用圆环度 ( $C_{ij} = \frac{P_{ij}}{A_{ij}}$ )、扩展度 ( $D_{ij} = \frac{P_{ij}}{2 \sqrt{\pi A_{ij}}}$ )和斑块方形指数 ( $S_{ij} = \frac{0.25 P_{ij}}{\sqrt{A_{ij}}}$ )来描述森林斑块形状特征。式中  $P_{ij}$  是第  $i$  类景观要素斑块中第  $j$  个斑块的周长。

用分维几何描述斑块周长与其面积之间的关系 ( $P_{ij} \propto A_{ij}^{\frac{1}{2}}$ , 即  $1nP = Z + \frac{D_f}{2} 1nA$ ), 式中  $D_f$  是不规则图形边界的分维数,  $Z$  为常数<sup>[6]</sup>。

2 结果分析与讨论

2.1 黄土高原森林植被景观斑块分布特征

采用斑块个数 ( $NP$ )、斑块总面积 ( $A$ )、平均斑块面积 ( $AV$ )、斑块面积标准差 ( $SD$ )、最小斑块面积 ( $MN$ )、最大斑块面积 ( $MX$ )、斑块面积极差 ( $RG$ )、斑块面积中值 ( $MD$ )、斑块面积分布的偏态系数 ( $CS$ )、斑块面积变异系数 ( $CV$ )几个描述统计量来刻画斑块大小的分布特征, 结果列于表 2。从表中可以看出, 黄土高原地区 27 类森林总面积仅

64 980. 7 km<sup>2</sup>, 森林覆盖率只有 10. 4%。共有斑块数 5 890个, 说明林斑平均面积较小, 森林景观破碎化程度较高。斑块数以油松林、杨树林最多, 其次是华北落叶松林、刺槐林和辽东栎林, 而太白落叶松林、秦岭冷杉林、巴山冷杉林斑块数最少, 各只有 1 个斑块。说明斑块数量变化很大。森林景观斑块总面积以华北落叶松林和山杨林为最大, 其次是油松林、辽东栎林、杨树林和鹅耳枥、槭、榆、椴杂木林。斑块总面积以秦岭冷杉林、太白落叶松林和巴山冷杉林最小。黄土高原森林斑块的数量和面积反映了

森林植被的现状, 也反映了人类活动对森林的影响。从 *SD*、*CV* 两个指标可以看出, 各森林类型内斑块面积之间的变化也很大, 其中山杨林的标准差 *SD* 和变异系数 *CV* 为最大。从 *MN*、*MX* 和 *RG* 三个指标来看, 其面积的跨度也很大。从偏态系数 *CS* 可以看出, 绝大多数类型的偏态系数都 > 0 并且大部分都 > 1。因此, 各类型斑块面积的分布不是对称的, 而是偏斜的, 并且是右偏的。对绝大多数类型来说, 其斑块面积分布的中值都小于均值, 这也部分地支持了上述论断。

表 2 黄土高原森林景观类型的斑块面积等统计量的值 (km<sup>2</sup>)

Table 2 Several statistical values for the patch sizes of forest landscape patches (km<sup>2</sup>)

| 类型 | <i>NP</i> | <i>A</i>   | <i>AV</i> | <i>SD</i>  | <i>MN</i> | <i>MX</i> | <i>RG</i> | <i>MD</i> | <i>CS</i> | <i>CV</i> |
|----|-----------|------------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 1  | 600       | 25 292. 65 | 42. 15    | 152. 351 7 | 0. 04     | 1351. 10  | 1351. 06  | 6. 83     | 6. 1230   | 3. 614 1  |
| 2  | 1         | 2. 43      | 2. 43     | 2. 43      |           | 2. 43     | 2. 43     |           |           |           |
| 3  | 46        | 283. 07    | 6. 15     | 9. 322 6   | 0. 47     | 47. 11    | 46. 64    | 2. 63     | 2. 848 0  | 1. 515 0  |
| 4  | 133       | 480. 12    | 3. 61     | 3. 560 2   | 0. 26     | 20. 24    | 19. 99    | 2. 35     | 2. 096 0  | 0. 986 2  |
| 5  | 9         | 33. 44     | 3. 72     | 1. 408 4   | 1. 67     | 6. 24     | 4. 57     | 3. 72     | 0. 248 0  | 0. 379 0  |
| 6  | 1         | 0. 56      | 0. 56     |            | 0. 56     | 0. 56     |           | 0. 56     |           |           |
| 7  | 1         | 9. 95      | 9. 95     |            | 9. 95     | 9. 95     |           | 9. 95     |           |           |
| 8  | 18        | 82. 51     | 4. 58     | 2. 703 2   | 0. 77     | 9. 99     | 9. 22     | 4. 40     | 0. 358 0  | 0. 589 7  |
| 9  | 10        | 46. 81     | 4. 68     | 3. 901 7   | 0. 43     | 12. 13    | 11. 70    | 2. 97     | 0. 920 0  | 0. 833 6  |
| 10 | 1292      | 4 620. 80  | 3. 58     | 5. 884 1   | 0. 04     | 67. 44    | 67. 39    | 1. 67     | 5. 030 0  | 1. 645 2  |
| 11 | 52        | 306. 51    | 5. 89     | 9. 296 8   | 0. 13     | 37. 45    | 37. 33    | 1. 82     | 2. 139 0  | 1. 577 2  |
| 12 | 14        | 14. 61     | 1. 04     | 0. 869 4   | 0. 21     | 2. 99     | 2. 78     | 0. 75     | 1. 170 0  | 0. 833 3  |
| 13 | 5         | 11. 53     | 2. 31     | 1. 910 7   | 0. 64     | 5. 38     | 4. 74     | 1. 32     | 1. 353 0  | 0. 828 5  |
| 14 | 305       | 1 668. 29  | 5. 47     | 6. 915 7   | 0. 13     | 46. 81    | 46. 68    | 2. 90     | 2. 806 0  | 1. 264 4  |
| 15 | 520       | 3 097. 89  | 5. 96     | 7. 436 6   | 0. 04     | 74. 82    | 74. 78    | 3. 74     | 3. 665 0  | 1. 248 3  |
| 16 | 143       | 2 372. 41  | 16. 59    | 25. 708 5  | 0. 17     | 180. 57   | 180. 40   | 4. 87     | 2. 998 0  | 1. 549 6  |
| 17 | 49        | 319. 45    | 6. 52     | 9. 619 5   | 0. 04     | 45. 57    | 45. 53    | 2. 95     | 2. 826 0  | 1. 475 5  |
| 18 | 33        | 628. 79    | 19. 05    | 15. 108 8  | 2. 18     | 49. 11    | 46. 94    | 12. 51    | 0. 476 0  | 0. 792 9  |
| 19 | 264       | 14 819. 91 | 56. 14    | 241. 606 9 | 0. 17     | 2 219. 35 | 2 219. 18 | 3. 87     | 6. 601 0  | 4. 304 0  |
| 20 | 397       | 1 465. 90  | 3. 69     | 4. 733 6   | 0. 04     | 33. 40    | 33. 35    | 1. 92     | 3. 227 0  | 1. 282 0  |
| 21 | 11        | 71. 92     | 6. 54     | 11. 748 5  | 0. 21     | 38. 57    | 38. 35    | 0. 90     | 2. 461 0  | 1. 796 9  |
| 22 | 4         | 10. 68     | 2. 67     | 1. 884 5   | 0. 90     | 4. 48     | 3. 59     | 2. 65     | 0. 014 0  | 0. 706 0  |
| 23 | 1118      | 3 259. 15  | 2. 92     | 4. 788 8   | 0. 04     | 93. 87    | 93. 83    | 1. 52     | 8. 301 0  | 1. 642 7  |
| 24 | 68        | 162. 16    | 2. 38     | 2. 181 1   | 0. 21     | 13. 97    | 13. 75    | 1. 67     | 3. 071 0  | 0. 914 6  |
| 25 | 561       | 2 326. 54  | 4. 15     | 6. 392 9   | 0. 04     | 66. 97    | 66. 92    | 1. 28     | 3. 637 0  | 1. 541 5  |
| 26 | 218       | 3 580. 61  | 16. 42    | 43. 231 5  | 0. 26     | 605. 64   | 605. 38   | 8. 11     | 11. 857 0 | 2. 632 1  |
| 27 | 17        | 12. 00     | 0. 71     | 0. 423 1   | 0. 21     | 1. 71     | 1. 49     | 0. 56     | 1. 281 0  | 0. 599 4  |

从以上分析可以看出, 黄土高原森林植被景观斑块变化较大, 说明森林景观空间异质性大, 这是由于长期的人类活动引起环境变化的必然结果。黄土高原地区的森林的覆盖面积相当小, 且破碎化已相当严重。因为土壤侵蚀严重, 而土壤侵蚀区历史上都由森林覆盖, 现有的林草分布因人为的破坏已丧失其连片的地带性规律。森林资源多为天然次生林

的残余分布, 致使大部分山地被栽培植被和草地所取代。尽管近几十年来采取了一系列环境保护措施, 植树造林, 治理水土流失, 但上述状况并没有从根本上得到好转。

2. 2 黄土高原森林植被景观斑块形状特征分析

用前面的 3 个斑块形状指数对每个森林类型的每个斑块计算形状指数, 将每个类型所有斑块的指

数值平均, 结果列于表 3。这里  $C$  是斑块周长与面积之比, 表征斑块的边界效应;  $D$  是斑块周长与等面积的圆周长之比, 代表斑块形状与圆形相差的程度。该指数的最小值为 1, 其值越接近 1 表示斑块形状与圆形越接近; 其值越大, 则斑块形状与圆形相差越大, 形状越不规则;  $S$  是斑块的方形指数, 代表斑块形状与正方形相差的程度。正方形的值为 1, 指数值越大, 表示斑块形状与正方形相差越大, 斑块形状越长。  $C$ 、 $D$  和  $S$  间有着密切关系。从表 3 中可以看出, 黄土高原森林景观类型的指数值都比较大, 说明森林斑块的形状明显偏离于圆形和方形, 多为长宽悬殊的不规则形, 这与黄土高原地区破碎的地形密切相关。由于森林斑块的不规则形, 其斑块的边界率都比较高。白皮松林和秦岭冷杉林的  $C$  值最大, 表明其单位面积的边界最多; 而槲栎林  $C$  值最小, 说明其单位面积中的边界最少。边界率高, 说明林斑与外界的物质、能量交换相对活跃。从整个森林景观来看, 不同类型之间形状指数相差较大, 这也表明黄土高原森林景观破碎化程度较高, 景观异质性较大。

表 3 黄土高原森林景观斑块形状指数的平均值

Table 3 The average values of 3 shape indices for forest landscape types

| 类型 | $C$      | $D$      | $S$      |
|----|----------|----------|----------|
| 1  | 19 848.0 | 13 258.0 | 11 749.6 |
| 2  | 19 316.0 | 8 509.0  | 7 540.9  |
| 3  | 23 564.0 | 11 561.0 | 10 245.7 |
| 4  | 27 743.0 | 12 112.0 | 10 734.0 |
| 5  | 27 227.0 | 14 224.0 | 12 605.7 |
| 6  | 38 615.0 | 8 117.0  | 7 193.5  |
| 7  | 15 558.0 | 13 841.0 | 12 266.3 |
| 8  | 28 261.0 | 14 823.0 | 13 136.5 |
| 9  | 26 813.0 | 13 889.0 | 12 308.8 |
| 10 | 28 501.0 | 9 740.0  | 8 631.9  |
| 11 | 24 899.0 | 9 818.0  | 8 701.0  |
| 12 | 40 301.0 | 9 084.0  | 8 050.5  |
| 13 | 23 610.0 | 8 253.0  | 7 314.0  |
| 14 | 23 519.0 | 10 224.0 | 9 060.8  |
| 15 | 21 671.0 | 10 126.0 | 8 973.9  |
| 16 | 19 319.0 | 11 695.0 | 10 364.4 |
| 17 | 21 286.0 | 10 227.0 | 9 063.4  |
| 18 | 13 487.0 | 12 912.0 | 11 443.0 |
| 19 | 21 394.0 | 12 466.0 | 11 047.7 |
| 20 | 25 446.0 | 10 136.0 | 8 982.8  |
| 21 | 31 927.0 | 11 304.0 | 10 017.9 |
| 22 | 22 266.0 | 8 858.0  | 7 850.2  |
| 23 | 32 858.0 | 10 176.0 | 9 018.2  |
| 24 | 27 095.0 | 10 185.0 | 9 026.2  |
| 25 | 33 938.0 | 10 210.0 | 9 048.4  |
| 26 | 17 113.0 | 11 472.0 | 10 166.8 |
| 27 | 39 099.0 | 8 245.0  | 7 306.9  |

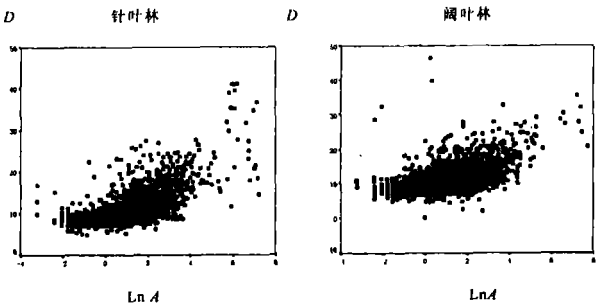


图 1 针叶林和阔叶林斑块形状指数  $D$  随斑块面积 (对数尺度) 的变化

Fig 1 The relationship between shape index  $D$  and patch area ( logarithmic scale) for forest patches

森林景观斑块形状与斑块的面积有一定的关系 (图 1), 随着斑块面积的增大, 斑块形状的不规则性增大, 对圆形的偏离也增大。这是由于黄土高原地区的森林主要分布在地, 山体的走势、黄土侵蚀切割以及人类经济活动对斑块的形成与发展有重要影响。

2.3 森林植被景观斑块形状的分形分析

分形几何中不规则几何图形的分维数 ( $D_f$ ), 可以反映空间实体几何形状的不规则性。由 Mandelbrot (1982) 提出的小岛法是测量分维数的简捷的方法, 适用于测量景观要素斑块的边界分维数。将 27 个森林类型的分维数分析列入表 4。在分形方法中, 由于斑块边界是作为二维空间中的曲线对待的, 因此理论上分维数值应在 1~2 间。由表 4 知, 大部分  $D_f$  值界于 1~2 间, 当斑块个数比较少时,  $D_f$  可能 < 1。塔枝圆柏林和青海云杉林的分维数最大, 说明其格局是最为复杂, 这与它们分布在地形复杂的高山地区有关。杜松林的分维数最小, 其格局最简单, 这是因为该类型多为人工林斑, 形状较为规则。

森林景观分维数之间的显著性检验 ( $t$ -检验) 表明, 大多数分维数之间的差异显著。分维数与斑块平均面积之间有较强的正线性关系, 即存在分维数随斑块面积增加而增加的趋势, 这也表明随着斑块面积的增加, 斑块形状越来越复杂<sup>[4 13 14]</sup>。这也能够看出大斑块明显地比小斑块复杂。一个可能的原因是, 人类活动对较小尺度的斑块有直接的影响, 而较大尺度的斑块则更主要地是由自然因素 (如地形等) 所决定的。多年来森林遭到了大规模的破坏, 人为毁林和不合理开荒加速了土壤侵蚀, 致使大部分山地被栽培植被和草地所取代。导致黄土高原森林的覆盖面积相当小, 且破碎化相当严重。

表 4 每个斑块类型的分维数及相关的统计量  
Table 4 The estimation of fractal dimension and related statistics for the 27 patch types

| 类型 | NP   | R       | D <sub>f</sub> | P      |
|----|------|---------|----------------|--------|
| 1  | 600  | 0.977 0 | 1.312 0        | < 0.01 |
| 2  | 1    |         |                |        |
| 3  | 46   | 0.977 0 | 1.468 0        | < 0.01 |
| 4  | 133  | 0.947 0 | 1.514 0        | < 0.01 |
| 5  | 9    | 0.708 0 | 1.390 0        | < 0.01 |
| 6  | 1    |         |                |        |
| 7  | 1    |         |                |        |
| 8  | 18   | 0.847 0 | 1.184 0        | < 0.01 |
| 9  | 10   | 0.904 0 | 1.548 0        | < 0.01 |
| 10 | 1292 | 0.973 0 | 1.250 0        | < 0.01 |
| 11 | 52   | 0.973 0 | 1.244 0        | < 0.01 |
| 12 | 14   | 0.951 0 | 1.036 0        | < 0.01 |
| 13 | 5    | 0.945 0 | 0.948 0        | < 0.05 |
| 14 | 305  | 0.973 0 | 1.250 0        | < 0.01 |
| 15 | 520  | 0.966 0 | 1.234 0        | < 0.01 |
| 16 | 143  | 0.977 0 | 1.298 0        | < 0.01 |
| 17 | 49   | 0.888 0 | 1.380 0        | < 0.01 |
| 18 | 33   | 0.885 0 | 1.332 0        | < 0.01 |
| 19 | 264  | 0.885 0 | 1.318 0        | < 0.01 |
| 20 | 397  | 0.939 0 | 1.354 0        | < 0.01 |
| 21 | 11   | 0.986 0 | 1.346 0        | < 0.01 |
| 22 | 4    | 0.998 0 | 1.264 0        | < 0.05 |
| 23 | 1118 | 0.958 0 | 1.244 0        | < 0.01 |
| 24 | 68   | 0.931 0 | 1.374 0        | < 0.01 |
| 25 | 561  | 0.979 0 | 1.246 0        | < 0.01 |
| 26 | 218  | 0.974 0 | 1.292 0        | < 0.01 |
| 27 | 17   | 0.968 0 | 1.172 0        | < 0.01 |

注: NP: 斑块数; R: 1nP 与 1nP 之间的相关系数; D<sub>f</sub>: 估计的分维数。

### 3 小结

- 1 黄土高原地区森林类型较为丰富, 共有 27 个森林群系, 森林景观以华北落叶松林、山杨林、油松林、辽东栎林等为优势类型。这些类型均分布于山地, 保护较好。
- 2 黄土高原地区森林面积不大, 27 类森林总面积仅 64 980.7 km<sup>2</sup>。共有森林斑块数 5 890 个, 斑块数量较多, 林斑平均面积较小, 且分布不均, 森林景观破碎化程度较高。这是长期人类经济活动影响的结果。
- 3 黄土高原森林景观类型的形状指数值都比较大, 说明森林斑块的形状明显偏离于规则的圆形和方形, 多为狭长的不规则形, 其斑块的边界率都比较高。这与黄土高原易受侵蚀的地貌相符合, 同时也体现了人类活动的影响。

4 不同类型森林分维数变化较大, 这也表明黄

土高原森林景观破碎化程度较高, 景观异质性较大。分维分析与其他指数相结合, 研究结果更具说服力。

### 参考文献 (References)

[1] Forman R T T and Godron M. Landscape Ecology[M]. New York: John Wiley and Sons, 1986.

[2] Forman R T T. Landscape mosaics: The ecology of landscape and regions[M]. Cambridge: Cambridge University Press, 1995.

[3] Hanazaki T. Effects of patch shape on the number of organisms[J]. *Landscape Ecology*, 1996, 11(5): 299~306.

[4] Liu Canran, Chen Lingzhi. Shape indices analysis of patches for Beijing vegetation landscapes[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 1999, 41(2): 199~205 [刘灿然, 陈灵芝. 北京地区植被景观中斑块形状的分形分析[J]. *生态学报*, 1999, 41(2): 199~205].

[5] Zhang Jintun. Quantitative methods in vegetation ecology[M]. Beijing: China Science and Technology Press, 1995. [张金屯. 植被数量生态学方法[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 1995.]

[6] Zhang Jintun, Qiu Yang, Zheng Fengying. Quantitative methods in landscape analysis[J]. *Journal of Mountain Science*, 2000, 18(4): 346~352 [张金屯, 邱扬, 郑风英. 景观格局的数量研究方法[J]. *山地学报*, 2000, 18(4): 346~352].

[7] Li Bin, Zhang Jintun. Analysis of relationships between vegetation and climate variables in Loess Plateau[J]. *Acta Botanica Sinica*, 2003, 23(1): 82~89 [李斌, 张金屯. 黄土高原地区植被与气候的关系研究[J]. *生态学报*, 2003, 23(1): 82~89].

[8] Ma Anqing, Cheng Dongjiang, Wang Jinhua, et al. Study of landscape pattern changes based on RS and GIS in Eastern Gansu[J]. 2002, *Journal of Water and Soil Conservation*, 16(3): 56~59 [马安青, 陈东景, 王建华, 等. 基于 RS 与 GIS 的陇东黄土高原土地景观格局变化研究[J]. *水土保持学报*, 2002, 16(3): 56~59].

[9] Fu Bojie, Chen Liling. Theory and application of landscape ecology[M]. Beijing: Science Press, 2001. [傅伯杰, 陈利顶. 景观生态学原理及应用[M]. 北京: 科学出版社, 2001.]

[10] Fu Bojie. Spatial pattern analysis of agro-landscapes in loess region[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 1995, 15(2): 113~120 [傅伯杰. 黄土区农业景观空间格局分析[J]. *生态学报*, 1995, 15(2): 113~120].

[11] Xiao Duning. Theory, methods and application of landscape ecology[M]. Beijing: Chinese Forestry Publishing Houses, 1991. [肖笃宁. 景观生态学理论、方法及应用[M]. 北京: 中国林业出版社, 1991.]

[12] Institute of Botany, CAS. Vegetation map of the Loess Plateau (1:500 000)[M]. Beijing: Earthquake Press, 1991. [中国科学院植物研究所. 黄土高原地区植被类型图(1:50万)[M]. 北京: 地震出版社, 1991.]

[13] Liu Canran, Chen Lingzhi. Fractal analysis of patch shapes for Beijing vegetation landscapes[J]. *Acta Phytocologia sinica*, 2000, 24(2): 129~134 [刘灿然, 陈灵芝. 北京地区植被景观斑块形状的分形分析[J]. *植物生态学报*, 2000, 24(2): 129~134].

[14] Zhang Jintun. Applied ecology[M]. Beijing: Science Press, 2003. [张金屯. 应用生态学[M]. 北京: 科学出版社, 2003.]

# The Characteristics of Forest Landscape in the Loess Plateau China

ZHANG Jintun<sup>1</sup>, LI Bin<sup>2</sup>

(1. College of Life Science, Beijing Normal University, Beijing 100875, China;

2. Department of Environment and Safety Engineering, North University of China, Taiyuan 030051, China)

Abstract Loess Plateau is located between humid semi-humid area and the northwest arid area of China. Because of the influence of drought and windy climate and the poor soil structure, the soil erosion and land desertification are the serious problems in Loess Plateau, and its ecological environment is sensitive to disturbance. The bad-circulation of vegetation destroying soil and water loss land desertification is dominant process in this area. Present Loess Plateau is mainly consisted of hills and gullies just due to this process, and its vegetation landscape is very special in China. It is important to study the characteristics of forest vegetation landscape in the management of Loess Plateau. Based on the information of Loess Plateau Forest Map (1:500 000), this paper studies the features of patch size, patch shape and their spatial distribution of forest landscape by use of GIS techniques. The results show that there are 5 980 patches with a total area of 64 980.7 km<sup>2</sup> for 27 vegetation formations in Loess Plateau. That the average patch size is comparatively small and their distribution is uneven suggests that the heterogeneity of forest landscape is high. The forest types of *Fom. Larix principis-rupprechtii*, *Fom. Pinus tabulaeformis*, *Fom. Quercus liaotungensis*, *Fom. Populus davidiana* etc. are dominant in forest landscape. The values of shape indices of forest landscape are comparatively great, which illustrates that the shapes of forest patches are obviously deviated from circle and square, and perform as irregular and long-narrow shapes with great length of patch boundary. The fractal dimensions of different forest patches are varied greatly, which further indicate that the heterogeneity of forest landscape in Loess Plateau is great.

Key words: Forest vegetation; characteristics of landscape; vegetation recovery; Loess Plateau