

基于 Landsat TM 的西安地区土地利用变化与图谱研究

张 翀, 李 晶, 任志远

(陕西师范大学 旅游与环境学院, 陕西 西安 710062)

摘 要: 利用两期 TM 影像, 通过遥感与 GIS 技术, 结合景观生态学理论和地学信息图谱理论, 深入分析了 10 a 来西安地区土地利用变化的数量和空间特征以及由此所引起的一系列生态环境效应。研究区城镇建设用地面积显著增加, 水体、耕地、林地面积呈减少趋势。城镇建设用地的增加是以侵占大量农田为代价的。景观破碎度变大, 形状趋于复杂, 优势度降低, 多样性和均匀性增大, 景观类型有向多样性或均衡化方向发展的趋势。景观的匀质化发展降低了景观抗干扰的能力, 同时导致景观稳定性降低。分析表明, 研究区内土地利用变化以各类型转化为城镇建设用地的趋势最强, 在一定程度上显示了研究区正处于城市化的快速阶段。

关键词: 土地利用; 转移矩阵; 景观; 图谱; 西安

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2008)04-0155-06

中图分类号: Q127, F301

Landuse Change and Map in Xi'an Region Based on Landsat TM Images

ZHANG Chong, LI Jing, REN Zhi-yuan

(College of Tourism and Environment, Shaanxi Normal University, Xi'an, Shaanxi 710062, China)

Abstract: Based on TM images (path 127, row 036) acquired in August, 1990 and May, 2000 respectively, five types of landuse were classified with the support of remote sensing and GIS. Using the theory of landscape ecology and geographic information images, we made quantitative analyses of the quantity and spatial feature changes of landuse in Xi'an region in the period of 1990 to 2000, and a series of ecology environmental effects. Landuse change/cover in Xi'an region can be listed as follows: Urban construction land increased sharply, while water-body, arable land, and forestland decreased apparently. Arable land and water-body were more fragmentary and interspersed than ever before. The increase in the area of urban construction land was at the cost of encroaching a wealth of arable land. Landscape became more and more fragmented and the shape of landscape became more complex. The predominance index decreased as well. The Shannon diversity index increased from 0.90 to 1.02, while the Shannon evenness index increased from 0.48 to 0.56. It indicates that the landscape is getting more and more diversified and balanced, but poor to withstand the interference. It also indicates that human activities disturb the landscape more and more seriously. The results suggest that the trend that all the other land types translated into construction land appears much more dominantly than any others in the study region. In the meantime, the results also show that the Xi'an City is in a fast developing stage of urbanization to a certain extent.

Keywords: landuse; change matrix; landscape; map; Xi'an region

区域土地利用变化的研究目前已成为“全球环境变化的人文因素计划(IHDP)”的重要组成部分^[1], 土地利用/土地覆盖(LUCC)作为IHDP的核心科学计划, 经过20世纪90年代以来的努力, 目前已见到一些研究成果陆续发表^[2]。其中对土地利用/土地覆盖

变化的测量一直作为土地利用/土地覆盖研究的重要基础, 受到IHDP组织者的高度重视^[3]。土地利用变化的驱动力主要取决于经济、技术、社会以及政治的变化, 因而受到研究者的高度重视。区域土地利用积累性的变化对全球变化的影响极为深刻, 即通过影响

收稿日期: 2007-12-27

修回日期: 2008-02-03

资助项目: 国家自然科学基金项目(407701019); 陕西省自然科学基金基础研究计划项目(2007D16); 陕西师范大学2007年度青年科技项目计划(200701001)

作者简介: 张翀(1986—), 男(汉族), 陕西省西安市人, 本科生, 主要从事地理信息系统的相关学习和研究。E-mail: zhangch3348@stu.snnu.edu.cn。

地表净第一性生产力的变化,并通过生物地球化学循环过程,影响大气中的化学成分变化,进而导致全球或区域性的气候变化^[4]。因此,通过利用遥感对地观测技术,揭示其空间变化规律,分析引起变化的驱动力,建立区域土地利用变化驱动力模型,已成为当前国际上开展土地利用、土地覆盖研究的最新动向^[5]。

随着改革开放和西部大开发战略的不断推进,我国中西部地区的土地利用方式发生了前所未有的巨大变化,深刻地改变了当地的生态系统格局。但当生态环境体系的波动超出生态安全阈值时,就会使天然生态体系不断恶化,进而引发一系列生态环境问题。而如何控制这种演变,并使自然生态系统与人类生态系统之间实现生物共生与协调发展,缓和生态环境保护与社会经济发展之间的矛盾,是可持续发展研究始终需要解决的问题,也是西部大开发过程中亟待解决的问题。

本研究以西安地区为研究范围,采用卫星影像及地理信息系统来获取区域的土地利用现状,并尝试在土地利用数据基础上,合成一系列土地利用变化图谱,从而分析区域的土地利用空间结构的变化情形,期望通过空间分布形态的变化以及土地利用变化趋势的掌握,为该区土地管理决策、区域土地可持续利用以及生态环境建设提供支持。

1 研究区及方法路线

1.1 研究区范围

西安市位于中国大陆腹地黄河流域中部的关中盆地,东经 107°40′—109°49′和北纬 33°39′—34°45′之间。秦岭山脉横依于西安市以南,山脊海拔 2 000~2 800 m,是我国地理上北方与南方的重要分界。西安地处中国西北地区东部,关中平原中部,交通便利,是陇海兰新地带规模最大的中心城市,经济发达,土地利用类型以耕地和城乡、林地、居民地为主。近年来随着经济的快速发展和人口的增加,西安地区城镇建设和农村居民点用地急剧扩大,大量耕地被占用,土地利用变化十分严重。

1.2 数据源

收集的遥感图像资料包括 1990 年 8 月 22 日和 2000 年 5 月 12 日的 2 景 TM 影像资料,其覆盖范围包括西安行政辖区。影像分辨率皆为 28.5 m,少云天气下拍摄。

另外备有地形图、西安市资源系列地图及其它辅助图件,同时收集有研究区气候、土壤、植被等自然状况资料。

1.3 技术路线与研究方法

本文所采用的研究方法主要包括遥感图像数据预处理、土地利用图谱分析和景观格局指数分析 3 个方面。

1.3.1 图像数据预处理 以研究目的为首要考虑,遵循与国家土地(利用)分类系统相协调的原则,结合遥感数据解译的具体分析,本文将土地利用分为 5 个一级类别:林地(有林地、灌木林地)、耕地(旱地、水浇地)、城镇及农村居民点用地、水域、未利用地。参考地形图、土地利用图等辅助信息,对 TM 图像应用最大似然法提取土地利用信息,最后对分类结果进行精度评价。本次分类结果评价主要参考西安市各时期的土地利用图,同时结合野外实际调查数据和目视方法对分类结果进行精度检验,即均达到最低允许判别精度 0.7 的要求^[6],分类结果如附图 5—6 所示。

1.3.2 图谱分析 利用信息图谱来进行土地利用研究,就是将土地利用方式的转变及强度、利用范围和空间属性用图谱形式表示,即土地利用信息图谱是分类化的各种土地利用类型的一种抽象数学形态表达,它所反映的是在某一特定的区域内,土地利用在空间上的属性和特征以及在时间上的变化过程。图谱是以地图、遥感影像、调查统计资料为主,而土地利用信息图谱具有极其丰富的数字化的信息来源,它以数据库为依托,可通过查询检索获取更多的相关信息与各种数据。

土地利用图谱分析由 3 个部分组成:第一是不同时序单元的土地利用图谱,它的每一个图谱单元都记录了该空间单元在这个时序单元中土地利用类型的起始和终止状态,图谱单元类型是由该空间单元土地利用类型的变化决定的;第二是图谱单元列表,即主要土地利用变化类型表,按其面积进行大小排序,由图谱运算得到;第三是转移矩阵,即一定时序单元内各土地利用类型之间转换的面积矩阵和概率矩阵,并可利用空间数据查询到任一转移变化发生的空间位置。其中,第一部分是整个图谱分析的核心。这样,借助于各个时期的土地利用图谱,就能清晰地把握西安地区土地利用时空格局的变化情况。

本研究利用转移矩阵,计算求得空间单元内各种类型土地利用转移机率。首先进行转移机率矩阵的运算,此矩阵是以各种类型土地利用变化为其它类型土地利用形式的比例为机率所制成,然后整理事物所有状态的转移机率,以矩阵形态表示,则可得到转移机率矩阵。

转移矩阵主要是在 GIS 的支持下,通过对不同时期的遥感影像或土地利用图进行空间叠加运算,求出各时期土地利用类型的转移矩阵,再进一步分析土

地利用变化过程。本研究中采用地图代数的运算方法,求得两期土地利用图的转移矩阵,由此分析 10 a 来研究区土地的空间和数量变化情况,如表 1 所示。

史培军等提出了一种直接利用栅格图像,利用地图代数的原理获得土地利用转移矩阵的方法。在土地利用类型 < 10 时,对任意两期土地利用类型图和,按照下式的地图代数方法,可以求得

$$C_{i \times j} = A_{i \times j}^k \times 10 + A_{i \times j}^{k+1} \quad (1)$$

式中, $C_{i \times j}$ 即为由 k 时期到 $k + 1$ 时期的土地利用变化图,它表现了土地利用变化的类型及其空间分布。据此可以求得土地利用类型相互转化的数量关系的原始转移矩阵,然后根据原始转移矩阵求出两个时期不同土地利用类型之间的相互转化率及 $k + 1$ 时期各种土地利用类型相对于 k 时期的年变化程度。

表 1 研究区 1990 — 2000 年土地利用转移矩阵

1990—2000 年	建成地	水体	耕地	未利用地	林地	1990 年合计 (占有率 %)
建成地/ hm^2	21 665.31	266.17	45.32	1.14	1 982.95	23 960.89
B	90.42	1.11	0.19	0.00	8.28	—
C	18.64	4.86	0.01	0.01	0.37	2.30
水体/ hm^2	3 692.16	3 393.91	5 620.12	263.82	6 480.94	19 450.95
B	18.98	17.45	28.89	1.36	33.32	—
C	3.18	61.95	1.54	2.88	1.19	1.87
耕地/ hm^2	83 317.68	1 285.55	273 287.52	142.22	63 173.72	421 206.69
B	19.78	0.31	64.88	0.03	15.00	—
C	71.68	23.47	74.66	1.55	11.64	40.52
未利用地/ hm^2	597.82	80.98	1 498.52	1 309.67	5 986.04	9 473.03
B	6.31	0.85	15.82	13.83	63.19	—
C	0.51	1.48	0.41	14.30	1.10	0.91
林地/ hm^2	6 956.11	451.53	85 576.55	7 443.22	465 075.59	565 503.00
B	1.23	0.08	15.13	1.32	82.24	—
C	5.98	8.24	23.38	81.26	85.70	54.40
2000 年合计/ hm^2	116 229.08	5 478.14	366 028.03	9 160.07	542 699.23	1 039 594.55
占有率 %	11.18	0.53	35.21	0.88	52.20	100.00
变化率 %	385.08	- 71.84	- 13.10	- 3.30	- 4.03	—
年均变化率 %	38.51	- 7.18	- 1.31	- 0.33	- 0.40	—

注:行表示的是 k 时期(1990 年)的 i 种土地利用类型,列则表示 $k + 1$ 时期(2000 年)的 j 种土地利用类型;黑字部分表示的是 k 时期的土地利用类型转变为 $k + 1$ 时期各种土地利用类型的面积,即原始土地利用变化转移矩阵 A_{ij} 。 B_{ij} 表示 k 时期 i 种土地利用类型转变为 $k + 1$ 时期 j 种土地利用类型的比例; C_{ij} 表示 $k + 1$ 时期的 j 种土地利用中由 k 时期的 i 种土地利用类型转化而来的比例。列、行的合计分别表示 k 时期和 $k + 1$ 时期各种土地利用类型的面积及其占总面积的比例。变化率表示 $k + 1$ 时期各种土地利用类型相对于 k 时期的变化程度。年均变化率 = $1/n \times$ 变化率,表示 $k + 1$ 时期各种土地利用类型相对于 k 时期的年均变化。 B_{ij} 、 C_{ij} 及变化率的计算公式为 $B_{ij} = A_{ij} \times 100 / \sum_{j=1}^5 A_{ij}$, $C_{ij} = A_{ij} \times 100 / \sum_{i=1}^5 A_{ij}$, 变化率 = $(\sum_{i=1}^5 A_{ij} - \sum_{j=1}^5 A_{ij}) / \sum_{j=1}^5 A_{ij}$ 。

1.3.3 景观格局指数分析 在景观生态学中景观结构又被称之为景观格局,格局在宏观尺度上一般是指空间格局,即生态系统的类型、数目以及空间分布与配置等。景观格局的研究是景观生态学的重要内容。景观格局是由许多景观过程长期作用的产物,同时景观格局也直接影响景观过程,不同的景观格局对景观上的个体、种群或生态系统的作用差别很大。本文通过景观格局指标来度量西安地区的景观是否合理,从而为西安地区的景观生态规划提供科学依据。

(1) 斑块几何特征指数分析。

斑块面积变异系数。反映斑块大小的差异,

其计算公式为

$$PSCV = (PSSD / MPS) \times 100 \quad (2)$$

式中:PSSD——斑块面积的标准差;MPS——平均斑块面积。

分维或分维数(fractal dimension)。分维数计算公式为

$$S = 2 \ln(L_i / 4) / \ln A_i \quad (3)$$

式中: S ——分形维数; L_i ——景观类型 i 的周长; A_i ——景观类型 i 的面积。

(2) 景观异质性指数分析。

Shannon 多样性指数。

$$SHDI = - \sum_{i=1}^m [P_i * \ln P_i] \quad (4)$$

式中:SHDI——Shannon 多样性指数; P_i 为第 i 类景观的面积占景观总面积的比例; m ——景观类型总数。

优势度指数。

$$D = D_{\max} + \sum_{i=1}^m [P_i * \ln(P_i)] \quad (5)$$

$$D_{\max} = \ln m \quad (6)$$

式中: P_i ——第 i 类景观占总面积的比; m ——景观类型总数; D_{\max} ——最大可能优势度指数。

均匀度。均匀度 (E) 是描述景观里不同景观类型的分配均匀程度。其计算公式为

$$E = \frac{H}{H_{\max}} \times 100\% \quad (7)$$

$$H = - \ln \left[\sum_{i=1}^m P_i^2 \right] \quad (8)$$

$$H_{\max} = \ln m \quad (9)$$

式中: E ——均匀度指数; H ——修正了的 Simpson 指数; H_{\max} ——在给定丰富度 T 条件下景观最大可能均匀度; P_i ——第 i 种景观占总面积的比; m ——景观类型总数。

(3) 景观空间构型指标。 景观破碎化指

数。破碎化指数即为描述景观里某一景观类型在给定时间里和给定性质上的破碎化程度。它在一定程度上反映了人类活动对景观的干扰程度。景观斑块数破碎化指数

$$F_{N1} = (N_p - 1) / N_c \quad (10)$$

$$F_{N2} = MPS(N_f - 1) / N_c \quad (11)$$

式中: F_{N1} ——整个研究区景观斑块的破碎化指数; F_{N2} ——各类景观斑块的破碎化指数; $F_{N1}, F_{N2} (0, 1)$ 中, 0 表示景观完全未被破坏, 1 表示景观被完全破坏。 N_c ——景观数据矩阵的方格网中格子总数; N_p ——景观中各种斑块的总数; MPS——景观中各种斑块的平均斑块面积(以方格网的格子数为单位); N_f ——景观中某一景观类型的斑块总数; N_c ——采用研究区总面积除以最小斑块面积。

分离度(isolation)指数。景观分离度指数是指某一景观类型中不同元素或斑块个体分布的分离程度。分离程度越大,表明景观在地域分布上越分散,其计算公式为

$$F_i = \frac{D_i}{S_i} \quad (12)$$

$$S_i = A_i / A \quad (13)$$

$$D_i = 1/2 \sqrt{\frac{A_i}{nA}} \quad (14)$$

式中: F_i ——景观类型 i 的分离度; n ——景观类型

中的元素个数; A_i ——第 i 类景观的面积; A ——研究区景观总面积。

2 结果分析

研究区在 1990 年到 2000 年期间,土地利用发生了很大变化。可以从 3 个方面来研究这种变化:一是研究两个时期各种土地类型面积的变化情况;二是研究土地利用类型从前一个时期向后一个时期的转移比率;三是研究后一个时期中土地利用类型由前一个时期土地利用类型的转移来源比率。利用土地利用转移矩阵就能够清晰地反映上述研究结果。通过计算土地利用转移矩阵来描述各种土地利用类型之间的转移情况,在当前土地利用变化的研究中已经得到了广泛的应用。

1990—2000 年间土地利用变化图谱(附图 5—6),是由 1990 年土地利用数据和 2000 年的土地利用数据合成的(附图 7)。由图谱得到 1990—2000 年间的土地利用类型面积转移矩阵(表 1)。同时,由土地利用变化图谱得到 1990—2000 年土地利用涨势图谱(附图 8)和落势图谱(附图 9),从而更直观地了解土地利用的变化情况。

(1) 西安地区建成地明显在增加,面积由 1990 年的 23 960.89 hm^2 增加到 2000 年的 116 229.08 hm^2 ,共增加了 92 268.19 hm^2 ,年均变化率为 38.51%。增加的建成地主要分布在西安市长安区以及户县周边地区。这 10 a 来建成地面积增加非常快,这是因为人口的不断增加造成城市规模的不断扩展,还有“开发区热,房地产热”的出现,使得许多开发商大规模修建居民小区和开发区;加上土地产权管理制度的增强,致使建成地及工矿用地呈快速增加趋势。

(2) 水体面积显著萎缩,面积从 1990 年的 19 450.95 hm^2 减少到 2000 年的 5 478.14 hm^2 ,10 a 共减少了 13 972.81 hm^2 ,年均变化率为 7.18%。可以看出河道中的水体减少显著。水体面积减少的原因主要是周边地区环境气候变化、农业灌溉与生态林建设用水、周边煤矿开采、附近地下水水位持续下降、上游补给水源河流水被拦截等。在人类活动与气候变化共同作用下,水体面积在 1990—2000 年期间大幅度减少。而水域面积的急剧缩减必将对其周围的生态环境产生深远的影响。

(3) 从 1990—2000 年,西安地区耕地面积呈持续减少趋势,10 a 减少了 55 178.66 hm^2 ,平均每年减少 1.31%。减少的耕地与增加的建成地的分布地区相对应,同样主要分布在西安市,长安区及户县周边地区。这主要是因为随着人口的增加,其城市规模不断向外扩展,耕地面积急剧减少,大量耕地被非农用

地占用。同时,自 20 世纪 90 年代以来,以旅游业为主的第三产业发展较快,国际旅游外汇收入从 1990—1996 年就增加了 129 772 万元,年平均增长 6.6%。旅游业作为国民经济发展的一个重要经济增长点,其相关设施也占用了大量耕地。

(4) 1990—2000 年,未利用地面积呈减少趋势,10 a 减少了 312.96 hm^2 ,年均变化率为 0.33%。减少的未利地主要分布在西安行政范围内的秦岭山地西部和南部地势较高的区域。说明随着城市的发展,人地供需矛盾日趋突出,人类不断地开发新的未利用土地满足自己的需要。

(5) 林地从 1990—2000 年呈减少趋势,但减少速度缓慢,10 a 共减少 22 803.77 hm^2 ,年变化率为 0.40%。减少的林地主要分布在蓝田县和周至的秦岭山区内部。主要原因是低山区开垦荒地,砍伐树木,作为耕地和建设旅游度假小区使用。减少速度缓慢是由于西安地区生态建设一系列措施的实施,如退耕还林等政策的实施。

从表 2 可以看出,西安地区景观生态类型中,林地景观斑块数最多,2000 年斑块数为 9 132,其余依次是建成地、耕地、水体,景观斑块数分别为 7 694,5 648,2 133,未利用地景观斑块数最少,仅为 149。而 1990 年斑块数最多的也是林地景观,斑块数为 6 293,其次是耕地景观—建成地景观—未利用地景观—水体景观。在各类景观类型面积的比较中,林地所占区域景观总面积的比例最大,1990 年和 2000 年分别为 54.4%和 52.2%,其次为耕地景观所占比例,分别是 40.52%和 35.21%。建成地和水体景观较少,1990 年建成地景观所占比例为 2.3%,水体景观所占比例为 1.87%;2000 年建成地景观所占比例是 11.18%,水体景观所占比例是 0.53%。从这可以看出西安地区的林地所占面积大,说明林地是该区的景观基质,1990 年和 2000 年林地都超过研究区面积的 1/2,成为遥感影像中突出的地类,是维持整个生态系统稳定的决定因素,为该区未来的可持续发展奠定了良好的自然环境基础。

表 2 西安地区景观格局指数

指标	年份	建成地景观	水体景观	耕地景观	未利用地景观	林地景观	总计
斑块数	1990	1 823	1 116	3 555	1 267	6 293	14 054
	2000	7 694	2 133	5 648	149	9 132	24 756
面积	1990	23 960.89	19 450.95	421 206.69	9 473.03	565 503.00	1 039 594.55
	2000	116 229.08	5 478.14	366 028.03	9 106.07	542 699.23	1 039 594.55
比例	1990	2.30	1.87	40.52	0.91	54.40	100.00
	2000	11.18	0.53	35.21	0.88	52.20	100.00
变异系数	1990	19.03	14.18	32.78	9.83	75.04	46.09
	2000	31.84	3.25	64.69	4.07	82.12	47.01
分维数	1990	1.42	1.42	1.40	1.44	1.37	1.41
	2000	1.42	1.39	1.36	1.30	1.29	1.47
多样性	1990	—	—	—	—	—	0.90
	2000	—	—	—	—	—	1.02
优势度	1990	—	—	—	—	—	0.71
	2000	—	—	—	—	—	0.59
均匀度	1990	—	—	—	—	—	0.48
	2000	—	—	—	—	—	0.56
F_{N1}	1990	—	—	—	—	—	0.014 1
	2000	—	—	—	—	—	0.024 8
F_{N2}	1990	0.076 1	0.057 4	0.008 4	0.133 7	0.011 1	—
	2000	0.066 2	0.389 4	0.015 4	0.016 3	0.016 8	—
分离度	1990	6.168 2	7.343 0	0.114 7	9.353 3	0.095 5	0.058 1
	2000	1.305 6	15.859 2	0.172 5	7.348 0	0.126 4	0.077 2
斑块密度	1990	0.137 9	0.119 8	0.045 9	0.182 9	0.052 7	—
	2000	0.128 6	0.312 0	0.062 1	0.063 8	0.064 9	—

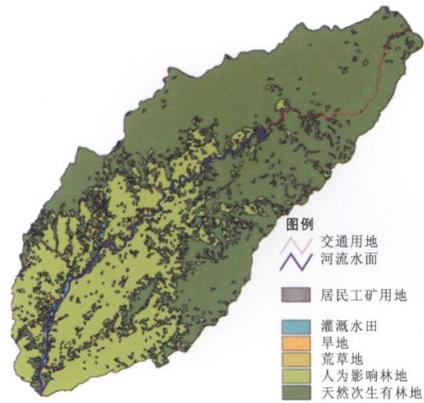
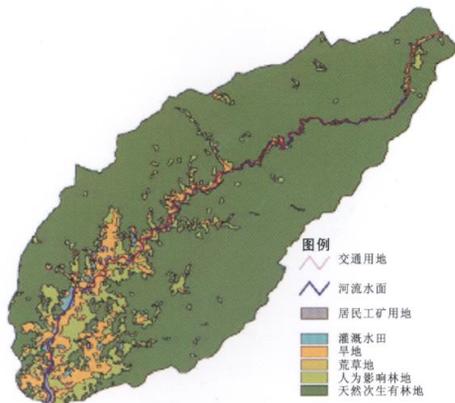
表 2 还反映出从 1990—2000 年,除未利用地景观外,其余各景观类型的斑块数都有所减小,其中以建成地景观最为突出,这说明人类活动对景观的影响。同时,总体上景观分离度的值呈增大趋势,其中水体、耕地、林地景观有所增加,这表明这几类景观自身的连通性正在减小,完整性趋于减弱,反映了人对自然环境破坏的结果;而建成地、未利用地景观正在下降,其表现与上述正好相反。对照两期土地利用图谱还可发现,建成地在显著增加,特别是西安市区城市用地不断往外扩大,占用大量耕地,使耕地面积急剧减少。从分维数看,各景观类型都有降低的趋势,说明受干扰的程度在不断加强,这也是近几年经济建设的反映。从景观异质性指数看,整个区域景观均匀度、景观多样性、景观优势度没有显著变化,景观多样性程度较高,表明景观异质性稍有增强,生态系统趋于稳定。同时整个研究区的破碎化指数较小,基质特征较明显。景观优势度较小,表明区域内景观类型所占比例差别不大。总之,西安生态环境整体良好,主要是因为有大部分的秦岭北坡绿色林地作为保证,但值得注意的是城镇建设用地急速增长,不仅占用了耕地等,一定程度上,也破坏了自然生态平衡。

3 结论

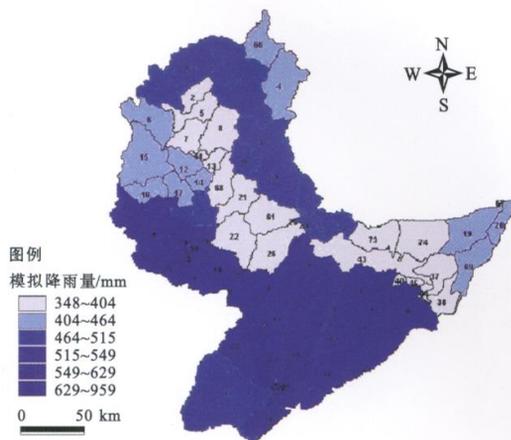
1990—2000 年这一时段西安地区的土地利用变化情况为:城镇建设用地面积增加,而水体、耕地、林地以及未利用地面积则减少。研究区土地利用变化差异显著,主要表现在其它土地利用类型都大面积向建成地转化,这意味着西安市正处于城市化的快速发展阶段。由于城镇范围的扩大,导致其它土地利用类型面积不断减少。人类不合理的土地利用方式以及气候变化,使得林地也在不断转化为未利用并导致水域分布面积减少。可见,西安城市化显著,但也存在一些不利于生态环境建设的因素,使得研究区出现污染严重,生物多样性下降等局面。

[参 考 文 献]

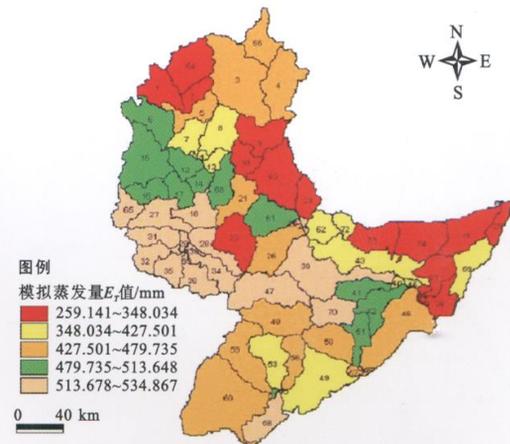
- [1] Turner B L II, SKOLE D, Sanderson S. Land Use and Land Cover Change: Science/ Research Plan [R]. Stockholm and Geneva: IGBP Report and HDP Report, 1995.
- [2] Turner B L II. Socializing the pixel in LUCC [J]. LUCC Newsletter, 1997(1): 10—11.
- [3] 李秀彬. 全球环境变化研究的核心领域: 土地利用/ 土地覆盖变化的国际研究动向 [J]. 地理学报, 1995, 51(6): 553—558.
- [4] Schimel D S. Terrestrial biogeochemical cycles: Global estimates with remote sensing [J]. Remote Sensing of Environments, 1995, 51: 49—56.
- [5] IIASA. Modeling land-use and land-cover changes in Europe and North Asia [R]. Research Plan, 1998.
- [6] Lucas I F J, Frans J M, Dweil V. Accuracy assessment of satellite derived land-cover data: A review [J]. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 1994, 60(4): 410—432.
- [7] 解修平, 周洁. 基于景观生态和马尔可夫过程的西安地区土地利用变化分析 [J]. 资源科学, 2006, 28(6): 176—178.
- [8] 吴秀芹, 蒙吉军. 塔里木河下游土地利用/ 覆盖变化环境效应 [J]. 干旱区研究, 2004, 21(1): 38—43.
- [9] 任志远, 李晶, 王晓峰. 城郊土地利用变化与区域生态安全动态 [M]. 北京: 科学出版社, 2006.
- [10] 史培军, 江源, 王静爱. 土地利用/ 覆盖变化与生态安全响应机制 [M]. 北京: 科学出版社, 2004.
- [11] 史培军, 宫鹏, 李晓兵. 土地利用/ 覆盖变化研究的方法与实践 [M]. 北京: 科学出版社, 2000.
- [12] 史培军, 苏筠, 周武光. 土地利用变化对农业自然灾害灾情影响机制 [J]. 自然灾害学报, 1999, 8(1): 1—10.
- [13] 任志远. 土地利用变化及驱动因素分析: 以内蒙古准格尔旗为例 [J]. 干旱区研究, 2003, 20(3): 202—205.
- [14] Hyo S Chae, Seong J Kim, Jeong A Ryu. Classification of multitemporal landsat TM data using principal component analysis & artificial neural network [J]. IEEE, 1999(1): 517—520.



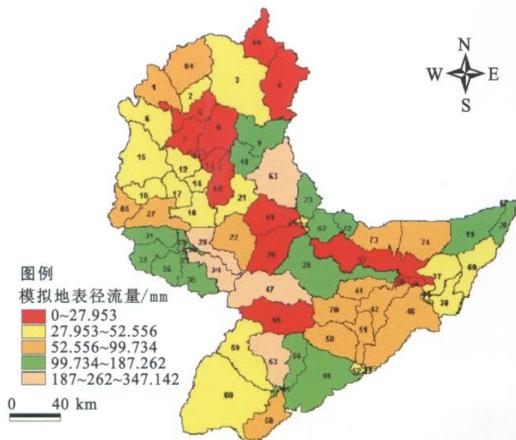
附图1 长安河流域1994, 2003年景观类型图



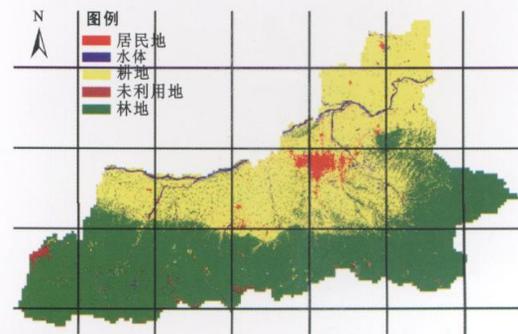
附图2 SWAT模型模拟降雨量空间分布



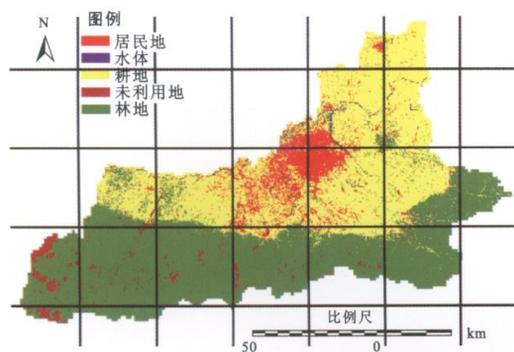
附图3 SWAT模型模拟蒸发量 E_t 值空间分布



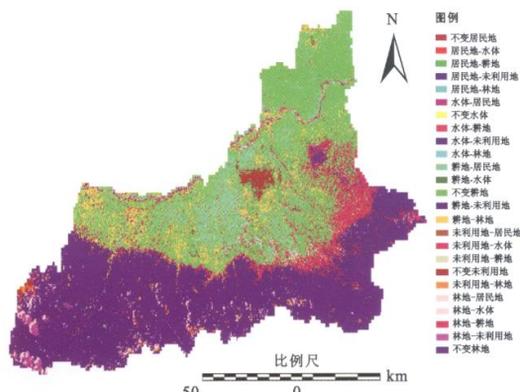
附图4 SWAT模型模拟地表径流空间分布



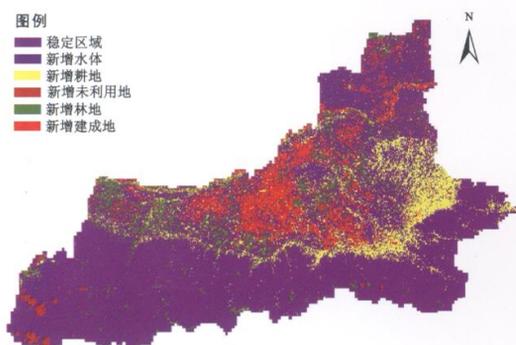
附图5 西安地区1990年土地利用图谱



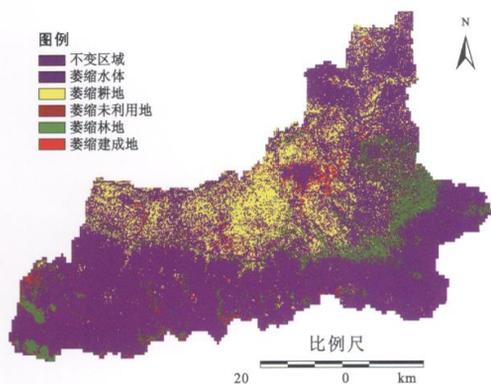
附图6 西安地区2000年土地利用图谱



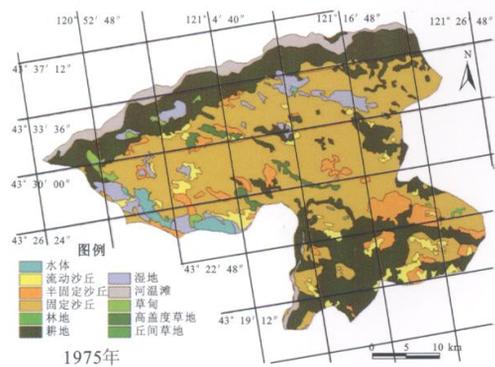
附图7 西安地区1990—2000年土地利用变化图谱



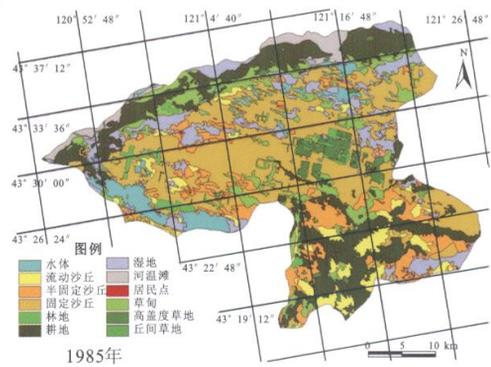
附图8 西安地区1990—2000年土地利用涨势图谱



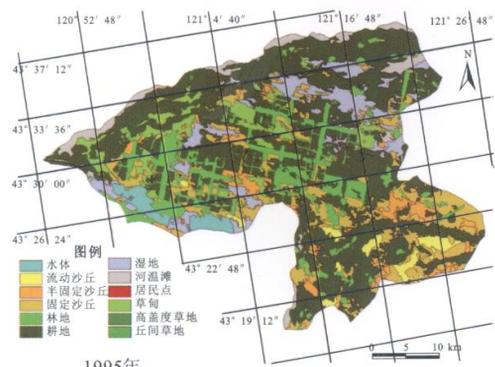
附图9 西安地区1990—2000年土地利用落势图谱



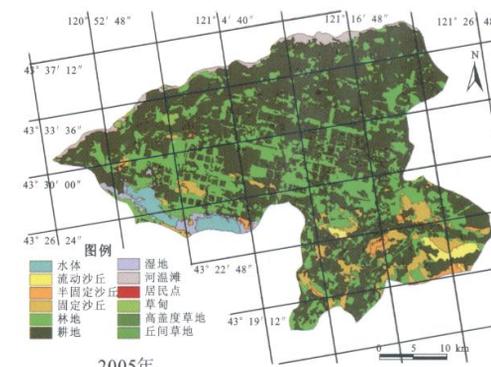
1975年



1985年



1995年



2005年

附图10 内蒙古奈曼旗兴隆沼不同时期景观类型分布图