

渭河流域 1980– 2000 年 LUCC 时空变化特征及其驱动力分析^{*}

程磊, 徐宗学, 罗睿, 米艳娇

(北京师范大学 水科学研究院 水沙科学教育部重点实验室, 北京 100875)

摘要: 流域水沙变异与土地利用/覆被变化(LUCC)有着十分密切的关系。该文基于渭河流域 1980 年、1990 年和 2000 年的土地利用/覆被数据, 借助 ArcGIS 等软件对渭河流域 20 a 间 LUCC 的时空变化特征进行分析, 探讨渭河流域 LUCC 的时空变化规律。基于转移矩阵、综合土地利用动态度、综合土地利用程度和单一土地利用变化率等指标进行分析表明: 渭河流域在 1980– 2000 年土地利用/覆被发生了较大变化, 其中草地增幅最大, 达到 2.09 万 km²; 耕地和林地减幅分别达到了 1.35 万 km²、1.11 万 km²; 建设用地增速最快, 增长了 8.53 倍。从综合土地利用动态度、综合土地利用程度和单一土地利用变化率时空分布图可以看出: 变化的时空格局有明显的区域特征, 而且前十年的变化比后十年的变化剧烈, 主要地类时空变化差异明显。基于时空变化特征分析了变化的驱动力, 分析得出主要受到国家土地政策、水土保持、经济发展以及人口增长等多方面因素驱动。

关键词: 渭河; LUCC; 时空特征; 驱动力

中图分类号: F301.24; X171.1

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2009)05-0001-06

Spatial-Temporal Characteristics of LUCC and Driving Factor Analysis for the Wei River Basin from 1980 to 2000

CHENG Lei, XU Zong-xue, LUO Rui, MI Yan-jiao

(Key Laboratory of Water and Sediment Sciences, Ministry of Education, College of Water Sciences,
Beijing Normal University, Beijing 100875, China)

Abstract: Variations of water and sediment usually have a close causality relationship with the Land use and Land cover Change (LUCC). On the basis of land use and land cover dataset for three periods including the 1980s, 1990s and 2000s, several indices and models such as transformation matrix, integrated change rate, integrated degree of land use, and change rate of special land use are developed to analyze the spatial-temporal characteristics and distribution patterns of LUCC with the help of GIS software. The results showed that land use and land cover in the Wei River basin has changed greatly between 1980 and 2000. The area of grass land has increased 2.09×10^4 km². But, 1.35×10^4 km² and 1.11×10^4 km² decrease for farm land and woodland. For building area, it has the rapidest increase in this period. The spatial-temporal characteristics of LUCC showed a noticeable regional distribution pattern. Comparing with changes between 1990 and 2000, the change rates for all kinds of land use and land cover during 1980– 1990 are much higher. However, the changes in spatial distribution showed a good pattern. Considering on the socioeconomic influence factors, national land use policies, soil and water conservation, economic development, and population growth are identified as the main driving factors for LUCC in the Wei River basin during the past two decades.

Key words: Wei River; LUCC; spatial-temporal characteristics; driving forces

^{*} 收稿日期: 2009-03-09

基金项目: 国家自然科学基金(50579003); “十一五”国家科技支撑计划资助项目(2006BAB06B01-09-01)

作者简介: 程磊(1982–), 男, 湖北丹江口市人, 在读博士生, 主要研究流域水沙过程分布式模拟。E-mail: charlie@mail.bnu.edu.cn

通信作者: 徐宗学(1962–), 男, 山东淄博人, 教授, 博士生导师, 主要从事水文与水资源相关研究。E-mail: zxxu@bnu.edu.cn

人类对自然景观的改变和土地利用方式的改变等土地开发利用活动已经深刻地改变了地球表面的植被覆盖状况^[1-2], 据 NASA 研究表明, 全球 1/3~1/2 的陆地表面已经被人类活动所改变^[3]。水文循环作为联结气候系统中各圈层联系的重要纽带, 土地利用/覆被变化 (Land Use/Cover Change, LUCC) 是影响区域水文形势的重要因素之一^[4-8], LUCC 对不同时间和空间尺度的水文循环都会产生一定的影响^[9-12]。随着人口的增长和经济社会的发展, 人类活动对水资源影响的反馈作用不断加大^[13], 土地利用/覆被变化对流域水沙过程的影响机理已成为亟待研究的问题^[5, 11, 14]。因此, 研究流域内 LUCC 的时空变化特征对于揭示流域内水沙变化、构建区域生态安全格局等有十分重要的意义。

渭河是黄河流域的第一大支流, 1970s 之后, 渭河流域来水来沙呈现出减少趋势, 尤其是 90 年代以后, 但是变化趋势的时空分布并不一致^[15-16], 呈现出水量减幅较沙量大; 水沙分异加重; 汛期水量减少趋势明显等特点。许多学者指出, 水土保持工程、引提水灌溉工程、毁林开荒等人类活动导致下垫面的改变是影响渭河流域水沙变化的主要因素^[17-19], 但是定量研究渭河流域下垫面变化速率及其空间分布的工作较少, 以土地利用时空变化定量化研究为基础来揭示土地利用时空变化的驱动力更为少见。该文利用 80 年代初、90 年代初和 2000 年的土地利用图并借助 ArcGIS 等软件对渭河流域约 20 年来的 LUCC 时空变化特征进行分析, 探讨渭河流域 LUCC 变异规律, 在定量化描述 LUCC 的基础上简单分析变化的驱动力, 将为揭示 LUCC 时空变化格局对水沙变化趋势影响的有关研究工作奠定基础。

1 研究区概况

渭河是黄河流域面积最大、水量最多的支流, 本文研究的范围包括渭河、泾河、北洛河整个渭河流域, 地跨陕、甘、宁三省 (区), 集水面积达到 13.48 万 km²。流域水系呈不对称羽毛状分布, 北岸源远流长, 积水面积大, 南岸源短流急集水面积小, 详见图 1。

渭河流域地处湿润区与干旱区的过渡地带, 多年平均 (1954–2000 年) 降水量 572 mm^[21], 降水空间分布呈现南多北少, 时间分配上也极不均匀, 下游降水量是上游的 1.4 倍, 汛期降水量占全年的 79.4%^[19]。渭河流域多年平均 (1956–2000 年) 天然径流量 100.40 亿 m³^[21], 占黄河流域天然径流量 580 亿 m³ 的 17.3%。其中渭河干流林家村站、咸阳站、华县站分别为 25.25, 54.05, 88.09 亿 m³; 泾河张家山站 17.23

亿 m³, 北洛河淤头站 9.96 亿 m³。渭河流域多年平均 (1970–2000 年) 来沙量为 4.57 亿 t^[21], 其中泾河 2.46 亿 t, 北洛河 0.85 亿 t, 干流咸阳站 1.26 亿 t。

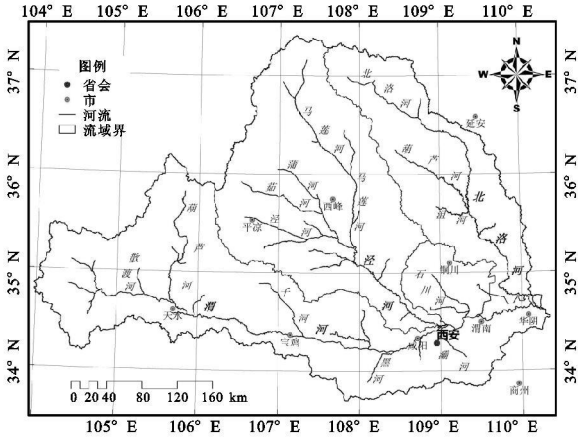


图 1 渭河流域水系及站点分布图

流域地势东低西高, 地质地貌复杂多样, 主要有黄土丘陵沟壑区、黄土阶地区、河谷冲积平原区、土石山区等 4 大地貌类型区。土壤大多是在黄土母质上发育而成, 土类有黄绵土、黑垆土、棕壤褐土等, 山区以褐土分布为主。流域属温暖落叶阔叶林带, 森林破坏殆尽, 目前主要植被有天然次生林和荒地草山草坡; 次生林分布在秦岭北坡及六盘山分水岭一带, 荒地草山草坡在全区均有分布, 占流域面积 20% 左右, 成片人工林郁闭度在 0.5 以上, 占流域面积的 10% 左右^[19]。

2 基础数据

根据中国科学院资源环境科学数据中心 1:25 万 DEM 数据集, 并借助于 ArcMap 水文分析模块生成渭河流域数字河网并划分子流域, 生成的水系如图 1 所示, 与实际情况吻合较好, 生成流域总面积 13.485 万 km²。基础空间土地利用/覆被数据也来源于中国科学院资源环境科学数据中心, 有 80 年代初 (代表 1980 年)、90 年代初 (代表 1990 年) 和 2000 年三个典型时期数据, 共分为耕地、林地、草地、水域、建设用地和未利用土地等 6 大类, 用于数据分析的网格大小为 100 m × 100 m。空间数据处理完成后, 借助 ArcGIS 地图代数与统计功能计算, 并用 Excel 进行图表分析。不同年代的面积构成及其面积变化净值如表 1 所示。

从表 1 可以看出, 渭河流域主要土地利用类型为耕地, 约占 50%, 其次是草地和林地, 建设用地、水域和未利用土地面积比重均很小, 三个不同时期内地类间面积比重关系未发生较大变化。从面积变化来看, 1980–2000 年, 草地、建设用地、水域和未

利用土地均呈增长趋势,耕地和林地面积持续减少。其中草地增幅最大,达到 2.094 万 km²;耕地和林地减幅分别达到了 1.353 万 km²、1.107 万 km²;建设用地增速最快,增长了 8.53 倍之多。从前后两个时

段来看,1980– 1990 年间的变化明显比 1990– 2000 年间的变化剧烈,除水域面积比前十年变幅大之外,其他地类的变化幅度明显小于前十年,林地几乎没有发生变化。

表 1 渭河流域不同年代土地利用/覆被面积构成及其变化净值

地类	面积/万 km ²			面积百分比/%			面积变化净值/万 km ²		
	1980	1990	2000	1980	1990	2000	1980– 1990	1990– 2000	1980– 2000
耕地	7.275	6.421	5.922	53.95	47.62	43.92	– 0.854	– 0.499	– 1.353
林地	3.221	2.120	2.114	23.88	15.72	15.68	– 1.101	– 0.006	– 1.107
草地	2.891	4.637	4.985	21.44	34.39	36.97	+ 1.746	+ 0.348	+ 2.094
水域	0.046	0.065	0.099	0.34	0.48	0.73	+ 0.019	+ 0.034	+ 0.053
建设用地	0.040	0.221	0.341	0.30	1.64	2.53	+ 0.181	+ 0.120	+ 0.301
未利用地	0.012	0.021	0.024	0.09	0.15	0.18	+ 0.009	+ 0.003	+ 0.012

为了更好地分析 1980– 2000 年间土地利用/覆被时空变化规律,并使之能够与水沙变化建立联系,根据渭河流域水系分布借助于 AvSWAT 将研究区划分为 83 个子流域进行分析,子流域的划分详见图 1,空间特征基于子流域进行比较分析。

3 LUCC 时空变化特征分析

3.1 土地利用/覆被转移矩阵

转移矩阵是国内外通用的一种揭示土地利用/覆被类型间变化方向的方法,能够全面而具体地反映变化的结构特征和各类型之间转移的方向^[22-24],矩阵中行列元素表达的意义十分明确,并且有明显的行列统计关系,通常以表格的形式给出。转移矩

阵的意义在于它不仅可以反映各个时期土地利用类型结构,同时还可以反映不同地类之间的转移变化情况,可以更好地了解土地利用类型转移的来源及构成^[22-24]。转移矩阵的数学形式为:

$$S_{ij} = \begin{bmatrix} S_{11} & S_{12} & \cdots & S_{1n} \\ S_{21} & S_{22} & \cdots & S_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ S_{n1} & S_{n2} & \cdots & S_{nm} \end{bmatrix} \quad (1)$$

式中: S ——面积; n ——土地利用的类型数目; i, j ——研究区初、末的土地利用类型; S_{ij} ——研究区初、末第 i 类土地转化为第 j 类的面积。由转移矩阵的意义可知第 i 行之和为基准期土地利用第 i 类的面积,第 j 列为研究期土地利用第 j 类的面积。

表 2 渭河流域不同时段土地利用/覆被转移矩阵

时段	地类	耕地	林地	草地	水域	建设用地	未利用地
1980– 1990	耕地	47193.22	2989.72	20327.34	420.74	1711.91	111.40
	林地	4092.22	15966.71	12047.44	35.57	50.69	15.21
	草地	12562.75	2166.37	13887.79	88.69	152.65	55.20
	水域	265.06	26.76	66.38	91.63	7.89	0.13
	建设用地	73.94	19.97	15.21	4.32	285.53	0.27
	未利用地	26.45	31.63	28.92	4.17	1.77	23.35
1990– 2000	耕地	49061.73	1621.69	11482.83	325.73	1677.89	43.77
	林地	1155.61	17198.54	2723.83	64.08	50.73	8.37
	草地	8256.48	2258.43	35450.35	161.05	204.55	42.22
	水域	136.87	19.82	52.56	424.03	11.25	0.59
	建设用地	589.06	35.49	110.24	11.64	1463.10	0.91
	未利用地	22.84	5.54	33.45	1.95	1.57	140.21
1980– 2000	耕地	43175.08	3301.09	22767.44	613.35	2768.72	128.74
	林地	4107.39	15512.91	12405.47	89.83	77.6	15.52
	草地	11612.03	2252.17	14565.20	163.95	255.62	64.70
	水域	242.88	25.49	68.54	111.75	9.05	0.14
	建设用地	62.03	19.71	16.89	4.20	296.09	0.32
	未利用地	23.19	28.31	29.76	6.37	2.01	26.65

由表 2 转移矩阵可得到各个时期土地利用/ 覆被的来源及构成, 1980– 1990 年间, 减少的耕地面积主要流向了林地和草地, 分别为 2 989. 72 km² 和 20 327. 34 km²; 减少的林地主要流向了耕地和草地, 分别达到了 4 092. 22 km² 和 12 047. 44 km²; 水域和建设用地面积增长的主要来源是耕地, 而未利用土地的增长来源主要是草地。与 1980– 1990 年的变化相比, 1990– 2000 年地类间的主要流向与来源没有发生任何改变。从总体上看, 耕地、林地和草地之间大量转移是渭河流域 LUCC 的主要特征, 水域和建设用地面积增长的最大来源是耕地, 而耕地、林地、草地对未利用土地面积增加的贡献大致相当。

3.2 综合土地利用动态度

综合土地利用动态度指数综合考虑了研究时段内地类之间的转移, 着眼于变化的过程而不是变化的结果, 其意义在于反映区域土地利用变化的剧烈程度, 便于在不同空间尺度上找出土地利用变化的热点区域。为了更好地反映渭河流域综合土地利用动态度的总体态势, 计算公式采用朱会义和李秀彬两位学者修正的数学表达式^[22]:

$$LCr = \frac{\sum_{i=1}^n \Delta L U_{i-j}}{\sum_{i=1}^n L U_i} \times 100\% \tag{2}$$

式中: $L U_i$ ——研究期初 i 类地类面积; $\Delta L U_i$ ——研究期内 i 类地类转移为 j 类地类的面积; T ——研究时段, 当用年表示模型结果时, 即为区域研究时段内土地利用年综合变化率。

由综合土地利用动态度的定义, 借助于 ArcGIS 进行地图代数运算得到三个不同时期的综合土地利用动态度图如附图 1 所示。

从三个不同研究阶段的土地利用/ 覆被动态度图来看, 渭河流域土地利用变化的剧烈程度呈现出明显的区域特征, 各个子流域间也存在较大的区别。总体上看, 1980– 1990 年土地利用变化的剧烈程度 (4. 61 ~ 65. 13) 明显高于 1990– 2000 年 (9. 06 ~ 31. 94); 渭河中下游地区、北洛河下游地区在三个研究期内土地利用变化都是最低的, 泾河和北洛河上游都是土地利用变化相对较高的地区。1980– 1990 年间, 北洛河中上游地区是变化较为剧烈的区域, 最剧烈的地区是北洛河刘家河站到交合口之间的区域; 渭河上游漳河、下游灞河也是变化比较剧烈的地区; 而泾河流域的变化子流域之间差异较大; 相对渭河的变化较大。1990– 2000 年间, 变化的区域特征比较明显, 渭河上游葫芦河和散渡河、泾河中游、北洛河上游是变化相对剧烈的地区。从 1980–

2000 年变化图来看, 子流域之间 20 a 的变化与 1980– 1990 年间变化很相似, 这也印证了前 10 a 区域变化较为剧烈而后 10 a 的变化呈现出明显区域特征且程度不大的特点。

3.3 土地利用程度综合指数

土地利用程度综合指数是反映土地利用程度的指数, 其意义在于它能够反映区域土地利用的集约程度, 研究期内该指数的变化反映区域土地利用程度的变化, 常用于土地利用程度综合评价。应用该指数的关键在于土地利用程度的分级与分级指数的设定, 本文中采用刘纪远等人^[25]的研究成果对渭河流域土地利用程度进行分级并确定其分级指数, 将土地利用类型整合为未利用土地、林草水用地、农业用地和城镇聚落用地等 4 级, 并分别将分级指数设定为 1~ 4。土地利用程度综合指数的数学表达式为

$$L = 100 \times \sum_{i=1}^n A_i \cdot C_i \tag{3}$$

式中: L ——土地利用程度综合指数; A_i ——第 i 级土地利用程度分级指数; C_i ——第 i 级土地利用程度分级面积百分比; n ——土地利用程度分级数。

由土地利用综合程度指数的定义, 借助于 ArcGIS 进行地图代数运算得到三个不同时期的综合程度指数图如附图 2 所示。

从附图 2 三个不同时期的土地利用综合程度图可以看出, 土地利用综合程度变化范围相差不大, 均在 210~ 310 之内, 子流域之间的差别较大。土地利用集约化程度高的区域比较集中, 集中程度较高的地区有渭河上游葫芦河和散渡河、渭河下游关中平原、泾河中游部分子流域和北洛河下游地区等, 而且土地利用综合程度高的地区均为发达的大城市地区和人口较为密集的地区。前后十年比较来看, 渭河上游渭源、陇西地区、泾河中上游地区后 10 a 的土地集约化程度有所降低, 其他地区变化不大。

3.4 单一土地利用变化率(动态度)

单一土地利用类型变化率(亦即动态度) 是用来表达研究区一定时间内某种土地利用类型的数量变化情况, 直接反映了土地利用类型变化的幅度和速度。由于各种用地类型相同而面积基数不同, 单一土地利用变化率高的类型只是变化快的类型, 而不一定是区域变化的主要类型。为了更好地反映单一地类的变化, 时段变化率仍然采用朱会义和李秀彬两位学者修正的计算公式^[22]:

$$K_T = \frac{U_b - U_a}{U_a} \times 100\% \tag{4}$$

式中: K_T ——研究时段内某一地类动态度; U_a , U_b ——研究期初、末某一地类的数量。

由单一地类变化率的定义,借助于 ArcGIS 进行地图代数运算得到耕地、林地和草地三种主要地类变化率的空间图见附图3–5。

渭河流域“四山”(秦岭、六盘山、子午岭和黄龙山系、崂山)夹“三川”(渭河、泾河、北洛河)的地理格局使得三种地类的分布地区比较集中,林地集中分布在渭河南岸(秦岭北坡)、六盘山、子午岭、黄龙山及崂山山区,草地集中分布在泾河和北洛河中上游地区的农牧混合区域,而耕地主要集中在渭河上游葫芦河地区、渭河中下游关中地区、泾河和北洛河中下游地区等气候、水土较好的黄土高原地区。从不同子流域单一地类的变化率图来看,不同子流域间变化的差别比较大,变化的幅度也不尽相同。虽然耕地和林地都呈现出总体减少的趋势,草地有增加的趋势,但是三种地类不同地方有增有减各不相同,而不是全流域范围内的变化。

1980–1990年间,耕地、林地和草地的变化率区域间差别比较大,变化范围差别也较大。草地减少区域集中在渭河上游漳河、榜沙河、葫芦河右岸、下游大峪河、泾河中下游四郎河、红崖河、北洛河白水河以下地区,减幅最大达到50%,增幅最高地区在渭河和北洛河中游,达到4~20倍之多。相对草地而言,耕地和林地的减少几乎是全流域性的,增长的区域较少。耕地增长的区域主要分布在靠近山区的子流域,增幅在10%左右;耕地减少的区域则是除上述地区外的其他区域,大部分地区的减幅在25%左右。林地的变化两级分化比较大,减幅在25%~75%的地区较多,分布在渭河和泾河中下游、北洛河中游地区;增幅在一倍左右的地区分布在渭河和泾河上游大部分地区。

1990–2000年间,三种主要地类的变化率都明显小于1980–1990年间的变化速率,耕地、林地和草地变化率较大的区域各不相同。从耕地变化率图来看,减少的区域较增加的区域稍多,但是耕地增加面积在5%以内,而减少的变化率在8%~16%区间内的面积居多。从区域来看,渭河上游、泾河和北洛河中游的黄土高原地区是减幅较大的区域,均在–10%左右。与耕地相比,林地在1990–2000年间面积增长的区域要多于面积减少的区域,从增减区域对比来看,增长的地区都是林地面积基数较小的地区,所以1990–2000年间呈现出林地增长区域多于减少的区域而总面积减小0.28%。从附图5可以看出,1990–2000年间草地的变化呈现出了绝大部分区域都是增加的,只有3个小流域出现–5%的变化。从增长空间分布来看,5%以内增幅区域主要

分布在泾河上游和北洛河上中游,5%~10%增幅的区域主要分布在渭河和泾河中下游,渭河上游地区增幅最大达到了50%。

从附图3–5来看,1980–2000年20a间的变化率图中各子流域差异特征要比前后十年的特征都要显著,变化较大的地区与1980–1990年间的区域比较吻合,这也说明了渭河流域1980–1990年间土地利用变化比1990–2000年间的变化要剧烈得多。

4 主要地类时空变化驱动力浅析

土地利用变化是一个非常复杂的过程,驱动因素可以概括为自然系统和社会系统两个方面。从作用的方式和强度来看,自然环境条件起主导作用,在较大的时空尺度上作用于LUCC;与人类活动相关的经济、社会、土地管理等方面的因素起着决定性的作用,在较小的时空尺度上作用明显。从本文研究的时空尺度来看,自然系统驱动力影响较小。因此,本文主要从社会系统驱动力方面浅析LUCC在时间和空间尺度上的驱动力。基于时空演变特征分析可以看出,渭河流域1980–2000年间LUCC驱动力主要来自于国家政策、水土保持、经济发展和人口增长等因素,而作用的方式不同,使得LUCC在时空尺度上有较大差异。

4.1 时间尺度变化驱动力分析

1980–1990年间,土地利用动态度大的地区分布在中上游黄土高原地区,这些地区耕地和草地的变化率较大;1990–2000年间动态度较大的地区均集中在上游地区,而这些地区林地、草地的变化率较大,这种前后10a的明显差异主要是受国家政策驱动。80年代随着农村推行的土地联产承包责任制,农村经济有了较大发展,较为适宜草地、林地、河滩、荒坡等都被大面积的围垦,森林遭到了砍伐,这就使得上中游地区非城镇区域变化较为剧烈。而后10a变化的政策驱动主要力量来自于水土保持,1991年正式颁布《水土保持法》之后,水土保持规划工作走上了法制轨道,多部委先后制定了一系列国家重点区域到小流域的多级区域规划体系,水土保持工作的大力开展使得1990–2000年间上游地区草地和林地面积增长趋势明显。

除了政策驱动因素外,80年代以来经济体制改革和不断增强的环境保护意识对LUCC也有一定的影响。经济的高速发展使得城镇建设用地急剧增长,农副产品需求多元化也导致了农民的生产活动由单一的粮食生产转变为与蔬菜种植、果园等经济作物相结合;土壤侵蚀、草地退化等带来的土地退化

问题逐渐受到重视,环保意识不断增强,坡面整治、水保林、封禁治理等措施及“山川秀美”工程等都有效保护了水土流失地区脆弱的生态环境。这方面的驱动体现在 1990–2000 年与前 10 a 相比,耕地优势地区向林地和草地转移较为明显,林地优势地区的减幅明显减小,而大城市地区土地利用集约程度明显提高。

反映土地利用集约程度的综合程度指数能够很好地体现经济发展结构和水平在时间上对 LUCC 的影响,20 a 间,大城市所在区域西安、咸阳、华阴等地区土地利用综合程度指数不断增加、范围不断扩大。这些地区是建设用地增长最快的地区,也是经济高速发展和居住人口增加影响土地利用覆被变化最明显的地区。

4.2 空间演变特征驱动力分析

渭河流域耕地、林地和草地三种主要地类约占整个流域的 95%,“四山夹三川”的自然地理格局决定了这三种地类分布的优势区域。从空间上看,耕地、草地和林地的优势地区 20 a 间都呈现减少趋势,林地优势地区转变为耕地和草地趋势明显,耕地占优势的黄土高原地区林地和草地面积增加比较明显。

耕地转变为林地在水土流失严重的渭河上游葫芦河地区、泾河中上游地区非常显著,1980–1990 年间较为剧烈一些,耕地转变成草地仅在渭河上游地区比较明显,特别是 1990–2000 年间,耕地增加区域 1980–1990 年间主要来自于子午岭地区的林地,这种空间分布规律主要受到国家政策和经济发展的驱动。80 年代,土地所有制改革和农村人口的持续增加使得山区的荒山、荒坡遭到围垦的情况比较明显;90 年代,因为水土流失和草地退化等问题日益突出,国家和地方对水土保持大面积的治理和种植结构的调整使得耕地向草地、林地的变化较为显著,而水土保持对土地利用的改变也直接影响了区域来水来沙的变化。

对于林地和草地来说,林地占优势的地区耕地和草地的比重都有所增加,而在耕地占优势的地区,1990–2000 年间林地和草地的增加也较为明显,从整个流域范围来看,草地一直增加,林地前 10 a 明显减少而后 10 a 几乎维持不变。这种空间差异性主要是经济发展带来的冲击,土地联产承包责任制、经济发展对农副产品需求的增加和人口持续地增长使得林地和草地优势地区面积减少。

5 讨论

在 ArcGIS 等软件的支持下,利用渭河流域

1980 年、1990 年和 2000 年的土地利用图,对渭河流域约 20 a 来的 LUCC 时空变化特征进行了分析,并基于子流域分析了 LUCC 时空格局及其变化规律。其结果表明:渭河流域在 1980–2000 年这 20 a 间土地利用/覆被发生了较大变化,尤其是 1980–1990 年间,而且变化的时空格局区域之间差异比较明显。从整个流域范围来看,变化率由大到小依此为建设用地、未利用土地、水域、草地、林地和耕地,变化的主要地类是耕地和草地;从综合土地利用动态指数来看,1980–1990 年土地利用变化的剧烈程度明显高于后 10 a;从土地利用程度综合指数看变化范围相差不大,但子流域之间的差别较大,土地利用集约化程度高的区域比较集中,且均为大城市地区和人口较为集中的地区。转移矩阵和主要地类的变化率图能够很好地阐释和印证整体建模指标反映出来的规律和特征,转移矩阵详尽地阐释了三个时期地类面积变化净值的来源及构成,附图 3–5 清晰地印证了综合土地利用程度和土地利用综合程度指数反映出的规律和特征。此外,论文基于 LUCC 时空演变特征分析了渭河流域 1980–2000 年间 LUCC 驱动力,国家政策、水土保持、经济发展和人口增长等因素主要驱动力作用的方式不同,使得 LUCC 在时间和空间尺度上有较大差异。本文的研究为 LUCC 驱动力分析、揭示 LUCC 时空格局对水沙变化趋势的影响研究奠定了基础。从 LUCC 入手揭示土地利用变化对水沙过程的影响规律是非常有意义的,也是进一步研究的方向。

参考文献:

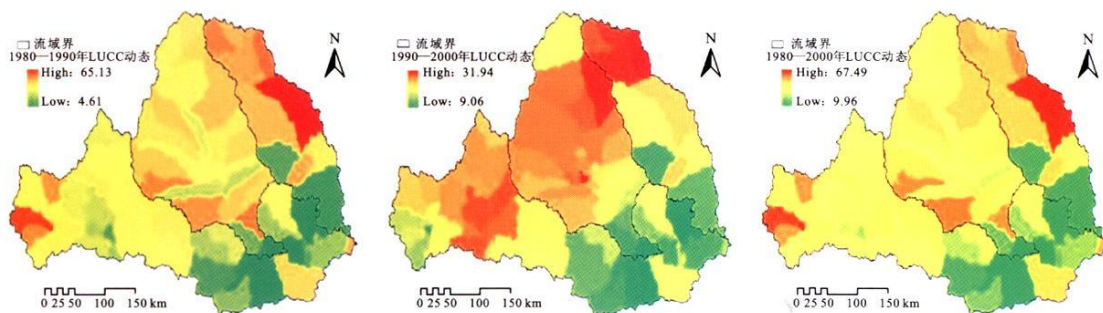
- [1] Foley J A, DeFries R, Asner G P, et al. Global Consequences of Land Use[J]. Science, 2005, 309(5734): 570–574.
- [2] Roger A, Pielke S. Land Use and Climate Change[J]. Science, 2005, 310(5754): 1625–1626.
- [3] NASA Earth Observatory News Feature. Tropical Deforestation Affects Rainfall in the U. S. and Around the Globe [EB/OL]. 2005. <http://www.nasa.gov>. 2007-05.
- [4] 夏军, 谈戈. 全球变化与水文科学新的进展与挑战[J]. 资源科学, 2002, 24(3): 1–6.
- [5] 夏军, 左其亭. 国际水文科学研究新的进展[J]. 地球科学进展, 2006, 21(3): 256–261.
- [6] 张建云, 王国庆. 气候变化对水文水资源影响研究[M]. 北京: 科学技术出版社, 2007: 184–186.
- [7] 史培军, 袁艺, 陈晋. 深圳市土地利用变化对流域径流的影响[J]. 生态学报, 2001, 21(7): 1041–1049.

(下转第 30 页)

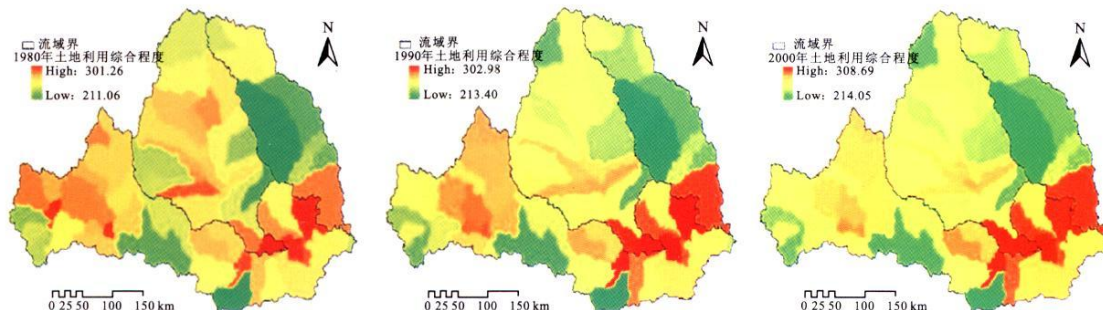
- 保持规划中的应用[J]. 水资源与水工程学报, 2007, 18(6): 32-35.
- [17] 傅伯杰, 陈利顶, 马克明, 等. 景观生态学原理及应用[M]. 北京: 科学出版社, 2001: 178-179.
- [18] 肖笃宁, 李秀珍. 景观生态学的学科前沿与发展战略[J]. 生态学报, 2003, 23(8): 1615-1621.
- [19] 岳隽, 王仰麟, 彭建. 城市河流的景观生态学研究: 概念框架[J]. 生态学报, 2005, 25(6): 1422-1429.
- [20] 傅伯杰, 赵文武, 陈利顶, 等. 多尺度土壤侵蚀评价指数[J]. 科学通报, 2006, 51(16): 1936-1943.
- [21] 邱扬, 傅伯杰. 异质景观中水土流失的空间变异与尺度变异[J]. 生态学报, 2004, 24(2): 330-337.
- [22] 索安宁, 洪军, 林勇, 等. 黄土高原景观格局与水土流失关系研究[J]. 应用生态学报, 2005, 16(9): 1719-1723.
- [23] 邹爱平, 陈志彪, 陈志强. 水土流失景观空间自相关与自相似的尺度特征分析: 以长汀县根溪河小流域为例[J]. 国土与自然资源研究, 2007(3): 31-33.
- [24] 甘枝茂, 孙虎, 吴成基. 论城市土壤侵蚀与城市水土保持问题[J]. 水土保持通报, 1997, (10): 57-62.
- [25] 唐克丽. 城市水土流失和城市水土保持[J]. 水土保持通报, 1997, 17(2): 封二.
- [26] 王仰麟. 景观生态系统及其要素的理论分析[J]. 人文地理, 1997, 12(1): 1-5.
- [27] 孙希华. 济南城市扩展对水土流失的影响研究[J]. 水土保持研究, 2004, 11(1): 50-53.
- [28] 张丽萍, 唐克丽. 工程建设加大坡面系统潜在侵蚀能力的研究[J]. 水土保持通报, 1997, 17(2): 27-34.
- [29] 王继增, 吴志峰, 朱立安, 等. 关于城市水土流失研究若干问题的探讨[J]. 水土保持通报, 2005, 25(4): 106-110.
- [30] 吴长文, 欧阳菊根, 欧阳毅. 开发建设平土区的水土流失等级划分[J]. 土壤侵蚀与水土保持学报, 1996, 2(3): 8-14.
- [31] 王志明. 关于城市化土壤侵蚀等级划分综合评判模型的探讨[J]. 水土保持研究, 1998, 5(2): 131-135.
- [32] 姜德文. 水土保持学科在实践中的应用与发展[J]. 中国水土保持科学, 2003, 1(2): 88-91.
- [33] 陈俊华, 何政伟, 向成华, 等. 二滩库区(盐边)土地利用景观格局及水土流失动态研究[J]. 水土保持通报, 2008, 28(5): 74-80.
- [34] 陈利顶, 傅伯杰, 徐建英, 等. 基于“源-汇”生态过程的景观格局识别方法: 景观空间负荷对比指数[J]. 生态学报, 2003, 23(11): 2406-2413.
- [35] 刘世梁, 傅伯杰. 景观生态学原理在土壤学中的应用[J]. 水土保持学报, 2001, 15(3): 102-106.

(上接第 6 页)

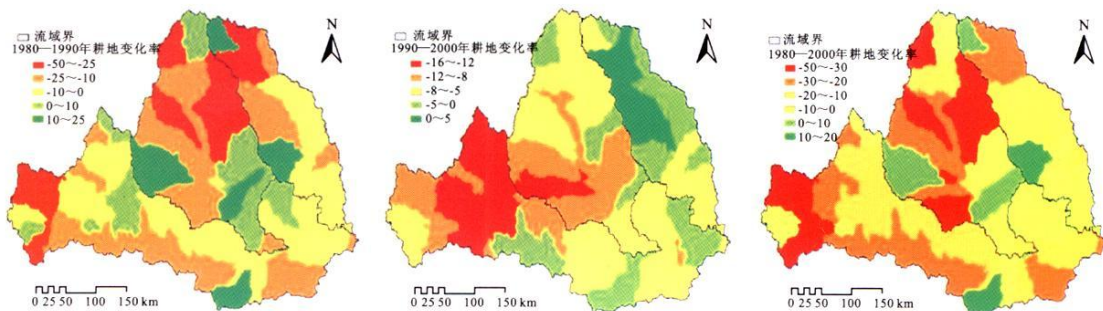
- [8] 李秀彬. 土地覆被变化的水文水资源效应研究: 社会需求与科学问题[C]//中国地理学会自然地理专业委员会编: 土地覆被变化及其环境效应研究. 北京: 星球地图出版社, 2002: 1-6.
- [9] Archer D R. Scale effects on the hydrological impact of upland afforestation and drainage using indices of flow variability: The River Irthing, England[J]. Hydrology Earth System Science, 2003, 7(3): 325-338.
- [10] William B M, Turner H B L. Changes in land use and land cover: A global perspective[M]. Great Britain: the University Press, Cambridge, 1994: 238-249.
- [11] Defries R, Eshleman K N. Land use change and hydrologic process: a major focus for the future[J]. Hydrological Process, 2004, 18: 2183-2186.
- [12] Eric F L, Helmut G. Land use and Land-cover Change: Local Process and Global Impacts[M]. Germany: Springer-verlag Berlin G edelberg, 2006: 104-116.
- [13] 《气候变化国家评估报告》编写委员会. 气候变化国家评估报告[M]. 北京: 科学出版社, 2007: 202-203.
- [14] 李昌峰, 高峻峰, 曹慧. 土地利用变化对水资源影响研究的现状和趋势[J]. 土壤, 2002, 34(4): 191-196, 205.
- [15] 李文家, 杨含侠, 杨希刚. 渭河流域治理存在的问题和主要认识[J]. 人民黄河, 2006, 28(6): 61-62, 66.
- [16] 胡安焱, 刘燕, 郭生练, 等. 渭河流域水沙多年变化及趋势分析[J]. 人民黄河, 2007, 29(2): 39-41.
- [17] 马勇, 秦百顺, 王宏, 等. 渭河水沙变化及其影响因素分析[J]. 水土保持研究, 2002, 245(8): 18-20.
- [18] 冉大川, 刘斌, 罗全华, 等. 泾河流域人为活动对水沙变化的影响分析: 兼议泾河流域治理方略[J]. 水土保持学报, 2001, 15(6): 32-35.
- [19] 李勇, 董雪娜, 张晓华, 等. 黄河水沙特性变化研究[M]. 郑州: 黄河水利出版社, 2004: 221-245.
- [20] 渭河流域水资源[EB/OL]. <http://www.chinawater.com.cn/ztgz/xwzt/2007whlt/>. 2008-10.
- [21] 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.
- [22] 史培军, 宫鹏. 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: 105-123.
- [23] 王秀兰, 包玉海. 土地利用动态变化研究方法探讨[J]. 地理科学进展, 1999, 18(1): 81-87.
- [24] 王思远, 刘纪远, 张增祥, 等. 中国土地利用时空特征分析[J]. 地理学报, 2001, 56(6): 631-639.



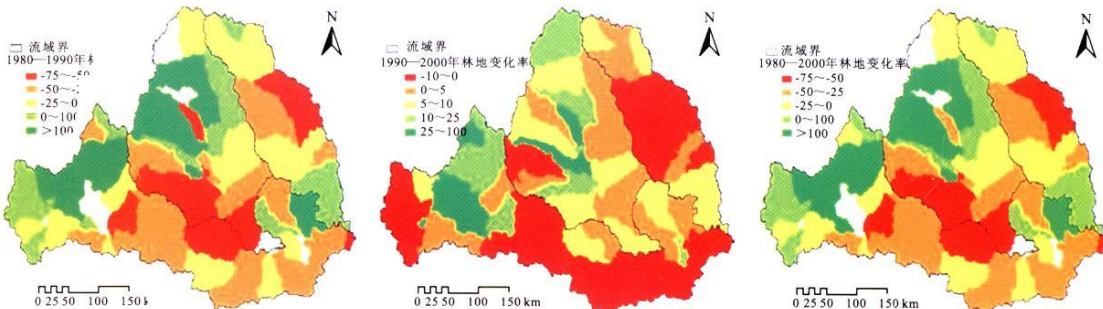
附图1 不同年份综合LUCC动态变化



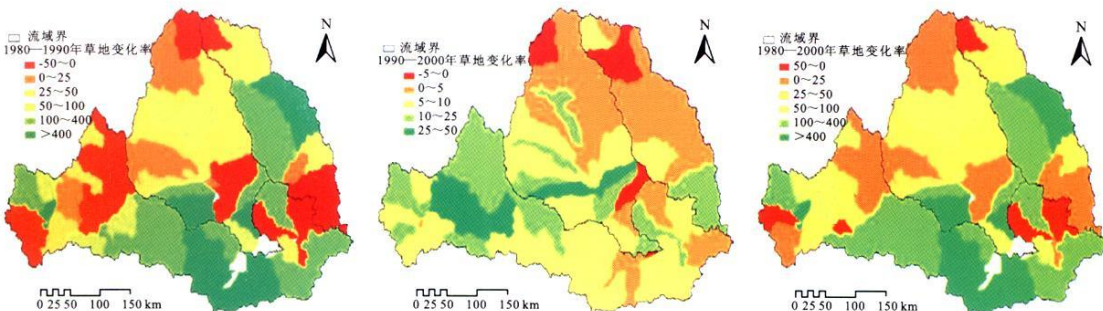
附图2 不同年份土地利用综合程度图



附图3 不同年份耕地变化率



附图4 不同年份林地变化率



附图5 不同年份草地变化率