

# 嘉陵江流域土地利用/覆被变化特征及其驱动力分析

齐师杰<sup>1a</sup>, 张行南<sup>1a,1b</sup>, 夏达忠<sup>1a,1b</sup>, 刘扬扬<sup>1a</sup>, 刘伯娟<sup>2</sup>

(1. 河海大学 a. 水文水资源学院; b. 水资源高效利用与工程安全国家工程研究中心, 南京 210098;

2. 江苏省水文水资源勘测局 常州分局, 江苏 常州 213300)

**摘要:**在 GIS 技术平台上,通过建立指数模型,对嘉陵江流域 1980、1995 和 2000 年 3 个时期的土地利用/覆被时空变化特征进行了定量研究,并进一步分析了嘉陵江流域土地利用/覆被变化的驱动因素。结果表明:研究区土地利用类型以耕地、林地和草地为主,这 3 种植被类型之间的相互转化是流域土地利用/覆被变化的主要方式。自 1980—2000 年,耕地和林地面积先减少后略有增加,草地先增加后减少,建设用地逐年增加,其他地类变化不明显。分析表明,嘉陵江流域土地利用/覆被变化的驱动力主要为自然因素、经济因素、人口因素及宏观政策和工程建设,各因素之间相互影响和制约,共同影响流域土地利用格局的变化。

**关键词:**嘉陵江流域;土地利用/覆被变化;指数模型;驱动力

**中图分类号:**S157.2

**文献标志码:**A

**文章编号:**1001-5485(2013)01-0001-07

20 世纪 80 年代以来,全球环境变化研究成为国际研究的热点领域之一<sup>[1-4]</sup>。2001 年的 IGBP 科学大会上,特别强调了土地利用/覆被变化(LUCC)在全球环境变化和可持续发展中的重要意义<sup>[5-7]</sup>。在 GIS 技术平台上,运用各种指数模型刻画土地利用/覆被时空变化规律,已经成为当前国际上开展土地利用/覆被研究的常用方法<sup>[8-11]</sup>。一个区域的土地利用格局能够在很大程度上反映该区域的自然资源条件和社会经济发展状况,其时空变化也将对该区域的自然资源条件和社会经济发展产生重要影响<sup>[12-14]</sup>。嘉陵江流域是长江上游重点产沙区之一,近 20 a 的土地利用变化在各种层次和类型驱动力的复杂作用下,其深度、广度以及速度都呈增加趋势,其造成的影响也日益显著<sup>[15-18]</sup>。本文在 Arc-GIS 技术平台的支持下,通过建立指数模型,进行嘉陵江流域土地利用/覆被时空变化特征及其驱动力分析,为该流域的水资源演变研究和生态环境保护工作奠定基础。

## 1 研究区概况

嘉陵江流域是长江水系中流域面积最大的支流,因流经陕西省凤县东北的嘉陵谷而得名。其干流正

源于陕西凤县西北代王山南侧东峪沟;西源西汉水出于甘肃天水市平南川,至陕西略阳两河口二源相合,南经阳平关,至广元县大滩乡入四川省境,至广元县昭化右纳白龙江,再向南过苍溪、阆中、蓬安、南充、武胜等县市。在合川先后汇纳渠江及涪江,于重庆市汇入长江。干流全长 1 100 km,全流域地跨东经 102°35'36"—109°01'08",北纬 29°17'30"—34°28'11",穿越川、陕、甘 3 省,总流域面积 157 928 km<sup>2</sup>。嘉陵江是长江支流中流域面积最大,长度仅次于汉水,流量仅次于岷江的大河;其水系呈树枝状,东西基本对称;支流众多,流域面积在 500 km<sup>2</sup> 以上的一级支流就有 17 条,如东河、西河、白龙江及涪江、渠江等(图 1)。

## 2 研究方法

### 2.1 数据来源

本文选取的数据源为中科院资源与环境数据中心提供的 1980、1995 和 2000 年 3 期全国 1 km 网格土地利用数据。该数据由中国 1:100 000 土地利用数据库生产,以航天遥感为手段,在 3 a 内基于 Landsat MSS, TM 和 ETM 遥感数据所建立。运用 RS 和 GIS 相结合的技术进行遥感影像预处理、辐射纠正和集合纠正、图像配准,获得嘉陵江流域各研究时



图 1 嘉陵江流域位置示意图

Fig.1 Map of Jialingjiang River Basin

期的土地利用矢量数据。研究区土地利用/覆被类型划分为耕地、林地、草地、水域、建设用地和未利用土地 6 类。根据嘉陵江流域 1980,1995 和 2000 年的土地利用统计数据,得到 1980—2000 年间流域土地利用类型的基本变化情况(表 1)。

表 1 1980—2000 年嘉陵江流域不同土地利用类型面积及百分比

Table 1 Areas and percentage of land use types in Jialingjiang River Basin in 1980, 1995, and 2000						
土地利用类型	1980 年		1995 年		2000 年	
	面积/km <sup>2</sup>	百分比/%	面积/km <sup>2</sup>	百分比/%	面积/km <sup>2</sup>	百分比/%
耕地	74 487	46. 871	73 613	46. 321	74 479	46. 866
林地	48 852	30. 740	46 617	29. 334	47 938	30. 165
草地	34 214	21. 529	37 250	23. 440	34 932	21. 981
水域	652	0. 410	639	0. 402	681	0. 429
建设用地	311	0. 196	375	0. 236	486	0. 306
未利用土地	402	0. 253	424	0. 267	403	0. 255

2.2 分析方法

土地利用变化的影响因素较多且作用机制复杂,因此建立简化和抽象化的土地利用变化特征与变化规律的指数模型,对于揭示土地利用时空变化规律具有重要的作用,此方法也已经成为当前国际上开展土地利用/覆被研究的新趋势<sup>[8]</sup>。

2.2.1 土地利用数量变化分析

土地资源数量变化可以用单一土地利用动态度来表示,它可以定量描述区域土地利用变化的速度,在比较土地利用比变化的区域差异和预测未来土地利用变化趋势上具有积极作用,其表达式为

$$K = \frac{U_b - U_a}{U_a} \times \frac{1}{T} \times 100\% \quad (1)$$

式中:K 为研究时段内某一土地利用类型动态度;U<sub>a</sub>,U<sub>b</sub> 分别为研究期初及研究期末某一种土地利用类型的数量;T 为研究时段长。

2.2.2 土地利用程度变化分析

土地利用程度不仅反映了土地利用中土地本身的自然属性,同时也反映了人类因素与自然环境因素的综合效应。某研究区土地利用程度综合指数和土地利用程度变化率可分别表达为:

$$I = \sum_{i=1}^n A_i \times C_i \times 100, I \in [100, 400]; \quad (2)$$

$$\Delta L_{b-a} = L_b - L_a =$$

$$100 \times \left( \sum_{i=1}^n A_i \times C_{ib} - \sum_{i=1}^n A_i \times C_{ia} \right) \quad (3)$$

式中:I 为某研究区域土地利用程度综合指数;A<sub>i</sub> 为研究区域内第 i 级土地利用程度分级指数(表 2);C<sub>i</sub> 为研究区域内第 i 级土地利用程度分级面积百分比;n 为土地利用程度分级数。ΔL<sub>b-a</sub> 为自 a 时间至 b 时间内研究区土地利用程度变化量,它可定量揭示该范围土地利用的综合水平和变化趋势。如 ΔL<sub>b-a</sub> > 0,则该区域土地利用处于发展时期,否则处于调整期或衰退期。

表 2 土地利用程度分级及赋值

Table 2 Classification and evaluation result of land use degree

土地利用分级	未利用土地级	林、草、水用地级	农业用地级	城镇聚落用地级
土地利用类型	未利用地、滩地	林地、草地、水体	耕地	建设用地
土地利用类型分级指数	1	2	3	4

2.2.3 土地利用类型转化分析

转移矩阵可全面而又具体地刻画区域土地利用变化的结构、特征与各用地类型变化的方向。该方法来源于系统分析中对系统状态与状态转移的定量描述,为国际、国内所常用。转移矩阵的数学形式为

$$S_{ij} = \begin{bmatrix} S_{11} & S_{12} & \cdots & S_{1n} \\ S_{21} & S_{22} & \cdots & S_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ S_{n1} & S_{n2} & \cdots & S_{nn} \end{bmatrix} \quad (4)$$

式中:S 代表面积;n 代表土地利用的类型数;i,j 分别代表研究期初与研究期末的土地利用类型。转移矩阵的意义在于它被不仅可以反映研究期初、研究期末的土地利用类型结构,同时还可以反映研究时段内各土地利用类型的来源与构成。

3 结果与分析

3.1 土地利用数量变化分析

3.1.1 土地利用变化的幅度分析

由 1980—2000 年间流域土地利用类型的基本情况(表 1)可知:

(1) 研究期内,嘉陵江的土地利用结构没有发生巨大变化,表现出相对的稳定性。

(2) 研究区土地利用类型以耕地、林地和草地为主,三者面积之和在 3 个时期占研究区面积比例分别为99.14%,99.10%和99.01%。但三者的变化趋势略有不同:耕地和林地 在 1980 至 2000 年间呈先减少后略微增加的趋势,但总体变化不大;草地在 1980—1995 年间由21.53% 增加到23.44%,主要原因是此间大量林地转变为草地,之后到 2000 年又下降到21.98%,呈先增加后减少的趋势。

(3) 其它 3 类(水域、建设用地和未利用土地)所占研究区的面积比例相对较小,其中水域在研究期间变化不明显,20 a 间增加了 29 km<sup>2</sup>;未利用土地变化很小,只是在 1980—1995 年之间略有增加,之后到 2000 年又减到 403 km<sup>2</sup>;建设用地呈逐渐增加的趋势,这可能受人为因素影响较为显著。

3.1.2 土地利用变化的速度分析

利用嘉陵江流域 1980,1995,2000 年的土地利用变更数据,通过公式计算得出嘉陵江单一土地利用动态度(表 3)。

表 3 1980—2000 年嘉陵江流域单一土地利用类型动态度

Table 3 The dynamic indexes of single land use type in Jialingjiang River Basin from 1980 to 2000			
土地利用类型	1980—1995 年	1995—2000 年	1980—2000 年
耕地	-0.080	0.240	-0.001
林地	-0.310	0.570	-0.094
草地	0.590	-1.240	0.105
水域	-0.130	1.310	0.222
建设用地	1.370	5.920	2.814
未利用土地	0.360	-1.040	0.001

注:动态度为负值,表示该种土地利用类型是减少的。

由表 3 可知:在 1980—1995 年间,耕地、林地和水域是减少的,且林地减少速度最快(年变化率达 -0.31%)。草地、建设用地和未利用土地都有不同程度的增加,且以建设用地增长速度最快(1.37%),其次为草地(0.59%)。

在 1995—2000 年间:草地和未利用土地呈大幅减少的趋势且速度较快,单一土地利用动态度分别为 -1.24%和 -1.04%。耕地、林地、水域和建设用地都有不同程度的增加,尤以建设用地增长速度最快,其单一土地利用动态度高达5.92%,其次为水域 1.31%、林地0.57%、耕地0.24%。

3.2 土地利用程度变化分析

为真实反映区域的土地利用程度空间变化情况,将整个嘉陵江流域划分为 91 个子流域。根据土地利用程度综合指数的计算公式得到 1980,1995 和 2000 年嘉陵江各子流域各个时期土地利用程度综

合指数的值。结果显示:1980,1995 和 2000 年嘉陵江土地利用综合指数的平均值分别为255.984,255.56和256.136,可知自 1980 年以来的 20 a 间,嘉陵江流域土地利用程度呈先降低后增长的趋势,到 2000 年土地利用程度最高。在 ArcGIS 软件的支持下生成 1980,1995 和 2000 年的嘉陵江流域土地利用程度空间分布图,如图 2 所示。

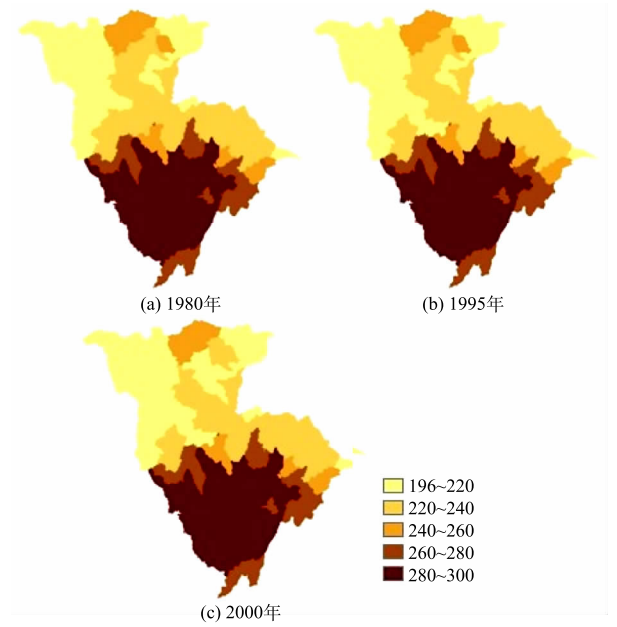


图 2 嘉陵江流域土地利用程度综合指数分区示意图  
Fig.2 Regional difference of land use degree change in Jialingjiang River Basin

图 2 分级表示了嘉陵江各子流域的土地利用程度的空间差异,值越大表示土地利用程度越高。由图可知:嘉陵江流域不同时期土地利用程度在空间分布上具有一致性。白龙江流域和嘉陵江上游流域土地利用程度最低,其次是渠江流域,这是因为嘉陵江上游地区主要为山区,受山区地形和交通不便的限制,该地区不利于农业灌溉和机械化生产。嘉陵江中下游地区人类活动剧烈,经济社会发展水平较高,土地利用程度较高。其中,嘉陵江中下游流域和涪江流域的土地利用程度最高,这与短期人类活动密切相关,其土地利用程度格局与嘉陵江流域经济发展水平有密切的相关性<sup>[13]</sup>。1980 以来的 20 多年,嘉陵江流域土地利用程度总体呈增加趋势,增加明显的流域依次是岷江、白龙江、白水江、白草河、明月江;也存在少数流域土地利用程度降低的现象,降低最明显的是插江流域,羊漠河和清江河土地利用程度也有降低的趋势。

3.3 土地利用类型转化分析

将不同时期研究区各土地利用类型转入和转出的情况以矩阵的形式汇总,利用ArcGIS软件技术,得

到下面的概率转移矩阵(表4、表5)。

表4 1980—1995 年间嘉陵江流域土地利用概率转移矩阵

Table 4 The probability conversion matrix of land use in Jialingjiang River Basin from 1980 to 1995 %						
地类	耕地	林地	草地	水域	建设用地	未利用土地
耕地	96.57	1.59	1.71	0.03	0.10	0.00
林地	2.18	90.23	7.56	0.00	0.02	0.01
草地	1.66	3.65	94.62	0.00	0.02	0.05
水域	6.16	0.38	0.78	92.55	0.12	0.00
建设用地	7.05	0.71	0.64	0.36	91.23	0.00
未利用土地	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	99.95

表5 1995—2000 年间嘉陵江流域土地利用概率转移矩阵

Table 5 The probability conversion matrix of land use in Jialingjiang River Basin from 1995 to 2000 %						
地类	耕地	林地	草地	水域	建设用地	未利用土地
耕地	97.86	1.38	0.53	0.07	0.15	0.00
林地	2.36	93.89	3.74	0.00	0.01	0.00
草地	3.47	8.78	87.73	0.02	0.01	0.00
水域	1.73	0.51	0.34	96.72	0.70	0.00
建设用地	5.27	1.05	2.11	0.15	91.42	0.00
未利用土地	0.00	1.79	3.88	0.00	0.00	94.33

为研究土地利用类型的空间变化分布,本文绘制了1980—1995 年和1995—2000 年嘉陵江流域土地利用变化去向空间分布图(图3)。由表4、表5 和图3 可知:土地利用转移主要是耕地、草地和林地之间的转化。将研究期分为1980—1995 年和1995—2000 年2 个时段来分析。

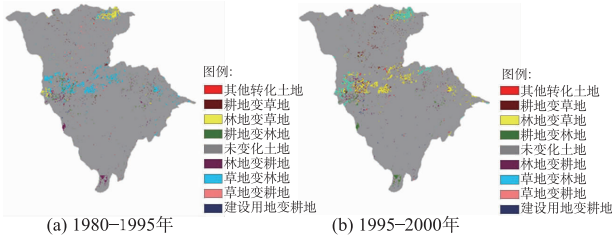


图3 1980—1995 年、1995—2000 年嘉陵江流域土地利用类型变化图斑

Fig.3 Map spots of land use type change in Jialingjiang River Basin in 1980—1995 and 1995—2000

3.3.1 1980—1995 年间嘉陵江流域土地利用转化情况

(1) 此期间主要是林地和草地之间以及耕地和林地之间的相互转化。由于耕地、林地和草地本身面积基数大,所以图3 清楚地显示了三者之间的转化情况:草地大面积转化为林地,林地也有相当一部分转化为草地,其次是耕地与林地之间的相互转化。其中,土地利用变化幅度最大的是林地,其次依次为建设用地、水域、草地、耕地和未利用土地。

(2) 耕地转移方向主要是林地和草地,转移比例分别为1.59% 和1.71%;林地的退化主要是其向草地和耕地的转移造成的,其中有7.56% 的林地转

化为草地,2.18% 的林地转化为耕地,另有小部分转化为建设用地和未利用土地;草地的扩张以林地和耕地为主,研究期间约有3.65% 的草地转化为林地,1.66% 的草地转化为耕地,亦有少量转化为建设用地和未利用土地;水域主要转化为耕地,其转化概率为6.16%,另有0.78% 转化为草地,0.38% 转化为林地,0.12% 转化为建设用地;建设用地的转化相对比例较大,转化的方向主要是耕地,其转化概率为7.05%,另有少量建设用地转化为林地、草地和水域;水域的变化最不明显,只有0.05% 的水域转化为林地,变化不明显。

(3) 就空间变化而言,草地转化为林地,主要分布在涪江、插江、平通河、清江河和大通江流域附近;林地转化为草地,主要集中在永定河和通口河附近流域;林地转化为耕地,主要分布在凯江和小安溪附近流域。其它转化相对分散且面积相对较小。

3.3.2 1995—2000 年间嘉陵江流域土地利用转化情况

(1) 此研究期内转化面积较大的是林地和草地之间的相互转化以及耕地和林地之间的转化。约有3 271.33 km<sup>2</sup> 的草地转化为林地,1 741.68 km<sup>2</sup> 的林地转化为草地,耕地转化为林地和林地转化为耕地的面积差不多持平,分别为1 021 km<sup>2</sup> 和1 098 km<sup>2</sup>。就自身变化比例而言,转化最为明显的是草地,约有12.27% 的草地转化为其他地类;其次是建设用地,但是由于建设用地本身面积基数较小,所以图斑变化不明显。

(2) 耕地主要转化为林地;林地转化的方向主要是草地和耕地,有3.74% 的林地转变为草地,2.36% 的林地转变为耕地;草地主要转化为耕地和林地,转化比例分别为3.47% 和8.78%。其他土地类型由于自身面积基数较小,所以图斑变化不明显。

(3) 就空间变化而言,草地转化为林地,主要分布在永定河、通口河、白草河、平通河和东河流域附近;林地转化为草地,主要集中在永定河、平通河、清江河、广坪河和东河附近流域;林地转化为耕地,主要分布在凯江和小安溪附近流域,退耕还林的趋势可能与人类活动密切相关。

4 土地利用变化驱动力分析

土地利用变化的驱动力主要包括自然环境因子和社会经济因子2 个方面。自然环境因子(地形、地貌、降雨等)主要从宏观尺度上影响土地资源条件和土地利用变化的空间分布格局,社会经济因子



(人口因子、经济增长因子、产业结构调整因子等)受人为因素影响较大且作用机制更加复杂<sup>[19-21]</sup>。综合考虑嘉陵江流域的概况,本文主要从自然因素、经济因素、人口因素和政策因素4个方面分析嘉陵江流域土地利用变化的驱动力。

#### 4.1 自然因素

自然条件在一定程度上决定了土地利用类型的分布并进一步制约人类的社会经济活动。嘉陵江流域地势西、北、东三面较高,东南面高程逐渐降低,地势渐趋平缓。各水系上游均为山区,河谷狭窄,河床比降大,两岸耕地少。干流自广元以下河谷逐渐开阔,地形从深丘逐步过渡到浅丘,河曲、阶地和冲沟发育,与涪江、渠江中下游构成川中盆地,人烟稠密,农业发达。地形地貌、土壤类型等变化对于土地利用的变化起着关键的作用。嘉陵江流域上游地区90%的县为山区县,受山区地形的限制,不利于农业灌溉和机械化生产<sup>[21]</sup>;此外,上游地区是长江流域的两大主产沙区之一(另一个是金沙江下游),而嘉陵江中下游地区则是长江流域的重点水土侵蚀地区之一<sup>[17,22]</sup>。长期以来,人为的破坏森林植被,使流域内的森林资源锐减,生态环境惨遭破坏。解放初期涪江、嘉陵江、渠江流域的森林覆被率分别为33%,29%,35%,而现在分别为10%,17%,16%。森林资源惨遭破坏,流域内的土壤侵蚀面积逐年增加,每年随土壤流失的有机质达237万t,使耕地的肥力减弱。水利工程的长年失修,使有效灌溉不断减少。自“长治”工程以及“退耕还林还草”等政策实施以来,流域内森林面积有所增加,由1995年的46 617 km<sup>2</sup>增加到2000年的47 938 km<sup>2</sup>。

#### 4.2 经济因素

为了发展经济,人类剧烈的开发活动(建设占地、水利占地、弃农转牧等)造成大量优质耕地的减少和退化,不仅导致了生态环境的恶化,而且使土地利用类型也发生了根本性转变。一方面,农民为了寻求更多的经济利益,调整农业生产结构;另一方面,中国城乡经济之间巨大的差距也使得大量农村人口流向城市和大量耕地荒废或非农化,也间接影响着土地利用的格局。1980年以来,嘉陵江流域经济的快速发展推动并加快了城镇化,使得耕地向非农业用途的土地转化,城镇建设用地和交通运输用地面积不断扩大。从空间分布上看,嘉陵江流域上游地区大部分为山区县,薄弱的经济基础不利于农业灌溉和机械化生产,也阻碍上游地区依靠农业资源改变经济发展现状。土地利用变化图斑较大的区域主要集中在嘉陵江下游经济较发达地区——重庆

地区和德阳、绵阳市区,以及甘肃省的天水市。下游地区经济基础较好,有丰富的矿产资源、旅游资源、人力资本,铁路、高速路、国道、省道横贯其间,有利于下游地区经济发展,也间接影响着土地利用格局。其中绵阳位于“成一德一绵”经济带上,与成都相距100多km,受到成都经济的辐射带动作用强,土地利用变化相对较大;天水市作为“关中一天水”经济区的核心城市,其经济发展基础较好,土地利用变化相对周边地区较活跃<sup>[23]</sup>。

#### 4.3 人口因素

人口作为一个独特的因素,是土地利用变化中最具活力的驱动力之一。一方面,人口的增加必然会导致居民点用地和城镇用地的需求增加;另一方面,为了满足快速增长的人口食物需求并实现收入水平的提高,扩大耕地面积也成为客观需求。嘉陵江流域上游人口稀少,人类活动强度相对较弱,而四川盆地成为嘉陵江流域中下游人口密集地,大量少数民族的聚集加上传统的粗放型生产模式和对畜牧业的依赖使嘉陵江流域林地和草地破坏较为严重。以四川盆地为例,自1985年以来,由于人口持续增长的巨大压力以及人类从事各种社会经济活动的加剧,造成种植业的发展与农耕区的扩张,必然导致森林植被的不断缩减。四川盆地长期以来强大的人口压力和人类活动的影响是造成该区林地变化最为显著的主要原因。

#### 4.4 宏观政策和工程建设

宏观政策方针和工程建设等,对土地利用/覆被的空间分布也有着深远影响。针对由于盲目发展造成不断恶化的生态环境,1988年国务院批准的“长治”工程使得水土流失现象出现明显好转。嘉陵江流域自1989至1996年间开展了50个县的治理工作,共治理2 1361 km<sup>2</sup>,治理程度为25.79%。措施包括坡地改梯田、水土保持林、补植经济果木林等<sup>[21]</sup>。在小型水利水土保持方面,修塘堰70 793座,谷坊3 828座,蓄水池94 998座,排灌渠22 787 km,截水沟9 679 km,沉沙池1 567 756个,总工程量 $19\,559.27 \times 10^4$  m<sup>3</sup>。嘉陵江流域大规模的水土流失治理收到显著成效<sup>[18,22]</sup>。20世纪90年代政府实施的部分陡坡“退耕还林还草”的土地利用结构调整政策,使90年代末期草地的减少量明显减缓。在耕地大量转向农村居住用地、林地、草地、城市建设用地、园林和水域等类型的同时,也存在反向转移。累计1980年到2000年间,嘉陵江流域耕地转入量为3 535 km<sup>2</sup>,转向耕地的土地利用类型主要有林地、草地。从空间分布看,耕地转出量大的地区,其转入

量也随之增加,说明维持耕地总量动态平衡的政策在土地管理中发挥了重要作用。

## 5 结 论

在 GIS 技术平台上,将不同时期的土地利用图进行叠置,运用各种指数模型,计算出土地利用变化的转移矩阵等相关变化指标,可以有效地研究土地利用/覆被的时空变化规律。研究结果表明:研究区土地利用类型以耕地、林地和草地为主,其它 3 类用地比重相对较小,这种特征决定了该流域以农牧业生产为主的特点。研究期间各种土地利用类型的变化趋势不同:耕地和林地呈先减少后略微增加的趋势,但总体变化不大;草地呈先增加后减少的趋势,但总体是增加的。建设用地呈逐渐增加的趋势,这可能受人为因素影响较为显著。水域和未利用土地变化相对较小。

研究区土地利用类型转移的主要方向是耕地、林地和草地之间的相互转化。全流域土地利用/覆被变化的驱动力主要来自自然条件和人类活动两大类因素的综合影响,主要归纳为 4 个方面:自然因素、经济因素、人口因素、宏观政策和大型工程。总之,复杂的自然条件是制约土地利用水平和结构的重要因素,而人类活动和宏观政策的制订对土地利用变化的影响更为显著。因此,应在尊重流域土地自然生态特征的基础上,进行科学合理的流域规划和管理,优化流域土地利用结构,实现流域的可持续发展。

## 参考文献:

- [1] RIND D. Complexity and Climate[J]. *Science*, 1999, 284(5411): 105 - 107.
- [2] MOORE B III. International Geosphere-Biosphere Programme: A Study of Global Change, Some Reflections [J]. *IGBP Global Change News Letter*, 2000, 40: 1 - 3.
- [3] 李秀彬. 全球环境变化研究的核心领域 - 土地利用/土地覆被变化的国际研究动向[J]. *地理学报*, 1996, 51(6): 553 - 558. (LI Xiu-bin. A Review of the International Researches on Land Use/Land Cover Change[J]. *Acta Geographica Sinica*, 1996, 51(6): 553 - 558. (in Chinese))
- [4] IGBP & HDP. IGBP Report No. 7: Land-Use and Land-Cover Change Science/Research Plan[R]. Stockholm, Sweden: IGBP, 1995.
- [5] 后立胜,蔡运龙. 土地利用/覆被变化研究的实质分析与进展评述[J]. *地理科学进展*, 2004, 23(6): 97 - 104. (HOU Li-sheng, CAI Yun-long. An Essential Analysis and Review on Land Use/Cover Change Research [J]. *Progress in Geography*, 2004, 23(6): 97 - 104. (in Chinese))
- [6] 史培军,陈晋,潘耀忠. 深圳市土地利用变化机制分析[J]. *地理学报*, 2000, 55(2): 151. (SHI Pei-jun, CHEN Jin, PAN Yao-zhong. Land Use Change Mechanism in Shenzhen City [J]. *Acta Geographica Sinica*, 2000, 55(2): 151. (in Chinese))
- [7] 路云阁,许月卿,蔡云龙. 基于遥感技术和 GIS 的小流域土地利用/覆被变化分析[J]. *地理科学进展*, 2005, 24(1): 79. (LU Yun-ge, XU Yue-qing, CAI Yun-long. Analysis on Land Use/Land Cover Changes of Small Drain Basin Based on RS and GIS[J]. *Progress in Geography*, 2005, 24(1): 79. (in Chinese))
- [8] 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. (ZHU Hui-yi, LI Xiu-bin. Discussion on the Index Method of Regional Land Use Change [J]. *Acta Geographica Sinica*, 2003, 58(5): 643 - 650. (in Chinese))
- [9] 仙巍,邵怀勇,周万村. 嘉陵江中下游地区近 30 年土地利用与覆被变化过程研究[J]. *地理科学进展*, 2005, 24(2): 114 - 121. (XIAN Wei, SHAO Huai-yong, ZHOU Wan-cun. Process of Land Use/Land Cover Change in the Area of Middle and Lower Reach of Jialingjiang River [J]. *Progress in Geography*, 2005, 24(2): 114 - 121. (in Chinese))
- [10] 汪小钦,王钦敏,刘高焕,等. 黄河三角洲土地利用/覆被区域差异[J]. *自然资源学报*, 2006, 21(2): 165 - 171. (WANG Xiao-qin, WANG Qin-min, LIU Gao-huan, et al. Spatial Pattern of Land Use/Land Cover in the Yellow River Delta [J]. *Journal of Natural Resources*, 2006, 21(2): 165 - 171. (in Chinese))
- [11] 王思远,刘纪元,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. (WANG Si-yuan, LIU Ji-yuan, ZHANG Zeng-xiang, et al. Analysis on Spatial-Temporal Features of Land Use in China [J]. *Acta Geographica Sinica*, 2001, 56(6): 631 - 639. (in Chinese))
- [12] 徐新良,刘纪远,庄大方,等. 中国林地资源时空动态特征及驱动力分析[J]. *北京林业大学学报*, 2004, 26(1): 41 - 46. (XU Xin-liang, LIU Ji-yuan, ZHUANG Da-fang, et al. Spatial-Temporal Characteristics and Driving Forces of Woodland Resource Changes in China [J]. *Journal of Beijing Forestry University*, 2004, 26(1): 41 - 46. (in Chinese))
- [13] 陈百明. 试论中国土地利用和土地覆被变化及其人类驱动力研究[J]. *自然资源*, 1997, 2(1): 31 - 35. (CHEN Bai-ming. Studies on Land Use and Land Cover Change in China and Man's Driving Force upon It [J]. *Natural Resources*, 1997, 2(1): 31 - 35. (in Chinese))
- [14] 刘纪远,张增祥. 20 世纪 90 年代中国土地利用变化时空特征及其成因分析[J]. *地理研究*, 2003, 22(1): 1 - 12. (LIU Ji-yuan, ZHANG Zeng-xiang. A Study on the Spatial-Temporal Dynamic Changes of Land-Use and Driving Forces Analyses of China in the 1990s [J]. *Geographical Research*, 2003, 22(1): 1 - 12. (in Chinese))

nese))

[15] 伍 星,沈珍瑶,刘瑞民. 长江上游土地利用/覆被变化特征及其驱动力分析[J]. 北京师范大学学报, 2007,43(4):461-466. (WU Xing, SHEN Zhen-yao, LIU Rui-min. Characteristics and Driving Forces in the Upper Reaches of Yangtze River[J]. Journal of Beijing Normal University(Natural Science), 2007,43(4):461-466. (in Chinese))

[16] 伍 星,沈珍瑶,刘瑞民. 长江上游土地利用/覆被变化及区域研究[J]. 应用基础与工程科学学报,2008,16(6):819-829. (WU Xing, SHEN Zhen-yao, LIU Rui-min. Land Use/Land Cover Change in the Upper Reaches of Yangtze River[J]. Journal of Basic Science and Engineering, 2008,16(6):819-829. (in Chinese))

[17] 唐晓平. 嘉陵江流域的水土流失及防治对策[J]. 四川师范学院学报(自然科学版),1999,20(2):149-155. (TANG Xiao-ping. Prevention and Control Measures of Soil Erosion in Jialingjiang River Valley[J]. Journal of Sichuan Normal College(Natural Science), 1999,20(2):149-155. (in Chinese))

[18] 马 炼,张明波,郭海晋,等. 嘉陵江流域水保治理前后沿程水沙变化研究[J]. 水文,2002,22(1):27-31. (MA Lian, ZHANG Ming-bo, GUO Hai-jin, et al. Research on the Changes of Runoff-Sediment Relationship Due to Soil and Water Conservation in Jialingjiang River Basin[J]. Hydrology, 2002,22(1):27-31. (in Chinese))

[19] 摆万奇,赵士洞. 土地利用变化驱动力系统分析[J]. 资源科学,2001,23(3):39. (BAI Wan-qi, ZHAO Shi-dong. An Analysis on Driving Force System of Land Use Changes[J]. Resources Science, 2001,23(3):39. (in Chinese))

[20] 王秀兰. 土地利用/覆被变化中的人口因素分析[J]. 资源科学,2000,22(3):39-42. (WANG Xiu-lan. Analysis on Demographic Factors and Land use/Land Cover Change[J]. Resources Science, 2000,22(3):39-42. (in Chinese))

[21] 杨 君,关 欣,李香云,等. 近 10 年塔里木河流域土地利用/覆被变化与人口因素关系研究[J]. 干旱区资源与环境,2006,20(2):114-117. (YANG Jun, GUAN Xin, LI Xiang-yun, et al. Study on the Relations Between the LUCC and Demographic Factors in the Past 10 Years of Tarim River Basin[J]. Journal of Arid Land Resources and Environment, 2006,20(2):114-117. (in Chinese))

[22] 许炯心. 人类活动和降水变化对嘉陵江流域侵蚀产沙的影响[J]. 地质科学, 2006,26(4):432-437. (XU Jiong-xin. Effect of Human Activities and Precipitation on Sediment Yield of the Jialing River [J]. Scientia Geographica Sinica, 2006,26(4):432-437. (in Chinese))

[23] 罗 军,白永平. 嘉陵江流域经济空间分异研究[J]. 长江流域资源与环境,2010,19(4):364-369. (LUO Jun, BAI Yong-ping. Study on the Economic Spatial Differences in Jialingjiang River Basin [J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2010,19(4):364-369. (in Chinese))

(编辑:曾小汉)

# Characteristics and Driving Forces of Land Use/Cover Change in Jialingjiang River Basin

QI Shi-jie<sup>1</sup>,ZHANG Xing-nan<sup>1,2</sup>,XIA Da-zhong<sup>1,2</sup>,LIU Yang-yang<sup>1</sup>,LIU Bo-juan<sup>3</sup>

(1. College of Hydrology and Water Resources, Hohai University, Nanjing 210098, China;  
2. National Engineering Research Center of Water Resources Efficient Utilization and Engineering Safety, Hohai University, Nanjing 210098, China; 3. Changzhou Branch of Jiangsu Provincial Hydrology and Water Resources Investigation Bureau, Changzhou 213300, China)

**Abstract:**On the basis of remotely sensed land use data in 1980,1995 and 2000, we quantitatively analyzed the characteristics of the spatio-temporal distribution of land use/cover changes (LUCC) in the Jialingjiang River Basin by using GIS technical platform and establishing index model. Furthermore, we analyzed the driving forces of the LUCC in detail. Results show that farmland, forest and grassland were major land covers in the studied area, and the conversion among the three was the major pattern of land use change. During the period from 1980 to 2000, farmland and forest decreased initially and increased afterwards; grassland increased initially and then decreased; land for construction showed an ever-increasing trend; other land use types were in small change. The analysis showed that natural factor, economy, population, macro-policy and large-scale projects were the main driving forces of LUCC in the studied area. All the factors restricted each other and then affected the land use patterns.

**Key words:**Jialingjiang River Basin; land use/cover change; index model; driving force