

贵州典型喀斯特流域土地利用空间格局及水文干旱研究

贺中华^{1,2}, 陈晓翔¹, 梁虹², 黄法苏³, 赵芳⁴

(1.中山大学地理科学与规划学院, 广东 广州 510275; 2.贵州师范大学地理与环境科学学院, 贵州 贵阳 550001; 3.贵州省水文水资源局, 贵州 贵阳 550002; 4.贵州省贵阳市白云区职业技术学校, 贵州 贵阳 550014)

摘要:干旱是全球性普遍发生的一种自然现象,而喀斯特干旱不能简单归因于“气候异常、降水量减少”。在贵州省选择40个典型流域为研究样区,利用面向对象分类技术,构建土壤水体指数(SWBI),提取土地利用类型的遥感信息;借用景观指数计算软件(Fragstats4.0),计算土地利用类型的景观密度指数(PD)、最大斑块指数(LPI)、形状指数(SI)、景观分维指数(FDI),分析土地利用类型的空间分布格局;探讨不同土地利用格局下的流域储水空间的变化、流域地表储水能力的大小,研究土地利用类型及其空间分布变化对水文干旱的影响。研究表明:①疏林、旱地和灌木林分布相对集中、空间分布变化较大,水体和城镇分布相对分散、空间分布变化较小;②土地利用类型的斑块密度分布及最大斑块分布对水文干旱影响较大,土地利用类型的斑块边界分布及斑块形状分布对水文干旱影响较小;③土地利用类型的斑块密度指数、最大斑块指数、斑块形状指数及斑块分维指数越大,则土地利用类型对水文干旱影响越小。

关键词:典型喀斯特流域;土地利用;空间格局;水文干旱;贵州

中图分类号:TV211.1 文献标识码:A 文章编号:1000-0852(2014)01-0020-06

1 引言

贵州喀斯特地区人口众多、人类活动频繁,人类对土地资源的利用类型多样,已表现出不同的土地利用空间格局,从而影响流域的储水能力,导致或促进流域水文干旱的发生。目前,对于水文干旱的研究,国外最先利用游程理论对水文干旱进行识别^[1];但研究较多的是水文干旱发生的概率问题^[2-4]、水文干旱的特征问题^[5],以及水文干旱的重现期计算等问题^[6]。国内主要是论述了水文干旱与大气水和下垫面的关系,强调下垫面因素是改变水文干旱的重要环节^[7],并应用游程理论量化水文干旱的3个特征值,研究极限水文干旱历时的概率密度函数与分布函数^[8-9];应用分形理论,研究水文干旱的时间分形特征^[10];应用Copula联结分布函数构造水文干旱特征的联合分布^[11]。因此,本论文拟从系统论的角度,根据地物光谱特征,利用面向对象分类技术,自动提取土地利用类型;借用景观指数计算软件(如Fragstats4.0),计算土地利用类型的景观密度

指数(PD)、最大斑块指数(LPI)、景观形状指数(SI)、景观分维指数(FDI),分析喀斯特土地利用空间格局,揭示流域储水规律;根据灰色理论原理,计算土地利用类型的4种景观指数与水文干旱指标(RDSI)的关联度值,研究在人类活动下的喀斯特土地利用空间格局及其对水文干旱的影响机制。

2 数据与方法

2.1 水文与遥感数据

(1)水文数据。水文数据是依据贵州省水文水资源局整编的贵州省历年各月平均流量统计资料以及《贵州省水资源公报》,选其中都处于相同气候带的40个水文断面,时间选用2005~2010年的每年最小月平均径流量,流域面积一般以中小流域为主,目的是为了保证流域下垫面的地质地貌、气候、降水等条件尽可能相同或相近,计算研究样区最枯月的6年平均径流深,并进行极差标准化处理。

(2)遥感数据。遥感数据选用TM影像,成像时

收稿日期:2013-04-17

基金项目:贵州省水利厅自然科学基金((KT201105),(KT201010),(KT200802));贵州省科技厅自然科学基金(黔科合J字[2010]2026号,黔科合J字[2013]2208号);贵州省教育厅自然科学基金(黔教科2009(0039),黔教科2006307)

作者简介:贺中华(1976-),男,贵州兴义人,教授,博士研究生,研究方向:环境遥感。E-mail:zhonghuahe@gznu.edu.cn;hezonghua7621@126.com

通讯作者:陈晓翔(1956-),男,教授,博导。E-mail:eescex@mail.sysu.edu.cn

间为 2005~2010 年,选用研究样区每年最枯月平均径流深所对应时段的遥感数据,并对遥感影像进行预处理,提取 40 个水文断面控制的遥感影像研究样区。

2.2 土地利用类型提取方法

首先,对 40 个研究样区遥感数据进行光谱辐射亮度及表观反射率处理^[12];其次,构建土壤水体指数(Soil Water Body Index,简称:SWBI),即公式(1):

$$SWBI = \frac{TM_4}{TM_1 + TM_2 + TM_3 + TM_4} \quad (1)$$

式中:TM₁ 为 LandSat TM 的蓝光波段; TM₂ 为 LandSat TM 的绿光波段; TM₃ 为 LandSat TM 的红光波段; TM₄ 为 LandSat TM 的近红外波段。

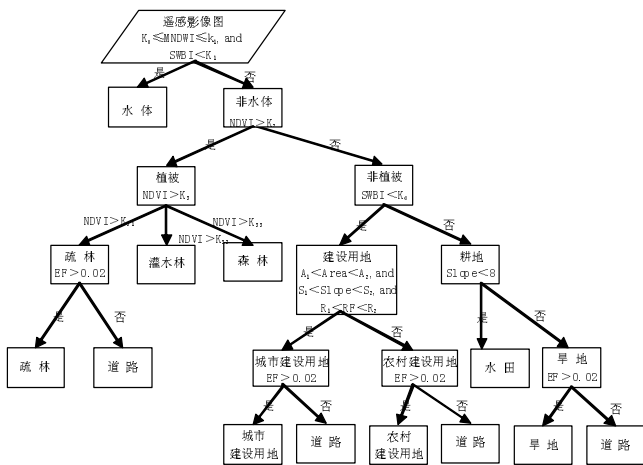


图1 土地利用类型遥感信息提取流程图
Fig.1 The extracting flow of the remote sensing information of the land-using types

第三,根据地物光谱特征,利用面向对象分类技术^[13],划分土地利用类型、提取遥感信息。详见技术流程框图1及参数表1。

3 结果与分析

3.1 水文干旱时空变化分析

以 2005~2010 年的 40 个研究样区的最小月平均径流深水文数据为基础^[2,10,14],计算样区的 RDSI 值,并分类统计,如图 2。

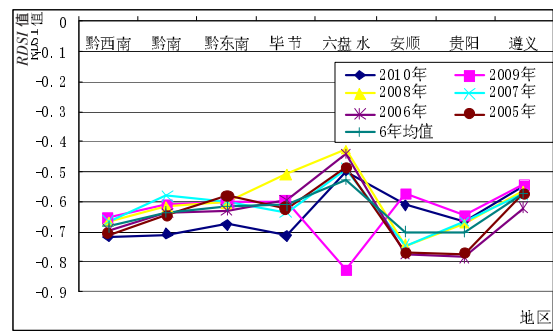


图2 水文干旱的时空分布
Fig.2 The temporal-spatial distribution characteristics of the hydrologic droughts

根据图 2 可知:(1)2005~2010 年,RDSI 均为负,说明贵州全省已发生了不同程度的水文干旱。(2)2010 年,黔西南至毕节等地区的 RDSI 绝对值相对较大,说明水文干旱最严重;而安顺、贵阳、遵义等地的 RDSI 绝对值相对较小,六盘水最小,说明安顺、贵阳、遵义和

表1 流程图参数表
Table1 The parameters of the flow diagram

参数	名称	描述
SWBI	土壤水体指数	公式:同公式(1)。
MNDWI	改进后归一化水体指数	公式: $(TM_2 - TM_5) / (TM_2 + TM_5)$, TM 波段同上。
NDVI	归一化植被指数	公式: $(TM_4 - TM_3) / (TM_4 + TM_3)$, TM 波段同上。
EF	Elliptic Fit(椭圆拟合度)	公式: $2 \cdot \frac{\#\{(x,y) \in P_v; \varepsilon_v(x,y) \leq 1\}}{\#P_v} - 1$; 取值范围: $0 \leq EF \leq 1$ 当 $EF=1$ 时,完全椭圆;当 $EF=0$ 时,非椭圆; $\varepsilon_v(x,y)$: 表示在象元点 (x,y) 的椭圆距离; P_v : 表示影像对象 V 的象元表示; $\#P_v$: 表示影像对象 V 的象元总数。
RF	Rectangular Fit(矩形拟合度)	公式: $\frac{\#\{(x,y) \in P_v; \rho_v(x,y) \leq 1\}}{\#P_v} - 1$; 取值范围: $0 \leq RF \leq 1$, 当 $RF=1$ 时,完全矩形;当 $RF=0$ 时,非矩形; $\rho_v(x,y)$: 表示在象元点 (x,y) 的矩形距离。
Area, Slope	面积、坡度	根据分类对象设置。
K, A, S, R	临界值	下标表示上、下限,根据分类对象设置。

六盘水的水文干旱相对较轻,这与2010年西南特大旱灾的贵州省旱情基本相符。(3)2005~2010年,六盘水的水文干旱差异最大,主要是2009年的RDSI达最小值(-0.8273)的原因,可能是2009年降雨量极端偏少的原故;其次是安顺和贵阳,水文干旱程度差异较大,且呈现逐年减轻的趋势,可能是贵阳和安顺是贵州省经济相对发达地区,因采用有效的节水技术而减缓水文干旱的发生;遵义,多年水文干旱程度最小,且多年差异也最小。(4)从2005~2010年,不同年份的水文干旱空间分布曲线变化方向基本一致或曲线基本平行(除2009年的六盘水外),说明不同地区的水文干旱影响因素具有一定的相似性。

3.2 土地利用空间格局分析

在地理信息系统软件 ArcGIS9.3 支持下,以40个样区土地利用类型遥感数据为基础^[15],计算2005~2010年的土地利用类型斑块密度指数(PD)、最大斑块指数(LPI)、斑块形状指数(SI)、景观分维指数(FDI);计算4种景观指数6年均值,如图3。

3.2.1 土地利用类型的斑块密度指数分析

从图3(左上)可知:(1)疏林、旱地和灌木林的斑块密度指数相对较大,且斑块密度指数空间分布曲线变化也较大,说明疏林、旱地和灌木林的空间分布相对集中、破碎,且斑块密度空间分布差异也较大;(2)水体

和城镇的斑块密度指数最小,且斑块密度指数空间分布曲线变化也很小,说明水体和城镇的分布相对分散,而且斑块密度空间分布差异也很小;(3)水体与城镇的斑块密度指数差值很小,其余土地利用类型斑块密度指数差值很大,说明水体与城镇在同一地区集中分布程度基本相同,而其余土地利用类型在同一地区集中分布程度差异很大。

3.2.2 土地利用类型的最大斑块指数分析

从图3(右上)可知:(1)疏林、旱地和森林的最大斑块指数相对较大,最大斑块指数的空间分布曲线变化最大,其次,是灌木林和水田;最大斑块指数相对较小的是水体、城镇、道路及农村,且空间分布曲线变化小;(2)黔西南、黔南、黔东南以及贵阳的不同土地利用类型最大斑块指数差值最大;而遵义、毕节、六盘水、安顺的不同土地利用类型最大斑块指数差值相对较小。

3.2.3 土地利用类型的形状指数分析

从图3(左下)可知:(1)所有土地利用类型的形状指数均大于1,反映了喀斯特土地利用类型的边缘圆度差或呈锯齿状、边界复杂;(2)贵阳和毕节的城镇形状指数相对较大,黔东南和安顺的水体形状指数也是相对较大,说明贵阳和毕节城镇的边界分布最复杂以及黔东南和安顺水体的边界分布也是最复杂的;而六

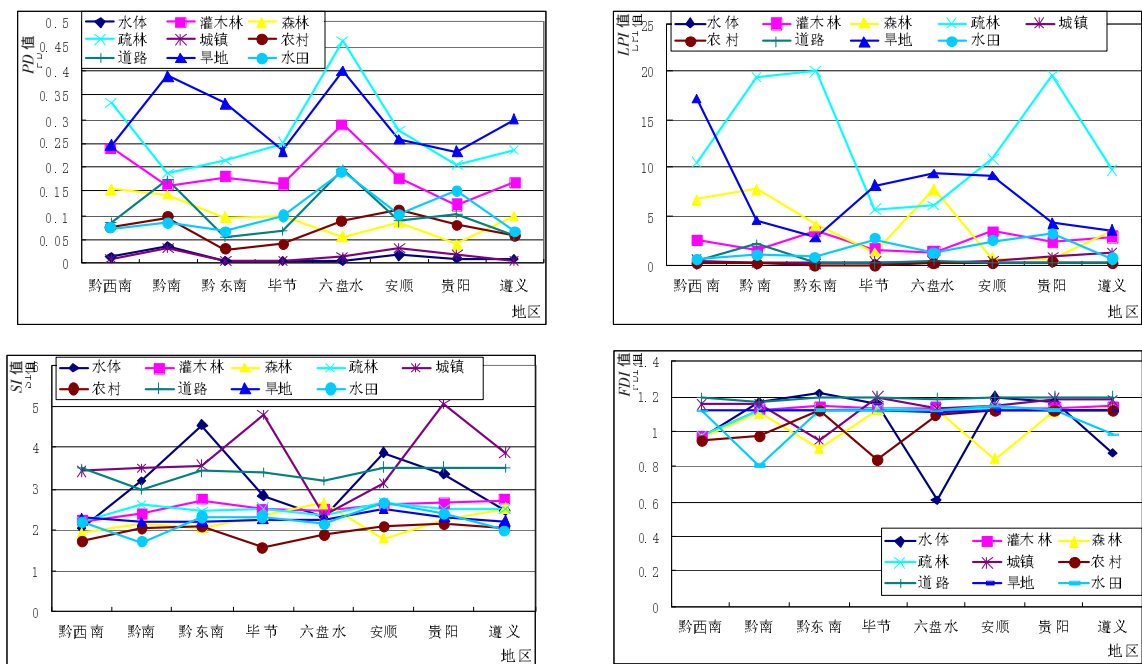


图3 土地利用类型空间分布特征

Fig.3 The spatial distribution characteristics of the land-use types

盘水的水体和城镇形状指数最小,说明六盘水的水体和城镇边界分布相对简单;(3)水体和城镇的形状指数空间分布曲线变化最大,说明水体和城镇的边缘分布空间差异很大、边界分布复杂;但贵州省其余土地利用类型的形状指数空间分布曲线变化小,说明其余土地利用类型的边缘分布空间差异很小、边界分布相对简单。

3.2.4 土地利用类型的分维指数分析

从图3(右下)可知:(1)六盘水的水体分维指数为0.61,其余土地利用类型的分维指数均大于0.8,说明贵州土地利用类型的形状分布复杂;(2)道路和旱地的分维指数大于1,且分维指数空间分布变化很小,说明道路和旱地形状分布最复杂,且形状空间分布变化也很小;灌木林、疏林的分维指数,在黔西南地区略小于1,而在贵州省其余地区均大于1,说明灌木林、疏林形状分布很复杂;城镇的分维指数在黔东南地区略小于1,在贵州省其余地区也均大于1,说明城镇的形状分布也很复杂;(3)水体、森林、农村和水田分维指数空间分布变化相对较大,说明水体、森林、农村和水田形状分布空间差异相对明显。

3.3 土地利用空间格局对水文干旱影响分析

以40个样区的9种土地利用类型、4种景观指数的6年均值及40个样区RDSI的6年均值为基础,根据灰色理论原理^[16],计算土地利用类型的4种景观指数与RDSI的关联度,并进行分类统计,如图4所示。

3.3.1 土地利用类型PD与RDSI的关联度分析

从图4(左上)可知:(1)六盘水部分土地利用类型的PD与RDSI的关联度值小于0.5,其余土地利用类型的PD与RDSI的关联度值均大于0.5,说明土地利用类型的斑块密度分布对水文干旱产生影响^[17];(2)水体和城镇的PD与RDSI的关联度值相对较大,说明水体和城镇的斑块密度分布对水文干旱影响较大,但对水文干旱空间分布变化的影响较小;其余土地利用类型的斑块密度分布对水文干旱的影响相对较小,但对水文干旱空间分布变化的影响相对较大;(3)不同土地利用类型的PD与RDSI的关联度值空间分布曲线基本平行,说明不同土地利用类型的斑块密度对水文干旱空间变化的影响趋势基本一致。(4)六盘水地区是部分土地利用类型(农村、道路、旱地、水田、灌木林、疏林)的PD与RDSI的关联度的最小值点,说明六盘水地区的部分土地利用类型斑块分布对水文干旱影响最小。

从土地利用类型的斑块密度空间分布可知,如受人类活动影响较大的地区,斑块密度指数相对较大,自然景观相对破碎,流域储水能力相对较弱,则对流域水文干旱影响不显著;如土地利用类型的斑块密度空间分布变化越大,受人类活动影响的空间差异性也越大,流域储水空间的空间分布变化越大、流域储水能力空间差异明显,则斑块密度分布对水文干旱影响的空间分布变化大。

3.3.2 土地利用类型LPI与RDSI的关联度分析

从图4(右上)可知:(1)所有土地利用类型的LPI与RDSI的关联度值均大于0.5,说明土地利用类型的最大斑块分布对水文干旱产生影响^[17];(2)道路和城镇的LPI与RDSI的关联度值相对较大,说明道路和城镇对水文干旱影响最大,且对水文干旱影响的空间分布变化小;其余土地利用类型的最大斑块分布对水文干旱影响的空间分布变化较大;(3)黔南、黔东南、六盘水、安顺、贵阳等地区,不同土地利用类型的最大斑块指数对水文干旱影响差异较大,而其余地区差异相对较小。

对比分析土地利用类型的最大斑块指数空间分布曲线与其对水文干旱影响的空间分布曲线可知:其两条曲线形状恰好相反,即波峰与波谷相反、曲线变化方向相反,说明土地利用类型最大斑块指数越大,其对水文干旱影响越小;土地利用类型的最大斑块指数空间分布变化越大,其对水文干旱影响的空间分布变化越大。

3.3.3 土地利用类型SI与RDSI的关联度分析

从图4(左下)可知:(1)六盘水地区的水体、旱地和城镇,黔西南地区水体以及黔东南地区城镇的SI与RDSI的关联度值大于0.5,其余土地利用类型的SI与RDSI的关联度值均小于0.5,说明土地利用类型的边界分布对水文干旱影响较小^[17];(2)水体、旱地、森林、城镇、农村的形状指数对水文干旱影响的空间分布变化很大;水田和道路的形状指数在黔南地区对水文干旱影响相对较大,在贵州省其余地区影响相对较小,且对水文干旱影响空间变化小;而疏林和灌木林在黔西南地区对水文干旱影响相对较大,在贵州省其余地区影响相对较小,且对水文干旱影响空间变化小;(3)六盘水地区是水体和旱地的SI与RDSI的关联度值的最大值点。

通过对比分析土地利用类型形状指数空间分布曲线与其对水文干旱影响的空间分布曲线可知:其两条

曲线形状恰好相反,即波峰与波谷相反、曲线变化方向及变化趋势相反,说明土地利用类型的边界分布越复杂,其对水文干旱影响越小;土地利用类型形状指数空间分布变化越大,流域储水空间的连续性差异很大、流域地表储水能力的空间分布变化也越大,则对水文干旱影响的空间分布变化越大,如水体和城镇最为典型。

3.3.4 土地利用类型 FDI 与 $RDSI$ 的关联度分析

从图4(右下)可知:(1)六盘水地区的水体和旱地的 FDI 与 $RDSI$ 的关联度值大于 0.5,其余土地利用类型的 FDI 与 $RDSI$ 的关联度值均小于 0.5,说明土地利用类型的形状分布对水文干旱影响较小^[17];(2)水体、森林、旱地和农村的分维指数对水文干旱影响的空间分布变化较大;在黔西南地区,灌木林和疏林的分维指数对水文干旱影响较大,而在贵州省的其余地区相对较小,且空间分布基本没变化或变化很小;同理,在黔南地区,道路和水田的分维指数对水文干旱影响较大,而在贵州省的其余地区相对较小,且空间分布基本没变化或变化很小。

对比分析土地利用类型分维指数空间分布曲线与其对水文干旱影响的空间分布曲线可知,其两条曲线形状恰好相反,即波峰与波谷相反、曲线变化方向及变化趋势相反,说明土地利用类型的分维指数越大、土地

利用类型对水文干旱影响程度越小;土地利用类型的分维指数空间分布变化越大,则土地利用类型对水文干旱影响的空间差异性也越大。

4 结论

土地利用是人类活动对流域介质作用的方式,土地利用空间格局是人类活动对流域介质作用的结果,而景观指数是其作用结果的定量描述。人类活动对流域介质作用结果,主要表现为改变流域介质及其空间结构、影响或破坏流域储水空间,从而影响流域储水能力,导致或促进流域水文干旱的发生。因此,笔者通过上述分析,喀斯特土地利用空间格局及其对水文干旱影响可总结如下:

(1)疏林、旱地和灌木林分布相对集中、空间分布变化较大,水体和城镇分布相对分散、空间分布变化较小;疏林、旱地和森林的最大斑块分布较大、且空间变化大,水体、城镇、道路及农村的最大斑块分布相对较小、且空间变化小;所有土地利用类型的边界分布复杂、边缘圆度差,其中,水体和城镇的边界分布最复杂、空间分布变化最大;所有土地利用类型的形状分布复杂,其中,道路和旱地形状分布最复杂、且道路、旱地的空间分布变化很小。

(2)土地利用类型的斑块密度分布及最大斑块分

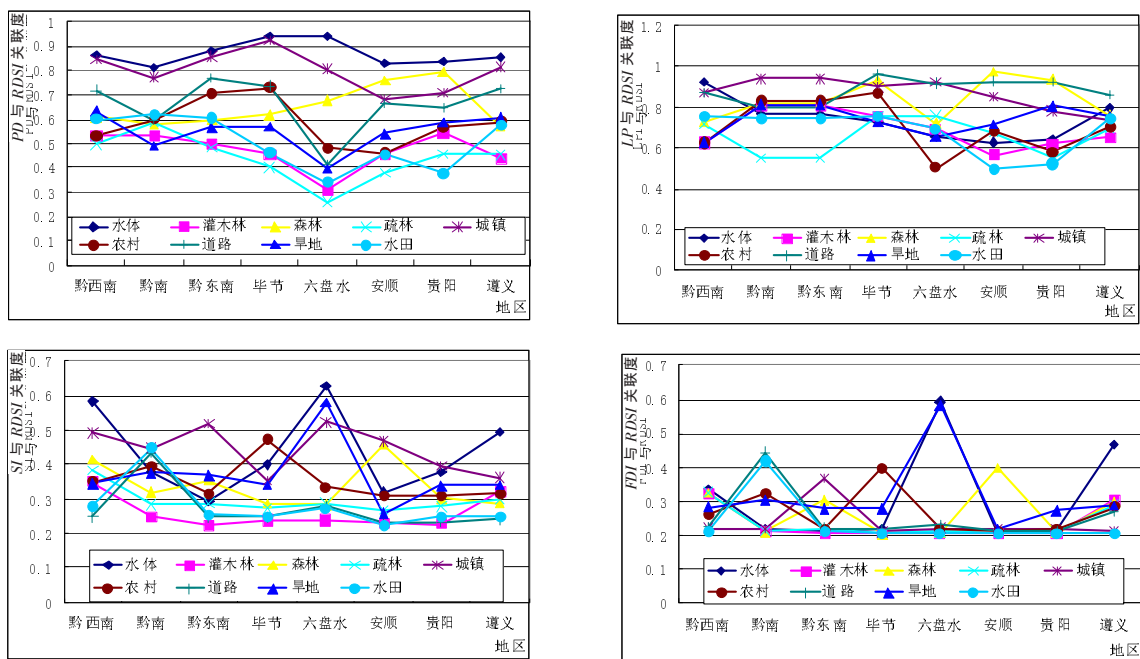


图4 土地利用类型景观指数与水文干旱指标($RDSI$)的关联度

Fig.4 The associated degree between the LI of land-use types and $RDSI$

布对流域水文干旱均产生影响,其中,水体和城镇的斑块密度分布、道路和城镇的最大斑块分布影响较大,且对水文干旱影响的空间分布都相对较小;土地利用类型的边界分布及形状分布对流域水文干旱影响较小,其中,水体、旱地、森林和农村的边界分布及形状分布对流域水文干旱影响空间差异很大。

(3)土地利用类型的斑块密度指数越小,土地利用类型对流域水文干旱影响越显著;土地利用类型的斑块密度空间分布变化越大,土地利用类型对水文干旱影响的空间分布变化越大。土地利用类型最大斑块指数越大,土地利用类型对流域水文干旱影响越小;土地利用类型最大斑块指数空间分布变化越大,土地利用类型对水文干旱影响的空间分布变化大。

(4)土地利用类型的形状指数越大,土地利用类型对水文干旱影响越不显著;土地利用类型形状指数空间分布变化越大,土地利用类型对水文干旱影响的空间分布变化越大;土地利用类型的分维指数越大,土地利用类型对水文干旱影响越不显著;土地利用类型的分维指数空间分布变化越大,土地利用类型对水文干旱影响的空间差异也越大。

参考文献:

- [1] Herbst P H, Bredenkamp D B, Barker H M G.. A technique for the Evaluation of drought rainfall data [J]. Journal of Hydrology, 1996, 4(4):264-272.
- [2] Sen Z. The theory of runs with applications to drought predictions-Comment [J]. Journal of Hydrology, 1989, 110:382-390.
- [3] Kim T, Valds J B, Yoo C. Nonparametric approach for bivariate Drought characterization using Palmer drought index [J]. Journal of Hydrologic Engineering, 2006, 11(2):134-143.
- [4] Shahab Araghinejad. An approach for probabilistic hydrological drought forecasting [J]. Water Resource. Manage, 2011,25:191-200.
- [5] Song S B, Singh V P. Meta-elliptical copulas for drought sequence analysis of periodic hydrologic data [J]. Stochastic Environmental Research and Risk Assessment, 2010, 24(3):425-444.
- [6] Shiau J T, Shan H W. Recurrence analysis of hydrologic drought of differing verity [J]. Journal of Water Resources Planning and Management, 2001,127(1):30-40.
- [7] 康权,郭凤台.论水文干旱与土壤水运动[J].华北水利水电学院学报, 1991,(6):11-16. (KANG Quan, GUO Fengtai. A study on the relation of hydrological drought and soil water movement [J]. Journal of North China Institute of Water Conservancy and Hydroelectric Power. 1991,(6):11-16. (in Chinese))
- [8] 冯国章.极限水文干旱历时概率分布的解析与模拟研究[J].地理学报, 1994,49(5):457-468. (FENG Guozhang. A study on probability distribution of critical hydrologic drought durations using the methods of analytics and simulation [J]. Acta Geographica Sinica, 1994,49(5):457-468. (in Chinese))
- [9] 冯国章.极限水文干旱历时概率分析[J].水利学报, 1995,(6):37-41. (FENG Guozhang. An analysis of frenzy of critical hydrologic drought duration [J]. Journal of Hydraulic Engineering, 1995,(6): 37-41.(in Chinese))
- [10] 冯平,王仁超.水文干旱的时间分形特征探讨 [J]. 水利水电技术, 1997,(11):48-51. (FENG Ping, WANG Renchao, Investigation on the time fractal of hydrological drought [J]. Water Resources and Hydropower Engineering, 1997, (11):48-51. (in Chinese))
- [11] 许月萍,张庆庆,楼章华.基于 Copula 方法的干旱历时和烈度的联合概率分析[J].天津大学学报, 2010,43(10):928-932. (XU Yueping, ZHANG Qingqing, LOU Zhanghua. Joint probability analysis of drought duration and severity based on Copula approach [J]. Journal of Tianjin University, 2010, 43(10): 928-932. (in Chinese))
- [12] 贺中华,陈晓翔,梁虹,等.基于 NDVI 的喀斯特水资源遥感定量监测及分析-以贵州省为例[J].水土保持研究, 2012,19(3):161-165. (HE Zhonghua, CHEN Xiaoxiang, LIANG Hong, et al. Quantitative remote sensing monitoring and analysis of Karst water resources based on NDVI-taking Guizhou province as a case [J]. Research of Soil and Water Conservation, 2012, 19 (3):161-165. (in Chinese))
- [13] 何原荣,周青山.基于 SPOT 影像与Fragstats 软件的区域景观指数提取与分析[J].海洋测绘, 2008,28(1):18-21. (HE Yuanrong, ZHOU Qingshan, Extraction and analysis of regional landscape indexes based on SPOT-5 images and fragstats software [J]. Hydrographic Surveying and Charting, 2008, 28(1):18-21. (in Chinese))
- [14] 冯平.径流调节下的水文干旱识别 [J]. 自然科学进展,1999, (9): 848-853. (FENG Ping. The hydrological drought identification under runoff regulations [J]. Progress in Natural Science, 1999, 9(9): 848-853. (in Chinese))
- [15] 李晓峰,张树清,庞振平,等.矢量景观指数在遥感信息提取中的应用——以乾安湖群为例[J].遥感学报, 2008,12(2):291-296. (LI Xiaofeng, ZHANG Shuqing, PANG Zhenping, et al. The use of vector analysis theory on landscape pattern in remote sensing information extraction: a case study on Qian'an group lakes [J]. Journal of Remote Sensing, 2008, 12(2):291-296. (in Chinese))
- [16] 夏军.灰系统水文学——理论、方法及应用[M].武汉:华中理工大学出版社,2000.(XIA Jun. Grey System Hydrology: Theory, Methods and Applications [M]. Wuhan: Huazhong University of Science Press, 2000. (in Chinese))
- [17] 贺中华,杨胜天,梁虹,等.基于 GIS 和 RS 的喀斯特流域枯水资源影响因素识别——以贵州省为例 [J]. 中国岩溶, 2004,23 (1):48-55. (HE Zhonghua, YANG Shengtian, LIANG Hong, et al. Identification for the factors that impact low-flow resources in Karst basin by means of GIS and RS: a case in Guizhou province [J]. Carso-logica Sinica, 2004, 23(1):48-55. (in Chinese))

Generalized Pareto Distribution of Partial Duration Flood Model and Its Application

HAO Jinmei¹, WANG Bing², LI Zhanqiang¹, WANG Zhifang¹

(1. *Shijiazhuang Hydrology and Water Resources Bureau of Hebei Province, Shijiazhuang 050051, China;*

2. *Tianjin Zhongshui Science and Technology Consulting Co., LTD, Tianjin 300170, China)*

Abstract: Partial duration flood (PDF) frequency analysis model was studied for expanding the flood information and enhancing the simulation accuracy of the flood. The basic theory of the PDF was introduced and the hypothesis was given that the annual occurrence number of the partial duration flood series is estimated by the Poisson distribution, the partial duration flood series are estimated by the generalized Pareto (GP) distribution, then the distribution of the annual maximum partial duration flood series and the calculation formula of the PDF return period could be obtained. A model goodness of fit test has been proposed for determining the threshold of the partial duration flood. The PDF model was applied in the flood peak frequency calculation for the Xiaoju Station in the Haihe River Basin. The results show that the goodness of fit test is an efficient and reliable method for determining threshold, and the annual occurrence number of the partial duration flood series follow the Poisson distribution. The design value of the flood peak based on the GP distribution is slightly larger than that on the P- distribution, which will be more secure when used in the design and the risk analysis of the hydraulic engineering.

Key words: flood frequency analysis; partial duration flood model (PDF); generalized Pareto distribution (GP); Poisson distribution



(上接第 25 页)

Study on Spatial Pattern of Land-using Types and Hydrologic Droughts for Typical Karst Basin of Guizhou Province

HE Zhonghua^{1,2}, CHEN Xiaoxiang¹, LIANG Hong², HUANG Fasu³, ZHAO Fang⁴

(1. *School of Geography and Planning, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510275, China;* 2. *School of Geographic and Environmental Science, Guizhou Normal University, Guiyang 550001, China;* 3. *Hydrology and Water Resources Bureau of Guizhou Province, Guiyang 550001, China;* 4. *Vocational and Technical Schools of Baiyun District of Guiyang City, Guiyang 550014, China)*

Abstract: Drought is a natural phenomenon of the global widespread occurrence, while Karst drought can not simply be attributed to the climate anomalies, reduced-rainfall. In this paper, 40 typical watersheds in Guizhou Province were selected as the sample areas, the soil water body index (SWBI) was built by using object-oriented classification techniques, to extract the remote sensing information of land-using types. To calculate the landscape density index (PD), largest patch index (LPI), shape index (SI), and landscape fractal dimension index (FDI) of the land-using types by using the calculation software of landscape indices (Fragstats4.0), and analyze the spatial distribution pattern of land-using types. To explore the variation of watershed storage-space under the different land-using patterns, the sizes of watershed water-storing capacity, and study the affect of land-using types and its spatial change on hydrologic droughts. The study has shown that: (1) The distributions of woodland, dry and shrubbery are relatively concentrated, the larger the spatial variation, and that of water and urban is relatively dispersed, the smaller the spatial variation; (2) The affects of the plaque density and largest patch distributions of land-using types on hydrologic droughts are larger, and the smaller the patch edge and patch shape distributions of land-using types; (3) The larger the patch density index, largest patch index, patch shape index and plaque fractal dimension index of land-using types, the smaller the affects of land-using types on hydrologic droughts.

Key words: typical Karst basin; land use; spatial pattern; hydrological drought; Guizhou Province