

利用地理信息系统进行流域径流量计算的方法研究

张荔¹, 孙艳群¹, 林金辉¹, 曹礼梅¹, 王晓昌¹, 楠田哲也²

(1 西安建筑科技大学 环境与市政工程学院, 陕西 西安 710055;

2 日本九州大学 工学研究院环境都市部门, 福岡 812- 8581)

摘要: 流域径流模拟通常要涉及流域地形、土壤类型、土地利用等地理参数, 对于小流域可以假定其地理参数变化不大, 全流域采用均一参数, 而对于大流域采用均一参数则不能准确反映流域的地理特性。本文以渭河流域陕西片为计算实例, 应用地理信息系统(GIS)分析流域地理参数, 计算流域径流量。

关键词: 地理信息系统; 径流量; 渭河流域

中图分类号: TV 121

文献标识码: A

文章编号: 1672-643X (2006) 05-0021-03

Study on the runoff calculation method in watershed by using GIS

ZHANG Li¹, SUN Yan-qun¹, LIN Jin-hui¹, CAO Li-mei¹, WANG Xiao-chang¹, Tetsuya Kusuda²

(1 School of Environment and Municipal Engineering, Xi'an University of Architecture & Technology,

Xi'an 710055, China; 2 Department of Urban and Environment Engineering, School of Engineering,

Kyushu University, Fukuoka 812- 8581, Japan)

Abstract: The watershed runoff simulation, was concerned with the topograph soil type, and land use of the basin as usual. The unified parameters can be assumed to the whole area of the small scale basin, but it can not reflect the geographic identity by that way for the variety of the real situation of the big scale basin. In this paper, the Weihe River Basin in Shaanxi Province as a case, using the GIS to analyze the geographical parameters, the runoff discharge in river basin have been calculated.

Key words: GIS; runoff; Weihe River Basin

0 前言

流域径流模拟是水文学研究中的一个重要的课题。流域径流模拟通常要涉及流域地形、土壤类型、土地利用等地理参数, 对于小流域可以假定其地理参数变化不大, 全流域采用均一参数, 而对于大流域采用均一参数则不能准确反映流域的地理特性。本文针对大流域的地理参数变化较大的特性, 应用地理信息系统(GIS)分析流域的地形、土壤类型、土地利用及漫流速度等与流域径流模拟相关的地理参数, 从地理信息中分析和确定模型参数, 进行流域的降雨径流模拟。产流计算采用径流曲线数CN值法, 并考虑高程、地面坡度及坡面漫流速度, 计算流域径流量。

地理信息系统以其对空间数据的输入、存储、编辑、分析、管理和显示物理数据对应的空间位置及

其属性等方面的数据管理和处理功能, 日益成为流域径流模拟不可缺的工具, 并出现了大量水文模型与GIS结合的实例^[1-3]。其应用使得利用流域的地形、地貌、土壤覆盖、植被分布等地理信息来分析和确定模型的参数, 以及进行水文模拟分析更加便利。GIS通过提供储存于用户GIS中的有关土地利用、土壤类型、人口密度等信息层^[4], 识别具体的地块以便进行分区, 空间数据信息更容易获得。将降雨-产汇流模型与GIS结合, 借助GIS把流域主要地理因素对径流的影响定量化, 用于流域的径流量计算, 研究流域径流的时空变化规律, 是径流模拟的一个发展趋势。

1 径流模拟方法

1.1 研究区域概况

本文的计算实例是渭河流域陕西片, 包括宝鸡、

收稿日期: 2006-05-16; 修稿日期: 2006-06-30

基金项目: 日本科学技术振兴机构(JST)项目: 黄河流域水资源可持续利用与管理; 陕西省教育厅专项基金项目(05JK249): 渭河流域水污染的随机特性研究; 西安建筑科技大学青年基金项目: 渭河流域水量水质耦合模型研究

作者简介: 张荔(1971-), 女(汉族), 陕西大荔人, 博士研究生, 讲师, 研究方向: 水质模型与模拟、流域水文模型。

咸阳、西安和渭南四市及其所辖地区。渭河陕西段西起渭河宝鸡峡水库,东至潼关港口镇,河长 360 km。渭河北岸分布有几条大的支流,南岸支流较小,但分布密集。图 1 为研究区域的河流水系图。

1.2 径流模拟方法

本文根据渭河流域陕西片的主要水系分布,将研究区域划分为若干计算区域,在各计算区域内分别考虑土壤类型、前期土壤湿润程度及土地利用系数这 3 个影响径流的主要因素,以 ArcGIS 应用程序为技术平台,进一步划分各计算区域为更小的计算单元,使得每个径流计算单元内的土壤类型、前期土壤湿润程度及土地利用均一,并采用 SCS 模型模拟各计算单元的产流量,图 2 为径流模拟计算步骤。

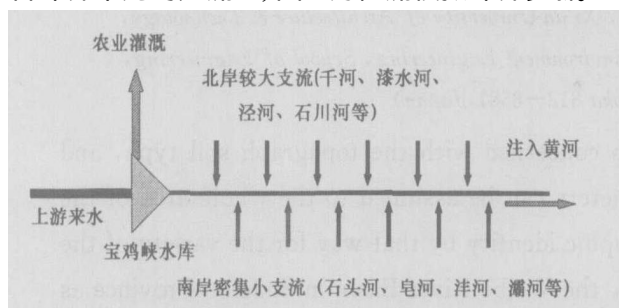


图 1 研究区域河流水系图

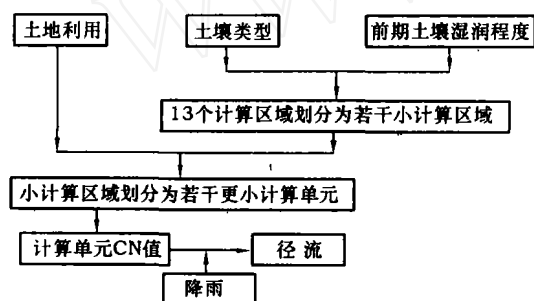


图 2 径流模拟计算步骤

2 径流模拟

2.1 计算区域划分

将渭河流域陕西片的北岸区域按主要支流流域的集水面积划分成 7 个计算区域,南岸区域按主要支流的位置划分成 6 个计算区域。渭河北岸区域的地面高程是由北向南逐渐降低,南岸的地面高程是由南向北逐渐降低。图 3 为 13 个计算区域划分图。

2.2 CN 值

径流曲线数 CN 是表示土地利用方式、土壤类型、前期土壤湿润程度的一个综合性的参数^[5],在实际条件下,CN 值在 30~100 之间变化。将土壤湿润状况根据径流事件发生前 5 天的降雨总量(即前期降雨指数 API^[6])划分为湿润、中等湿润和干旱三种

状态,查表可得的 CN 值^[7]。

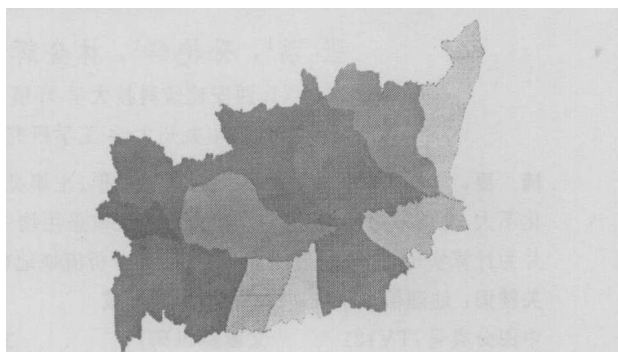


图 3 13 个计算区域划分图

研究区域内的土壤类型主要有粗骨土、棕壤、褐土、红土、糜土、黄绵土、新积土、黑垆土、黄棕壤、黄褐土、暗棕壤、沼泽土、水稻土、潮土、黄壤土、盐土等 16 种,各种土壤根据其水文特性不同可划分为 A、B、C、D 四类(见表 1)。渭河流域陕西片的土壤种类主要以 C 类为主,B 类最少。

表 1 研究区域内土壤类型及种类划分表

土壤类型	土壤种类	土壤类型	土壤种类	土壤类型	土壤种类	土壤类型	土壤种类
粗骨土	A	黄绵土	C	沼泽土	D	盐土	B
棕壤	C	糜土	C	暗棕壤	C	黄壤土	B
褐土	A	新积土	C	黄褐土	A	潮土	C
红土	D	黑垆土	D	黄棕壤	C	水稻土	C

2.3 计算单元划分

土壤类型、前期土壤湿润程度以及土地利用方式是影响 CN 值的三个重要因素。依据已划分的 13 个计算区域的不同土壤类型,将 13 个大区域划分为若干小计算区域。各小区域的土壤类型及前期土壤湿润程度相同,但土地利用方式不同,再依据土地利用方式的不同,将各小计算区域进一步划分为若干更小的块。

2.4 CN 值确定

按照各个计算单元的不同土壤类型和土地利用方式,查不同土壤类型及土地利用方式的 CN 值表即可确定各计算单元的 CN 值,并在小计算区域内按各计算单元的面积及 CN 值加权确定各小计算区域的 CN 值。图 4 为小计算区域 CN 值加权确定示意图。表 2 为土壤湿度条件为 II 下不同土壤类型及土地利用方式的 CN 值。

2.5 径流模拟结果

已有研究区域内彬县、户县和西安三个气象站的降雨量数据,输入各小计算区域对应的 2001 年日降雨量数据和 CN 值,采用 SCS 模型计算小区域的

日产径流量,并在大计算区域内叠加,确定大区域日产径流量。根据地面坡度及土地利用方式,确定各大计算区域的漫流速度,代入汇流量方程计算汇入渭河的日径流量。

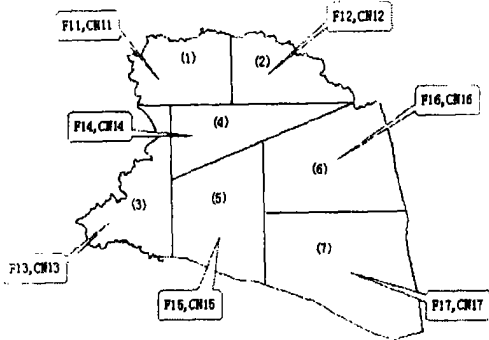


图 4 小计算区域CN 值加权确定示意图

图 5 为 2001 年渭河陕西咸阳断面的日径流量

计算值与逐日流量实测值的比较分析。由图可以看出,日径流量模拟值与流量实测值的变化趋势比较一致。

表 2 土壤湿度条件为 II 下不同土壤类型及土地利用方式的CN 值

土地利用方式	不同土壤类型CN 值			
	A	B	C	D
荒地	76	86	94	94
块茎作物	70	80	90	90
葡萄园	64	73	82	82
谷类、饲料作物	64	76	88	88
草地(繁茂)	49	69	84	84
(稀疏)	68	79	89	89
森林(稀疏)	45	66	83	83
(中密度)	36	60	79	79
(高密度)	25	55	77	77
不透水的水泥路面	100	100	100	100

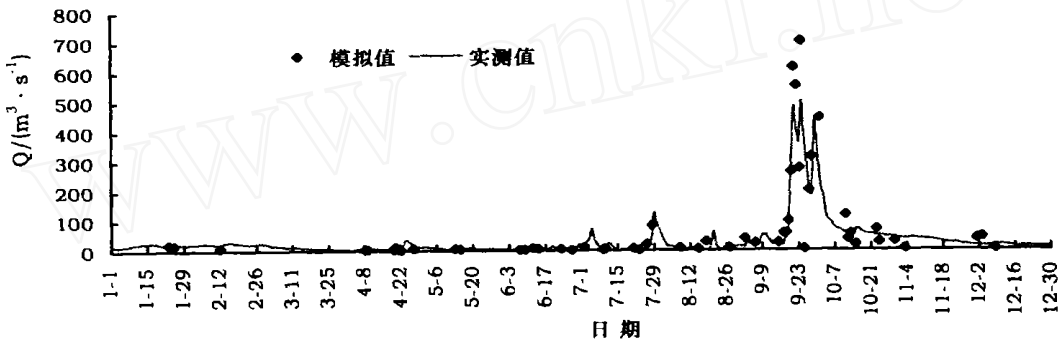


图 5 2001 年渭河咸阳断面逐日径流量模拟与实测值比较

2 6 产流量与降雨量关系

由于土壤类型不变,前期土壤湿润程度与降雨量有关,而土地利用方式也受降雨量的影响,将前期土壤湿润程度和土地利用都转化为与降雨量相关的影响因素,可以给出降雨量和径流量的相关关系。图 6 为 2001 年研究区域的产流量和降雨量的相关关系,其中降雨量数据采用西安气象站的数据。由图可以看出,除个别较大的点据,径流量和降雨量存在相关关系。较大的径流量分布在 9 月份,其对应的降雨量却小,主要因为 9 月为雨季,降雨多,土壤的含水率较高,地面形成了较好的径流通道,很容易产生径流,径流的损失也比较小,即使小的降雨量也能够形成较大的径流量;降雨量较大而径流量较小的点据分布在 7 月份,天气炎热,蒸发量大,加之 7 月之前的降雨量较少,土壤严重缺水,虽然降雨量很大,但大部分降雨量蒸发或下渗入土壤中,能够产生径流的

量相对较小。

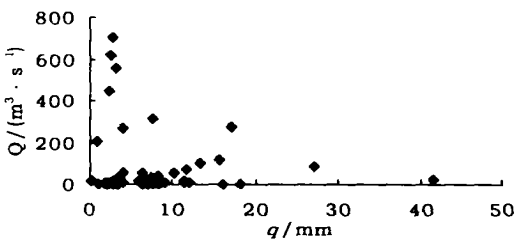


图 6 2001 年研究区域的产流量与降雨量关系

3 结 论

本文应用 GIS 识别土壤类型、土地利用等因素对径流量的影响,从流域的地理信息中分析确定径流模型参数 CN 值,计算流域径流量,不需要大量的实测资料识别模型参数,径流量计算结果能较好地
(下转第 26 页)

则综合评价为 $B_{TJ01-2} = A \odot R$

$$(0.33, 0.34, 0.33) \begin{bmatrix} 0.9316 & 0.0684 & 0.0000 & 0.0000 \\ 0.8270 & 0.1730 & 0.0000 & 0.0000 \\ 0.0000 & 0.6365 & 0.3635 & 0.0000 \end{bmatrix}$$

$$= (0.5886, 0.2914, 0.1200, 0.0000)$$

计算中选取 $M(\cdot, \oplus)$ 作为模糊算子。

同理可以计算出

$$B_{TJ03-4} = (0.5258, 0.4742, 0.0000, 0.0000)$$

$$B_{TJ09-6} = (0.2158, 0.2856, 0.1686, 0.3300)$$

$$B_{TJ10-5} = (0.4398, 0.5602, 0.0000, 0.0000)$$

3.3 结果分析

根据综合评价结果知土样 TJ01-2 为弱盐渍土, TJ03-4 弱盐渍土, TJ09-6 为超盐渍土, TJ10-5 为中盐渍土。同时, 分别采用了基于熵权的模糊综合评判法和参考文献[1]所介绍的规范判别法, 两种方法得到评价结果完全一致(表3)。表3表明, 基于熵权的模糊综合评判法应用于盐渍土的划分是合理可行的, 而且理论依据充分、计算简便。

表3 评价结果对比

方 法	TJ01- 2	TJ03- 4	TJ09- 6	TJ10- 5
规范判别法	弱盐渍土	弱盐渍土	超盐渍土	中盐渍土
综合评判法	弱盐渍土	弱盐渍土	超盐渍土	中盐渍土

4 结 语

盐渍土类别的划分是一个较复杂的系统工程,

需要统筹兼顾多指标的属性, 其评价标准与手段也在随着人们对评价对象本身认识广度和深度的增强而不断加深, 评价方法的实效性也逐步提高。本文将信息论中的熵值理论应用于盐渍土的综合评价中, 建立了基于熵权的模糊综合评判模型, 并对新疆某电厂厂址的土样进行了分类, 丰富和改进了盐渍土类别的划分方法, 在引入熵值理论的同时, 减少了各评价指标权重确定的任意性, 而且整个评价过程计算简便、结果合理, 有较为广阔的推广前景。

参考文献:

- [1] 中华人民共和国国家标准 岩土工程勘察规范 GB 50021 - 2001[S]
- [2] 卢海林, 许成祥, 马 驰 深基坑支护方案优选的模糊评价[J] 江汉石油学院学报, 1999, 21(3): 73- 74
- [3] 田启华, 杜义贤 基于熵权模糊综合评判法的机械产品性能评价研究[J] 现代设计与技术, 2004, 33(3): 97- 99
- [4] 闫文周, 顾连胜 熵权决策法在工程评标中的应用[J] 西安建筑科技大学学报, 2004, 36(1): 98- 100
- [5] 邹志红, 孙靖南, 任广平 模糊评价因子的熵权法赋权及其在水质评价中的应用[J] 环境科学学报, 2005, 25(4): 552- 556
- [6] 杨丽婷, 董艳秋, 翟瑞彩, 等 应用模糊数学分析水质及预测污染负荷[J] 天津大学学报, 2002, 35(5): 619- 622
- [7] 陈开圣, 彭小平 模糊综合评判法在黄土湿陷性评价中的应用[J] 公路交通科技, 2005, 22(9): 16- 18

(上接第23 页)

反映渭河主要断面流量的变化趋势。需要指出的是, 由于没有考虑降雨历时对土壤滞留量及CN 值的影响, 影响了模型的估算精度, 致使个别计算值与实测值相差较大。如果有更多的流域土地利用方式的资料, 可以对多种土地利用方式下的CN 做探讨, 以找出规律, 提高径流量计算精度。

参考文献:

- [1] Warwick J J, Haness S J. Efficiency of ARC/ NFO GIS Application to Hydrological Modeling[J] Water Resources Planning and Management, 1994, 120(3): 366- 380
- [2] 张建云, 何 惠 应用地理信息进行无资料地区流域水文模拟研究[J] 水科学进展, 1998, 9(4): 345- 350

- [3] Martha W G, Wansda B P. A geographic information system to predict nonpoint source pollution potential[J] Water Resources Bulletin, 1987, 23(2): 281- 291
- [4] Rawls W J, Ahuja L R, Brakensiek D L, et al Chapter5: Infiltration and soil water movement[A] Maidment D R: Handbook of Hydrology. New York, Mc Graw - Hill Inc, 1993: 51- 55
- [5] William J R, Lasear W V. Water yield model using SCS curve numbers[J] Hydraulics Division, 1976, 102(9): 1221- 1253
- [6] 徐秋宁, 马孝义, 姜宗科, 等 小型集水区降雨径流计算模型研究[J] 水土保持研究, 2002, 9(3): 139- 150
- [7] Bosznay M. Generalization of SCS curve number method [J] Journal of Irrigation and Drainage Engineering, 1989, 115(1): 139- 144