

基于 SWAT 的中尺度流域土地利用变化 水文响应模拟研究^{*}

于 磊,朱新军

(水利部海河水利委员会水利信息网络中心,天津 300170)

摘 要:土地利用变化对流域水文循环和水资源有着重大的影响。选择漳卫南流域采用 SWAT 模型的 Arcview 界面 - AVS2000 构建了分布式水文模型,并以流域 2002 年土地利用为基准,设置了 4 种不同土地利用情景,定量分析了因土地利用变化对流域水循环的影响,结果表明,流域径流量、腾发量、产水量等指标对于土地利用的变化是比较敏感的。研究结果对于土地利用变化环境下的流域水资源管理具有重要的意义。

关键词:SWAT 模型;土地利用;水文响应

中图分类号:F301.24;P333

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2007)04-0053-04

Simulation of Hydrological Response to Land Use Changes in Medium Scale Basin Based on SWAT

YU Lei,ZHU Xin-jun

(Haihe River Water Conservancy Commission, TianJin 300170, China)

Abstract:The land use change in the basin affects hydrological cycle and water resource. The distributed hydrological model is build based on arcview interface SWAT model-AVS2000. Effects of land use change on hydrological cycle in watershed is quantitatively analyzed using 4 land use scenaries. The results show that runoff, evapotranspiration, percolation and water yield are sensitive to the land use change. The research is important to water resource management under land use changing environment.

Key words:SWAT model;land use;hydrological response

近年来我国经济迅猛发展,许多流域土地利用也随之发生剧烈的变化。土地利用变化对流域水文循环和水资源有着重大的影响,土地利用变化对水文过程的影响主要表现为水文循环和流域水质水量的改变上。土地利用变化能够改变流域腾发量、土壤水文状况、地表径流以及地表覆盖的截留量,进而对流域的水量平衡产生重大影响。关于这方面的研究也成为一个问题。以往这方面的研究主要采用实验流域的方法,但这种研究一般为小流域层次上,在向大流域推进时会产生尺度转换等问题。本文挑选一个中尺度的流域 - 漳卫南流域应用

SWAT 模型的 Arcview 界面 - AVS2000 来模拟不同土地利用变化情景下的水文响应。

1 研究区概况

漳卫南流域地处海河流域南部,位于东经 112° ~ 118°,北纬 35° ~ 39° 之间。主要河流域自西向东分漳河、卫河、卫运河、南运河及漳卫新河共 5 条,流经山西、河北、河南、山东四省及天津市。流域面积 37 700 km²,流域总的地势是西南高东北低,大致分山地、平原两种地貌。本流域属暖温带大陆性季风气候,多年平均降水量 608 mm,降水量年际变化

^{*} 收稿日期:2007-03-13

基金项目:世行 GEF 项目-KM 系统重点县水资源与水环境综合管理工具(HW7-18-3)

作者简介:于磊(1976-),博士,工程师,主要从事水资源与水环境,环境遥感与 GIS 应用研究。

大,年内降水量的分布也极不均匀^[1]。本次研究区域为漳卫河流域漳河与卫河交汇处以上的部分,即馆陶站以上部分,馆陶站以下主要为河流演进,在此不做模拟计算。

2 研究区分布式水文模型构建

2.1 SWAT 模型简介

SWAT 是由美国农业部(USDA)的农业研究中心(ARS, Agricultural Research Service) Jeff Arnold 博士 1994 年开发的。SWAT 是一个具有很强物理机制的、长时段的流域水文模型,利用 GIS 和 RS 提供的空间信息,可以模拟复杂大流域中多种不同的水文物理过程,包括水、沙和化学物质的转移与转化过程。模型可采用多种方法将流域离散化,能够响应降水、蒸发等气候因素和下垫面因素的空间变化以及人类活动对流域水文循环的影响^[2,3],模型通过将整个流域按出水口的位置划分成若干个自然子流域,然后在子流域的基础上依据土地覆被和土壤类型不同再划分成多个水文响应单元,计算每个子流域的基本参数来进行水文过程的模拟。SWAT 模型自开发以来在美国、加拿大、欧洲、亚洲和澳洲等地区有了许多应用实例,并在应用中得到了不断的发展^[4~9]。

2.2 漳卫南流域 SWAT 模型的构建

构建漳卫南流域 SWAT 模型需要大量的基础资料,本次研究使用的空间基础数据有流域 DEM (分辨率是 100 m ×100 m)、土地利用图、土壤类型

资料等。建模使用的水文气象数据有漳卫南流域 10 个主要水文站、89 个雨量站和 4 个气象站的 5 a (2000~2004 年)日过程系列数据,包括径流、降水、最高最低气温、太阳辐射、风速、相对湿度等基础水文、气象观测资料。数据需处理成 AVS2000 的数据格式,然后输入模型进行建模并对参数进行调整。本次建模共划分了 74 个子流域,960 个 HRU (Hydrologic Response Unit 水文响应单元)。图 1 为本次建模选择的水文控制站点、提取的河网和划分的子流域。图 2~5 为模型模拟的 2004 年降雨量、腾发量、地表径流量和产水量的空间分布图。

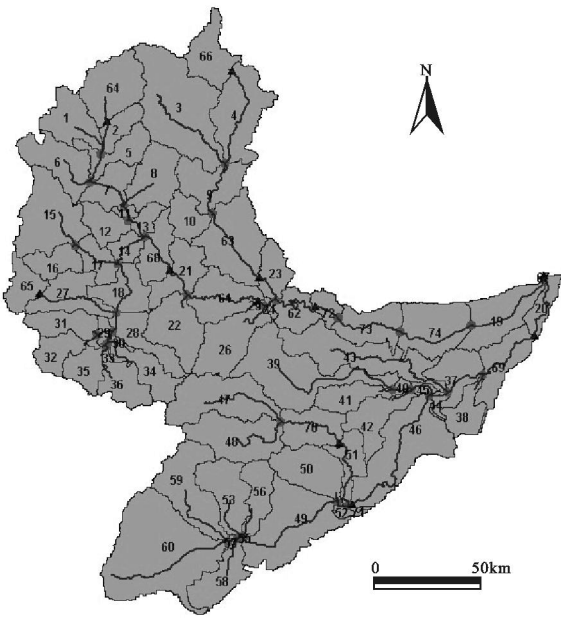


图 1 漳卫南子流域划分

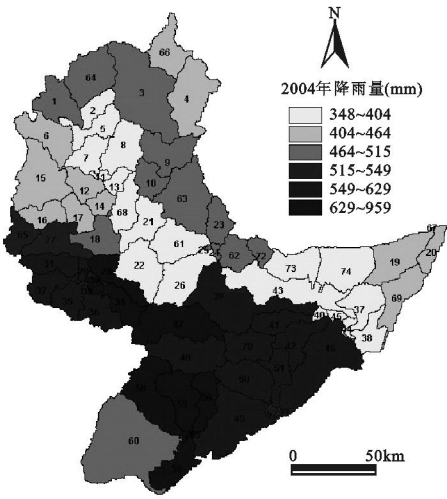


图 2 2004 年模拟降雨量

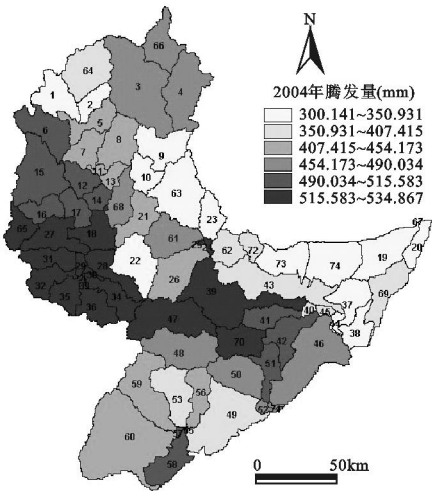


图 3 2004 年模拟腾发量

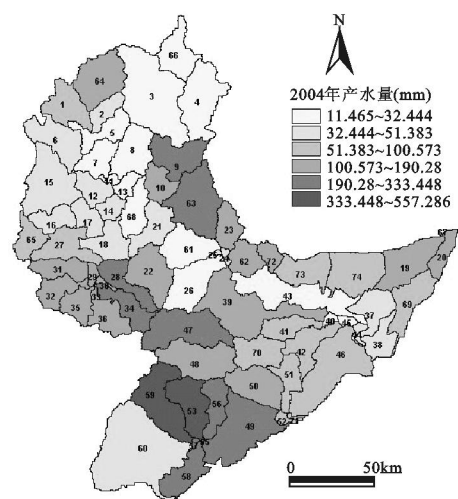


图 4 2004 年模拟产水量

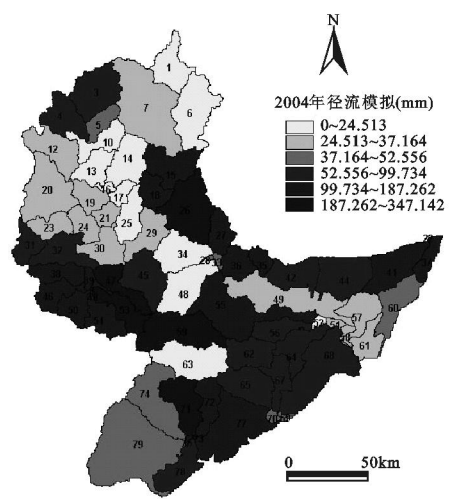


图 5 2004 年模拟径流量

2.3 土地利用变化情景设置

由于土地利用数据方面的原因,本次研究以 2002 年的土地利用现状为基础,设置以下 4 种土地利用情景以 2000 ~ 2004 年的气象数据来模拟土地利用变化后对流域水量方面的影响。

情景 1:实施退耕还林工程,流域内占流域面积 30.8 % 的农用地转化为森林;

情景 2:实施退耕还草工程后,流域内占流域面积 12.23 % 的农田转化为草地;

情景 3:当流域内有占流域面积 7.2 % 的灌木转化为草地;

情景 4:流域内有占流域面积的 3.6 % 的森林转化为灌木。

现状:2002 年的土地利用现状

针对上述土地利用情景分别进行 SWAT 建模、调参,并进行结果统计分析。

3 结果与分析

表 1 为漳卫南流域 5 种土地利用情景的模拟结果。主要选择了腾发量、入渗量、地表径流量、地下径流量和产水量 5 项指标来进行对比分析。

表 1 不同土地利用情景下的模拟结果					mm	
情景模拟	腾发量	入渗量	地表径流量	地下径流量	产水量	
2002 年土地利用现状	464.24	92.85	96.63	85.28	185.59	
情景模拟结果	情景 1	527.34	82.95	70.26	75.92	150.10
	情景 2	480.44	89.84	91.30	82.50	177.28
	情景 3	465.28	91.58	97.63	84.08	185.34
	情景 4	462.61	93.97	96.35	86.28	186.39
变化百分比率	情景 1	13.59	- 10.66	- 27.29	- 10.97	- 19.13
	情景 2	3.49	- 3.24	- 5.52	- 3.27	- 4.48
	情景 3	0.22	- 1.37	1.04	- 1.41	- 0.13
	情景 4	- 0.35	1.20	- 0.30	1.17	0.43

情景 1 是将部分农田转化为森林时的模拟结果,由图 6 可以看出,当农田转化为森林时,研究区域的腾发量增加,水资源量减少。情景 2 是将部分农田转化为草地的模拟结果,由结果可看出草地的腾发量也较大,水资源量也有减少趋势,但较森林耗水量少。情景 3 是将部分的灌木转化为草地的情景,由结果可以看出,草地较灌木的腾发量大,径流量大,入渗量小,流域水资源量较少。相比灌木与草

地而言,灌木具有保水和增水的效果。情景 4 是将部分森林转化为灌木的情景,由图 7 可以看出,灌木较森林的腾发量小,入渗补给地下水的量也增大,流域的产水量增加。因此相对森林而言,灌木具有增水的作用。由上表可以看出:森林的腾发量最大,当退耕还林后,流域的腾发量增大,径流量减小幅度最大,入渗量、产水量等都相应减小。所以说,森林的种植有利于流域的径流量的减小,起到水土保持的

作用,但森林的耗水量大,而耗水量比较大的土地利用方式对水资源形势不是很乐观的漳卫南流域来说是不利的。模拟分析结果对于漳卫南流域水资源管理具有一定的参考意义。

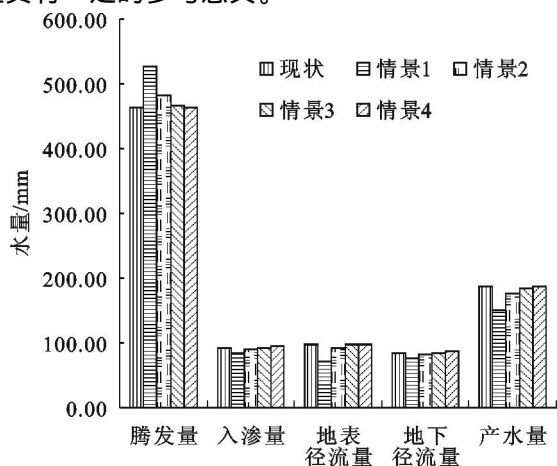


图 6 土地利用情景模拟结果和现状对比图

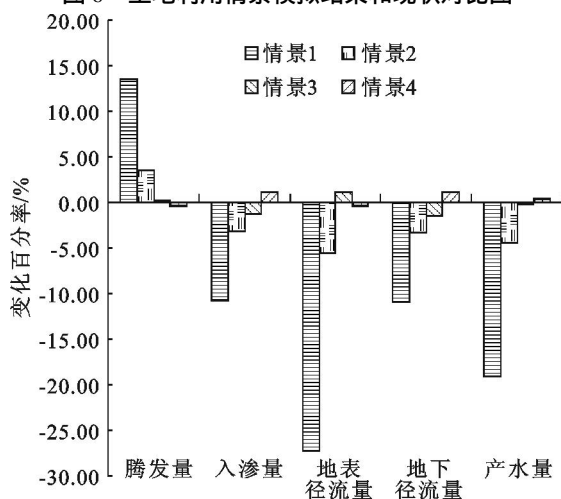


图 7 情景模拟结果与 2002 年现状对比变化百分率对比图

4 结 论

本次研究挑选了一个中尺度的流域 - 漳卫南流域应用 SWAT 模型的 Arcview 界面 - AVS2000 构建了分布式水文模型,以流域 2002 年土地利用为基

础,设置了 4 种土地利用情景进行模拟,并定量分析了土地利用变化对流域水文循环的影响。研究结果表明,流域水文循环对流域土地利用的变化比较敏感,尤其是森林面积的增加对于流域水量的影响比较显著。研究结果对于土地利用变化环境下漳卫南流域水资源管理具有一定的科学意义。由于受数据缺乏的制约,本次研究仅仅以 2002 年土地利用为基础设置了 4 种比较简单的土地利用情景来模拟。在流域具体管理中,应该结合流域的实际特点和具体情况设置更为详细的土地利用变化情景模拟。

参考文献:

- [1] 漳卫南运河水系水资源保护规划综合报告[R]. 水利部海委漳卫南运河管理局,1989.
- [2] Arnold J G, Srinivasan R, Muttiah R S, et al. Large area hydrologic modeling and assessment part 1: model development[J]. Journal of the American Water Resources Association, 1998, 34(1): 73 - 89.
- [3] Hotchkiss R H, Jorgensen S F, Stone M C, et al. Regulated river modeling for climate change impact assessment: the Missouri river[J]. Journal of the American Water Resources Association, 2000, 36(2): 375 - 386.
- [4] 王中根, 刘昌明, 黄友波. SWAT 模型的原理、结构及应用研究[J]. 地理科学进展, 2003, 22(1): 79 - 86.
- [5] 邓慧平, 李秀彬, 陈军锋, 等. 流域土地覆被变化水文效应的模拟 - 以长江上游源头区梭磨河为例[J]. 地理学报, 2003, 58(1): 53 - 62.
- [6] 郝芳华, 陈利群, 刘昌明, 等. 土地利用变化对产流和产沙的影响分析[J]. 水土保持学报, 2004, 18(3): 5 - 8.
- [7] 陈军锋, 李秀彬. 土地覆被变化的水文响应模拟研究[J]. 应用生态学报, 2004, 15(5): 833 - 836.
- [8] Neitsch S L, Arnold J G, Kiniry J R, et al. Soil and water assessment tool theoretical manual [Z]. Texas: Grassland Soil Water Research Laboratory, 2002.
- [9] Arnold J G, Fohrer N. SWAT2000: current capabilities and research opportunities in applied watershed modeling[J]. Hydrological Process, 2005, (19): 563 - 572.