

遥感、GIS 辅助下流域空间离散化方法研究*

李 硕^{1,2} 孙 波² 曾志远¹ 赵其国²

(1 南京师范大学地理科学学院, 南京 210097)

(2 中国科学院南京土壤研究所, 南京 210008)

摘 要 以江西兴国湫水河流域为研究区, 设计了流域—子流域—水文响应单元的空间离散方案和实现步骤。在遥感、GIS 技术支持下, 应用了基于栅格的数字高程模型(DEM)的流域水文建模方法, 进行了流域河网的自动生成, 子流域的自动划分以及流域边界生成研究, 根据流域地形特征将整个流域分割成多个子流域。在分割出的每个子流域内部, 通过数字土壤图和土地利用图的叠加统计分析生成单一土地利用类型和土壤类型组合的水文响应单元, 将研究区离散成为 62 个子流域, 399 个水文响应单元, 实现了分布式流域建模的空间离散化, 在这个过程中, 研究解决了平坦区河网精确生成和流域边界的误差改正等技术难题。

关键词 GIS; 分布式流域建模; 空间离散化; 水文响应单元

中图分类号 S159 文献标识码 A

在流域地理过程建模的研究中, 针对空间处理方式, 流域模型被普遍分为集总式参数模型(Lumped Parameter Models)和分布式参数模型(Distributed Parameter Models), 分布式参数模型因为具有较高的空间分辨率而成为流域过程模型发展的主流, 而空间离散化方法研究则是分布式流域建模的核心研究内容之一。

早期的分布式建模研究中, 空间离散主要在各种地图上手工实现, 工作量极大, 精度有限, 难以扩展到较大的区域, 这也是分布式模型早期发展的主要限制。近几年, 随着遥感、GIS 技术以及计算机本身性能的巨大发展, 空间离散化方法也在探索中发展, 出现了集总联结的子区^[1,2] (Subarea) 方式、根据流域地形特征而划分的子流域^[3,4] (Subwatershed) 方式以及强调空间定位精度的格网(Grid)和水文响应单元^[5] (Hydrologic Response Units, HRUs) 等多种形式的离散方式, 这些方法都和特定的应用模型相联系, 有着特定的适用范围, 在具体的实现过程中也存在着诸多需要完善之处。

本文设计了流域—子流域—水文响应单元的组合空间离散方法, 给出了在江西兴国湫水河流域的应用实例, 对于现有软件存在的流域河网生成误差

以及边界勾画误差也给出了具体的改进算法。此方法充分利用了遥感、GIS 技术处理空间数据的优势, 可以利用现有软件快速实现, 适合较大流域分布式建模研究, 可为径流、泥沙以及氮磷流失过程的分布式计算机模拟提供科学依据。

1 材料与方 法

1.1 研究区和基础数据

研究区选择了江西兴国县境内东北部的湫水河流域, 位于 115°30' ~ 115°52' E 和 26°19' ~ 26°37' N 之间, 流域面积 579 km²。湫水河流域如图 1 所示(见图版 I), 它是一个闭合的流域, 以低山丘陵为主, 东北高, 西南低, 最大高差 965 m。流域内部水系发达, 西南端的东村水文站为控制流域的出口。气候类型为亚热带季风湿润气候。植被主要为常绿阔叶林和针叶林。针叶林以马尾松林为主。但天然林破坏严重, 多为残存的次生林和灌丛。农田以水稻田为主。流域内部土壤根据第二次土壤普查资料, 分 4 类、10 个亚类、25 种土属。主要是水稻土、山地棕红壤海拔 400~ 800m, 局部有红壤、黄红壤、石灰岩土等。

研究区的 DEM 是将 1: 10 万国家基础地形图等 高线数字化再经矢量—栅格转化生成的。格网大小

* 国家自然科学基金项目(40071043)和中国科学院知识创新工程项目(KZCX2-413-1)资助

作者简介: 李 硕(1967~), 男, 汉族, 安徽蚌埠人, 副研究员, 主要从事遥感、GIS、地理过程计算机模拟的研究与应用工作。

E-mail: lishuo@email.njnu.edu.cn

收稿日期: 2002-12-30; 收到修改稿日期: 2003-07-27

为 $25\text{ m} \times 25\text{ m}$, 共 $1\ 441\text{ 行} \times 1\ 441\text{ 列}$ 。流域界线是在 $1:10$ 万国家基础地形图上沿分水岭划出流域界线, 然后将其手工数字化得到。数字河网图是从 $1:5$ 万国家基础地形图上将水系手工数字化得到。数字土壤图为国家第二次土壤普查编绘的 $1:20$ 万土壤类型图经手工数字化得到。所有的图件和相关的点位坐标(气象站, 水文站)都采用了高斯-克吕格投影的坐标体系。

1.2 离散方法的设计

离散方法的选择, 要从研究区的空间范围、输入数据的空间分辨率、选择的流域模型以及具体的研究目标这几个方面综合考虑。离散的尺度要小到能够反应出地理因素的空间变化, 又要大到可以较正确地获取各种输入参数、运行模型的水平。要根据实际的研究目的来分别采用或综合采用。

湫水流域相对较大, 流域内部景观结构较为复杂, 采用格网离散是不现实的, 适合采用子流域离散方法。但是, 对于结构复杂的大流域, 采用子流域离散方法划分出的每一个子流域内部也完全可能存在着多种土地利用方式和多种土壤类型, 为了进一步反应这种空间差异, 需要在每个子流域内部进行更详细的划分。因此, 本文设计了流域—子流域—水文响应单元的组合空间离散方案。技术流程如图2所示。离散方案的实现分为以下三个步骤:

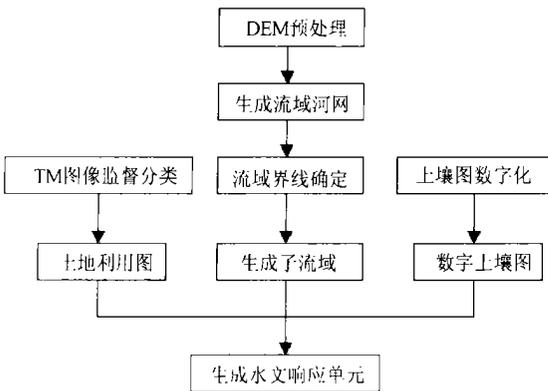


图2 空间离散流程图

Fig. 2 Flowdiagram of spatial discretization

(1) 利用TM遥感卫星影像, 在图像处理软件辅助下, 通过监督分类的方法获得研究区的土地利用分类图;

(2) 利用基于数字高程模型(DEM)的流域水文建模的方法, 在GIS系统辅助下, 生成流域河网和流域界限; 然后将整个流域从空间上划分成为一个个子流域;

(3) 将生成的子流域图、遥感图像分类得到的土地利用图和数字土壤图进行叠加分析, 在每个子流域内部生成多个统计意义上(面积)由单一土壤、植被组合而成的水文响应单元。

2 结果与讨论

2.1 遥感图像监督分类及土地利用制图

研究中使用的土地利用图是通过研究区TM卫星遥感图像的监督分类来获得的。图像选择了质量较好的1995年12月7日Landsat-5的TM卫星影像。在野外考察分类训练区的选择过程中, 特别注重了土地利用变化的调查。训练区选择了比较稳定的地块, 尽量深入到流域内部, 分类中进行了大量对比优化研究, 以求较高的准确性。

为了反应地物波谱的多维空间响应, 参考了Su的研究方法^[6], 利用TM1~5波段和7波段6幅图像、NDVI和缨帽变换生成的3幅图像组成了一个十维的数据文件, 作为监督分类的基础图像。

2001年6月, 笔者赴兴国湫水河流域, 对研究区进行了实地考察。在流域的不同地点, 选择了100多个多种地物的训练区, 并在所选训练区的中间位置利用GPS进行了空间定位, 记录了相应的地理坐标, 同时在地形图上进行了标绘。

监督分类采用了最小距离法。通过分类结果的后处理, 合并为混交林地、稀疏林地、阔叶林地、水体、农地、居民点、水稻田、低矮灌丛、裸地等9类(表1)。通过混淆矩阵的检验, 监督分类的平均精度为66%。图3(见图版I)为监督分类得到的土地利用图。

2.2 流域河网的生成/子流域的划分以及流域边界修正

流域—子流域—水文响应单元空间离散方法的实现, 需要完整地勾画出流域河网、流域边界以及子流域边界, 并在生成的子流域内部根据土壤类型和土地利用类型进行水文响应单元(Hydrologic Response Units, HRUs)的划分。这些工作是在研究区数字高程模型(DEM)的基础上利用GIS软件通过数字地形分析和多图层叠加分析技术实现的。

要生成子流域先要生成流域河网, 并在此基础上实现流域边界的勾画和子流域分割。基于栅格DEM的流域河网自动提取和子流域剖分技术, 一般采用了O'Callaghan和Mark的坡面流模拟方法^[7], Jense和Domingue^[8]、Martz和DeJong^[9]、Garbrecht^[10]

在此基础上做了改进,一般称之为确定性 8 邻域 (Deterministic eight-neighbours) 算法。

表 1 监督分类结果统计表

Table 1 The statistical results of supervised classification

类序号 No	类含义 Type	类代码 Type code	象元数 Pixel numbers	占流域总面积 Percentage of watershed area(%)
1	水体 Water	WATE	819	0.09
2	混交林地 Mixed forest	FRST	198251	21.42
3	稀疏林地 Sparse forest	FRSD	285261	30.81
4	阔叶林地 Broad-leaf forest	FRSE	118797	12.83
5	低矮灌丛 Shrub	RNGB	91819	9.92
6	农地 Cropland	AGRC	119347	12.89
7	水稻田 Rice	RICE	85762	9.26
8	居民地 Residences	URBN	21639	2.34
9	裸地 Bare Land	RNGE	4249	0.46

在河道生成的过程中, 现有的一些软件在流域的平坦区域会因为水流流向无法准确定义而生成和实际不符的伪河道, 针对这个问题, 采用了“burned-in”方法进行了修正^[11]。

图 4 和图 5(见图版 I) 分别为上游集水区面积阈值为 1 000 hm² 时生成的河道及编码示意。从图 4 中可以看到, 采用 D8 算法和“burned-in”算法后生成的流域河网, 和实际河道几乎完全重合。图 6(见图版 I) 为上游集水区面积阈值为 400 hm² 时, 生成的流域河网、流域边界以及子流域示意图。蓝色园点表示流域和子流域出口, 整个流域被分割成 62 个子流域。

在流域区划的研究中, 某一流域通常具有确定的边界, 用来统一进行流域土壤、土地利用等专题制图。这个边界和 DEM 中自动提取的边界相比较, 在某些部分存在着一定的差别, 如图 7(见图版 I) 所示。图中背景是用地形图上沿分水岭勾画得到的流域界线切割研究区数字高程模型而成, 表示实际的流域边界。蓝色线划(流域界)表示由 DEM 生成的流域边界, 圆圈中标示的部分可以明显看出, 生成的流域边界和手工勾绘数字化的流域边界存在着差异, 经过计算, 二者面积误差为 1.21%。

这种差异或由于 DEM 的数据内插采样的系统误差引起, 或在分水岭比较陡峭情况下发生, 无法避

免。相似的问题在其他文献中也有介绍^[12], 在 207 km² 的流域中, 面积误差达到 8.89%。但作者仅说明了误差的范围及可能原因, 并认为此误差在可接受的范围, 并没有进行进一步处理。

确定正确的流域边界, 便于统一编制研究区的专题图件(如: 土壤图、土地利用图等); 便于多种专题图的叠加分析; 便于资料的统计分析; 便于水文观测数据的改算和分析。本文针对这个问题对由 DEM 生成的流域边界进行了定制修正。

修正工作是利用 VB 编写的边界高程值改正程序完成的。算法思想由 D8 算法引申而来。具体的方法如下:

(1) 用实际的流域边界(多边形), 对包含研究区的 DEM 进行切割, 生成严格按照流域边界切割的研究区的 DEM;

(2) 将切割后得到的 DEM 输入边界高程值改正程序, 程序会自动搜索计算 DEM 的边界格网点和邻近点最大高差, 如果高差为负值, 给边界格网点增加一个改正值, 使得水流朝向流域内部, 处理后生成修正的 DEM;

(3) 利用修正的 DEM, 再按照 D8 算法进行处理, 就会生成所期望的流域边界。

但是, 人为地修正边界格网的高程值, 是否会对后续地形参数的提取造成影响? 为此本研究比较了

同一子流域地形参数修正前后的变化, 结果表明, 几乎没有什么影响。因为修正的仅是个别边界格网点, 所以对子流域总体地形参数不会造成影响。Gyasi Agyei 等人的研究也支持了这个结论^[13]。其研究表明, DEM 垂直分辨率的降低, 对于所选研究区(471.3 km²) 的流域所引起的多种水文参数误差百分率在 0~5% 以内; 某些格网点高程的误差对在格网坡度计算有影响, 但对于整体水文参数的计算并无影响^[13]。

2.3 子流域内部水文响应单元(HRUs)的生成

就研究区湫水流域而言(579 km²), 离散到 62 个子流域的方案下, 每个子流域的平均面积也达 9.3 km²; 在每一个子流域内部存在着多种方式的土

壤-植被组合, 不同的土被组合也具有不同的水文响应。为了进一步反应这种子空间内部的类型差异, 需要在每个子流域内部进行水文响应单元的进一步细分。

水文响应单元有两种划分方法, 一种是图层空间叠加划分的方法, 如图 8a 所示, 叠加分析后, 在子流域内部生成一定空间范围的水文响应单元, 这种方法在叠加分析前, 需要确定因子类型, 进行制图综合; 叠加分析后需要消除碎屑多边形, 并进行第二次制图综合。这种方法涉及地理因子类型筛选和大量的制图综合问题, 实现起来难度较大, 适用于研究区范围较小或对模拟空间精度要求较高的情况。

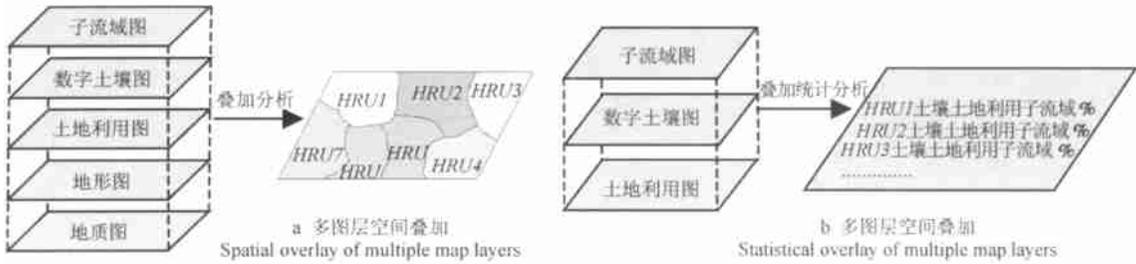


图8 水文响应单元的划分示意

Fig. 8 Sketch map for hydrological response units partition

工作中采用了空间统计叠加的方法, 如图 8b 所示。首先, 将土地利用图和数字土壤图进行叠加分析, 然后选择土地利用类型, 当子流域内部土地类型经过运算确定下来后, 再选择每一种土地利用下的土壤类型来进一步处理, 最后生成的每个水文响应单元是一种土地利用类型和一种土壤类型的统计组合体。在两个过程中, 都设置了一定的阈值, 来分别消除子流域中较小比重的土地利用类型和特定土地利用类型中所包含的较小比重的土壤类型。阈值的应用, 为了控制生成的水文响应单元的数量, 提高模型的运行效率。

图 9 为虚拟的一个格网大小为 1×1, 5 行×5 列的规则子流域, 来具体说明其内部水文响应单元的划分过程。

图 9a 中的 A、B、C 分别表示不同的土地利用类型, 图 9b 中的 1、2、3 分别表示不同的土壤类型。表 2 为图 9 中不同土地利用类型、土壤类型和土壤/土地利用组合类型面积统计数据。

第一步, 针对土地利用类型来处理, 将面积较小

B	A	A	B	C
A	B	C	B	A
A	C	A	A	A
B	B	C	B	B
A	B	B	C	A

1	2	1	3	2
2	1	1	2	1
1	2	1	2	1
2	2	3	1	1
1	1	2	1	3

a 土地利用类型Landuse b 土壤类型Soil type

图9 虚拟的规则子流域

Fig. 9 Fictitious regular subbasin map

的土地利用类型去掉, 将其面积按照面积比例归并到保留的类型中去。如果应用的面积阈值为 6, 面积小于 6 的土地利用类型(C 类) 就会被忽略, 水文响应单元就会在保留的土地利用类型(A、B) 中创建。保留的土地利用类型的面积就会按下面方式修改:

保留的土地利用类型的面积= 类型面积 ÷ (大于阈值的各类土地利用类型面积之和) × 流域总面积

A 的面积就为: $10 \div (10 + 10) \times 25 = 12.5$; B 的面积为 $10 \div (10 + 10) \times 25 = 12.5$;

表 2 图 9 中不同土地利用类型、土壤类型和土壤/土地利用组合类型面积统计

Table 2 Area statistics of different land-use types, soil types and their combinations in Fig 9

土地利用 Landuse			土 壤 Soil			土壤/土地利用组合 Soil/ Landuse combinations								
A	B	C	1	2	3	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3
10	10	5	13	9	3	6	3	1	5	4	1	2	2	1

忽略掉的 C 类中分布的土壤类型也按比例划归到 A 和 B 类中, A 中分布的土壤类型面积修改为:

A1 的面积为: $6 + (10 \div 20) \times 2 = 7$,

A2 的面积为: $3 + (10 \div 20) \times 2 = 4$,

A3 的面积为: $1 + (10 \div 20) \times 1 = 1.5$;

B 中分布的土壤类型面积修改为:

B1 的面积为: $5 + (10 \div 20) \times 2 = 6$,

B2 的面积为: $4 + (10 \div 20) \times 2 = 5$,

B3 的面积为: $1 + (10 \div 20) \times 1 = 1.5$;

第二步, 针对每类土地利用类型中分布的土壤来处理, 将其中面积较小的土壤类型去掉, 将其面积按照面积比例归并到余下的土壤类型中去, 就会创建出单一土壤/土地利用组合的水文响应单元。如果应用的阈值为 2, 那么 A 和 B 中面积小于 2 的土壤类型(土壤 3)就会被忽略, 其中保留的土壤类型的面积就会按下面方式修改:

保留的土壤类型的面积 = 类型面积 \div (大于阈值的各类土壤类型面积之和) \times 土地利用类型面积

这样 A 和 B 中就会生成如下组合的水文响应单元:

A1, 面积为: $7 \div (7 + 4) \times 12.5 = 7.95$;

A2, 面积为: $4 \div (7 + 4) \times 12.5 = 4.55$

B1, 面积为: $6 \div (6 + 5) \times 12.5 = 6.82$;

B2, 面积为: $5 \div (6 + 5) \times 12.5 = 5.68$

这种划分方法下生成的 HRUs 是不能确定其空间位置的, 因为在划分过程中按阈值忽略掉的类型(土地利用 C 类, 土壤 3)仅能从面积上归并到保留的其它类型中, 而无法从空间上归并到保留的其它类型中。

下面选择子流域 2, 来说明水文响应单元的划分前后土壤和土地利用类型的变化及其内部水文响应单元的分布状况。

表 3 为子流域 2 中, 经过子流域界限和土地利用图以及土壤类型图叠加运算后, 其内部土地利用类型和土壤类型分布统计数据。RNGB、FRSD、WATR、FRSE、FRST、URLD、RICE 分别表示不同土地利用类型的代码; Soil-15、Soil-40、Soil-41、Soil-13 分别表示不同的土壤类型代码。表 4 为 HRUs 划分后, 子流域内部土地利用、土壤类型分布及生成的 HRUs 统计。对于土地利用类型应用的阈值为 10%, 占子流域面积小于 10% 的土地利用类型(RNGE, WATR, URLD)被忽略掉, 其面积按比例分配到其他土地利用类型中。同样, 对于特定土地利用类型中分布的土壤类型, 应用的阈值为 15%, 从表 3 中可以明显看出, 子流域 2 中共生成 3 个 HRUs。整个澗水河流域被划分出 399 个 HRUs。

表 3 子流域 2 中土地利用类型和土壤类型分布

Table 3 Percentage of different land-use types, soil types for subwatershed 2

	面积 Area (hm ²)	占流域总面积 Percentage of watershed area (%)	占子流域总面积 Percentage of subwatershed area (%)
子流域 2 Subwatershed 2	703.5	1.21	
土地利用类型 Landuse			
RNGB	24.71	0.04	3.51
FRSD	305.30	0.53	43.40
WATR	0.31	0.00	0.04
FRSE	52.93	0.09	7.52

续表

	面积 Area (hm ²)	占流域总面积 Percentage of watershed area (%)	占子流域总面积 Percentage of subwatershed area (%)
FRST	273.20	0.47	38.84
URLD	9.20	0.02	1.31
RICE	37.85	0.07	5.38
土壤类型 Soil type			
Soil 15	23.52	0.04	3.34
Soil 40	95.28	0.16	13.54
Soil 41	528.39	0.91	75.11
Soil 13	56.31	0.10	8.00

表 4 HRUs 划分后, 子流域 2 内部土地利用、土壤类型分布及生成的 HRUs 统计

Table 4 Statistics of different land-use types, soil types and generated HRUs through HRUs modeling

	面积 Area (hm ²)	占流域总面积 Percentage of watershed area (%)	占子流域总面积 Percentage of subwatershed area (%)
子流域 2 Subwatershed 2	703.50	1.21	
土地利用类型 Landuse			
FRSD	371.26	0.64	52.77
FRST	332.24	0.57	47.23
土壤类型 Soil type			
Soil 40	70.03	0.12	9.96
Soil 41	633.47	1.09	90.04
生成的水文响应单元 HRUs			
FRSD/Soil-40	70.03	0.12	9.96
FRSD/Soil-41	301.23	0.52	42.82
FRST/Soil-41	332.24	0.57	47.23

需要说明的是, 流域—子流域—水文响应单元的空间离散方法生成的水文响应单元没有考虑其空间位置, 模拟的空间精度只能达到子流域, 但地理因素的类型精度达到了单一土壤/土地利用组合的水文响应单元。如果要考虑每个子流域内部的空间模拟精度, 可以考虑在子流域内部采取坡面离散方式或格网离散方式。这样就涉及到更多种离散方式的组合应用问题, 有待以后的工作中进一步研究。

3 结论

空间离散是分布式流域模拟的重要环节。子流域离散方法适用于较大流域分布式模拟研究, 在每个子流域内部进行统计途径的水文响应单元划分,

考虑了子流域内部地理因素的非均匀性, 提高了土被组合模拟的类型精度, 而无需具体考虑其内部地理因素的实际空间分布, 避免了因多图层叠加需要制图综合而引起的操作问题。

研究表明, 在遥感和 GIS 技术的支持下, 利用一定分辨率的遥感图像和栅格 DEM 实现流域离散化并从中提取分布式流域模型所需要的输入参数, 纳入到 GIS 的空间数据库统一管理, 是一种方便、快捷、行之有效的手段, 也是解决地理信息系统和流域模型之间接口的关键技术。

参考文献

- [1] Arnold J.G., Williams J.R. A Basin Scale Simulation Model for Soil

- and Water Resource Management. Texas A & M. University Press, 1990. 142
- [2] Maidment D R. GIS and Hydrology Modeling. *In*: Goodchild M F, Parks B O, Steyaert L T. eds. Environmental Modeling with GIS. New York: Oxford University Press, 1993. 147~ 167
- [3] Bingner R L, Theurer F D. Topographic factors for RUSLE in the continuous-simulation, watershed model for predicting agricultural, non-point source pollutants (AnnAGNPS). Soil Erosion for the 21st Century-An International Symposium, January 3~ 5, 2001. Honolulu, Hawaii. 4
- [4] Aronld J G, Williams J R, Srinivasan R, *et al.* SWAT: Soil and Water Assessment Tool. 808 East Blackland Rd, Temple, Texas-76502: USDA, Agricultural Research Service and Grassland Soil and Water Research Laboratory. Texas A & M University, Texas Agricultural Experiment Station Blackland Research Center, 1999. 81~ 89
- [5] Flügel W. Delineating response units by geographical information system analyses for regional hydrological modeling using PRMS/MMS in the drainage basin of the River Bröl, Germany. *In*: Kalma J D, Sivapalan M. eds. Scale Issues in Hydrological Modeling. John Wiley & Sons, Baffins Lane, Chichester, 1995. 181~ 202
- [6] Su Z. Remote sensing of land use and vegetation for mesoscale hydrological studies. *Int. J. Remote Sensing*, 2000, 21(2): 213~ 233
- [7] O' Callaghan J F, Mark D M. The extraction of drainage network from digital elevation data. *Computer Vision, Graphics, and Image Processing*, 1984, 28: 323~ 344
- [8] Jensen S K, Domingue J O. Extracting topographic structure from digital elevation data for geographic information system analysis. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 1988, 54(11): 1593~ 1600
- [9] Martz L W, Jong E De. Catch: A FORTRAN program for measuring catchment area from digital elevation models. *Computers & Geosciences*, 1988, 14(5): 627~ 640
- [10] Gabrecht J, Martz L W. The assignment of drainage direction over flat surfaces in raster digital elevation models. *Journal of Hydrology*, 1997, 193: 204~ 213
- [11] 李硕, 曾志远, 张运生. 数字地形分析技术在分布式水文建模中的应用. *地球科学进展*, 2002, 18(5): 769~ 775. Li S, Zeng Z Y, Zhang Y S. Application of digital terrain analysis technology for distributed hydrological modeling (In Chinese). *Advance in Earth Sciences*, 2002, 18(5): 769~ 775
- [12] William K S, Maidment D R. A GIS Assessment of Nonpoint Source Pollution in the San Antonio-Nueces Coastal Basin. Center for Research in Water Resources, The University of Texas at Austin, 1996
- [13] Gyasi-Agyei Y, Willgoose G, De Troch F P. Effect of vertical of resolution and map scale of digital elevation model on geomorphological parameters used in hydrology. *In*: Kalma J D, Sivapalan M. eds. Scale Issues in Hydrological Modeling. John Wiley & Sons, Baffins Lane, Chichester, 1995. 121~ 140

STUDY ON SPATIAL DISCRETIZATION IN BASIN SIMULATION AIDED BY RS AND GIS

Li Shuo^{1,2} Sun Bo² Zeng Zhiyuan¹ Zhao Qiguo²

(1 College of Geography Science, Nanjing Normal University, Nanjing 210097, China)

(2 Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008, China)

Abstract The watershed-subwatershed hydrological response units discretization scheme were designed in the study area of Lianshui basin, Xingguo County, Jiangxi Province. Supported by RS and GIS. The method of distributed hydrological modeling based on raster Digital Elevation Models (DEM) was applied to generate basin network, to divide subwatershed and generate basin boundary automatically. The subwatershed discretization divides the watershed into subwatersheds based on the topographic features of watershed, and each subwatershed can be farther portioned into multiple hydrologic response units (HRUs) which are unique soil/land use combinations within the subwatershed and modeled through statistical spatial overlay analysis. At last 62 sub-basins and 399 hydrological response units were produced in the study area and spatial discretization of the basin were successfully realized. A series of technological problems such as the accurate generation of basin network in plate area and error correction of basin boundary were solved in the research process.

Key words GIS; Distributed watershed modeling; Spatial discretization; Hydrologic response units

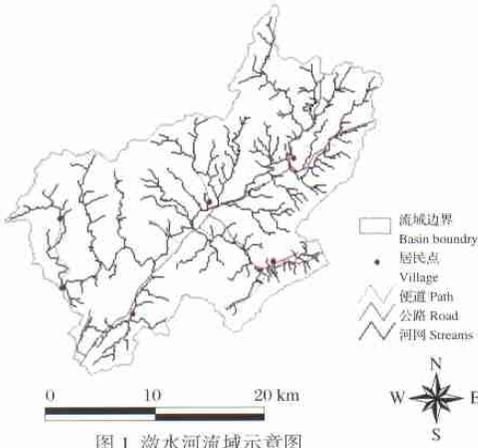


图 1 激水河流域示意图

Fig.1 Digitized sketch map of Lianshui Basin

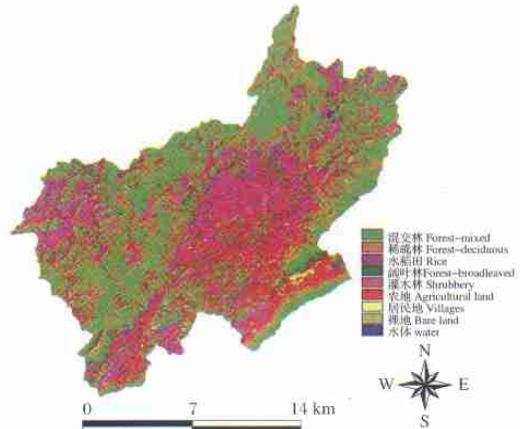


图 3 监督分类得到的激水河流域土地利用分类图

Fig. 3 The landuse map of Lianshui basin derived from supervised classification of TM imagery

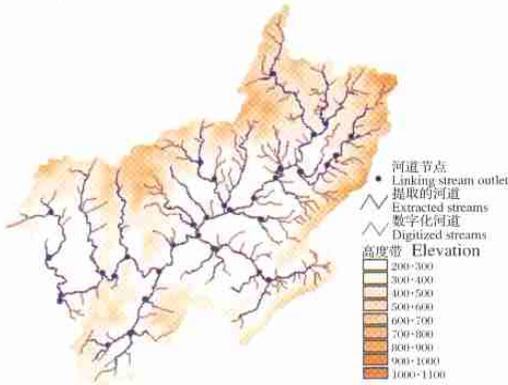


图 4 生成的流域河网示意

Fig. 4 Generated streams in study area by the "D8 and burned-in" method

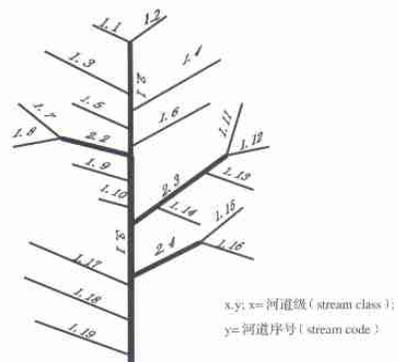


图 5 生成的流域河网树状结构编码示意图

Fig.5 Dendritic encoding map for generated streams in study area



图 6 生成的流域边界以及子流域示意图

Fig.6 Generated Lianshui basin boundary and subbasin



图 7 生成的流域边界和地形图勾画的流域边界的差异比较

Fig.7 Comparison of grid-delineated basin boundary with that of manual digitizations