

# 水资源空间分布模型及 GIS 分析应用

雷 莹<sup>1,3</sup>, 江 东<sup>1</sup>, 杨小唤<sup>1</sup>, 王建华<sup>2</sup>

(1 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101; 2 中国水利水电科学研究院水资源研究所, 北京 100044;  
3 中国科学院研究生院, 北京 100049)

**摘要:**随着社会生产力的持续发展,人类活动范围不断拓宽,不可避免地影响着流域自然水循环过程。因此,在对流域水资源状况进行定量描述时,必须综合考虑自然、人文二元要素的影响。本文选取了近年来水资源短缺和水环境恶化问题严重的京津冀地区为研究对象。根据区内的自然条件和社会发展情况,选取了对水资源空间分布有明显影响的因素。其中距河流远近因素体现了对水资源的开发利用能力;坡度因素代表了土壤的持水能力,对径流和地下水有影响;而土地利用类型因素反映了土壤下垫面的水文特性。通过 AHP 方法确定上述影响因素的权重,建立水资源空间分布测算模型。根据模型将按流域单元统计的水资源总量数据展布到公里格网上,得到了水资源空间分布结果。最后,通过对空间化水资源数据的分析,剖析了当地的水资源状况,结合“一轴三带”的规划分区思想,对如何进行区域水资源可持续开发利用提出了参考意见。

**关键词:** 水资源量; 空间分布模型; 可持续发展; 京津冀地区

## 1 引 言

京津冀地区位于华北平原和海河流域北部,该区面积广阔,资源丰富,人口众多,是我国北方重要的经济发展中心。随着社会经济的迅速发展,各行业对水资源的需求日益扩大,京津冀地区水资源短缺和水环境恶化等问题日趋严重。要解决该区域的缺水问题,首先要了解当地水资源的禀赋条件,进而有针对性地制定出区域水资源可持续开发利用决策。

水资源是一个动态循环的资源,它的分布具有时空变化性。传统的水资源数据一般是按流域或者行政单元统计的:一方面,其较粗的空间分辨率难以和其他自然要素如土地利用等直接匹配;另一方面,现在被广泛应用的分布式水文模型中基于地理信息系统(GIS)的水资源模拟,需要更高精度的输入参数。因此,必须引进新的技术方法,提升水资源数据获取和处理能力。借助以 GIS 和遥感为代表的空间信息技术,可实现水资源信息在时间和空间上的二维离散化,从而得到能够与分布式的水文过程信息兼容的有效信息<sup>[1]</sup>。基于空间插值的思想,许多研究机构在水信息空间化的研究中开发出了适用

于不同目的的测算模型。加拿大环保部门开发的 WUAM(water use Analysis Model)模型,将流域视为由特定节点联系的网络世界,以月为时间步长,研究流域网络的水量变化情况。该模型忽略了如具体的农田用水等空间细节,适于反映用水情况时空变化<sup>[2]</sup>。德国 Kassel 大学在联合国粮农组织(FAO)的支持下,研制了 WaterGap- WUM 模型<sup>[1]</sup>。该模型将各区域的用水分配到分辨率为 0.5 度的地理网格中,建立了用水数据的空间化模型。在国内,张建云等<sup>[3]</sup>建立了参数网格化的分布式月径流模型,并应用模型进行了华北、江淮流域的水资源动态模拟评估<sup>[4]</sup>。陈建耀<sup>[5]</sup>等人就雨量站的空间拓展、降水量与高程关系、水资源沿河开发域的界定等问题设计并建立空间分析模型,在雨量站不足的情况下,利用降水量与高程的关系进行插补,得到了 7 个分区的面上平均降水量值。该方法提供了降水点值数据空间化方法,但适用性受区域限制。徐雨清等<sup>[6]</sup>应用 GIS 与 RS 技术研究了黄土高原半干旱地区降雨径流关系问题,应用 GIS 提取流域边界、水道、地形和下垫面特征,应用卫星遥感(NOAA AVHRR 卫星数据)获取植被和土地利用状况,建立了流域多年平均径流量与降雨量、植被等因素的关系模型。但模

收稿日期: 2007- 01- 15; 修回日期: 2007- 08- 29.

资助项目: 国家 973 项目(2006CB403405); 国家自然科学基金项目(40471112); 中国科学院地理科学与资源研究所领域前沿课题(O66U0310SZ)。

作者简介: 雷莹(1983- ),女,湖北宜昌人,硕士在读,主要从事遥感与地理信息系统应用研究。E- mail: leiyy@reis.ac.cn

型省去了对土壤水文参数的考虑,模型的适用性收到限制。郭生练等<sup>[7]</sup>提出了一个基于 DEM(Digital Elevation Model) 的分布式流域水文物理模型,该模型将流域划分为 30m×80m 网格单元,详细描述了网格单元的截留、蒸散发、下渗、地表径流、地下径流、融雪等水文物理过程,在每一个网格上用地形高程来建立地表径流之间的关系。刘英<sup>[8]</sup>等以数字高程模型(DEM)为基础数据,利用有限元三角剖分与时间滞后的一维线性插值方法处理河流数据,应用软件进行地下水的空间分布模拟,直观再现了塔里木河下游典型断面的地下水变化情况。但地表水资源所受影响较地下水复杂,需考虑更多的因素。

总体来看,在大量的空间分布测算模型中,直接采用水资源总量的统计数据来进行空间化研究的案例比较少,本文选择京津冀地区为研究对象,综合考虑了水资源环境系统中自然、人文的多种影响因素,借助 GIS 工具的空间分析模块,建立了水资源空间分布模型,为深入研究该区域的水资源状况奠定了基础。

## 2 水资源分布研究方法

### 2.1 研究区地理背景与数据分析

京津冀地区位于华北平原和海河流域北部,包括北京、天津两个直辖市,河北省内 11 个市级行政区,总面积达 21.53 万 km<sup>2</sup>。该区面积广阔,矿产资源种类多,储量大,土地资源丰富,是湿润与干旱气候的过度带,光热条件较好,人口较稠密,是我国北方重要的经济发展中心,但区域内发展情况差异较大。

京津冀地区属于严重资源性缺水地区。海河-滦河流域和黄河一起,并称我国人均占有水量最少的流域:该区人均水资源占有量只有 300m<sup>3</sup>,相当于全国平均的 1/7;亩均水资源占有量 305m<sup>3</sup>,只相当

于全国的 1/5<sup>[9]</sup>。从 20 世纪 70 年代开始,该流域就不断出现河流下游断流的现象。自 80 年代起,由于乡镇企业的兴起,农村的各种用水出现紧张,平原地区转而抽取地下水来弥补供水的不足。大量开采深层承压水,使得补给水位下降迅速,京津冀地区都出现了不同程度的深层地下水下降漏斗。

另一方面,工业及城镇生活用水的废污排放,也使得该地区的地表和地下水体污染比较严重。根据水资源公报,2000 年松辽河片和海河片水质符合和优于Ⅲ类水的河长分别占 39.6%和 35.5%,远低于全国平均水平的 72.4%,属于要重点治理地区之一<sup>[10]</sup>。

本项研究所需的数据包括属性数据和空间数据两种基本类型,数据类型和来源见表 1。

由于不同环境下使用的水资源一词,其概念和内涵有一定差别。本研究涉及的水资源指“直接影响人口分布及人类活动的淡水资源”,以地表河川径流和浅层地下水为主<sup>[11]</sup>。本研究采用的是中国水利水电科学研究院水资源研究所提供的水资源数据,是 45 年(1956~2000)里的平均水量,数据如表 2 所示。

### 2.2 研究方法

水资源总量是一个地区水资源状况的直接反映,其计算方法如公式(1)所示:

$$W_R=Q_S+Pr-D \tag{1}$$

式中  $W_R$  代表水资源总量,  $Q_S$  为河川径流量,  $Pr$  降水入渗形成的地下水量,  $D$  是计算重复的量<sup>[9]</sup>。由于水资源总量的空间分布受到了各种权重因子的影响,所以可根据公式(2)将按流域或行政单元的统计数据展布到一定尺寸的地理格网上,得到的结果近似于水资源的实际空间分布,即空间化水资源。

$$W_{RS}=W_i*W_R= A_iW_i*W_R \tag{2}$$

表 1 数据源列表  
Tab.1 List of the Data Sources

数据类别	数据格式	数据日期(年)	数据来源	数据尺度
水资源统计数据	属性数据	1956~2000	中国水利水电科学研究院水资源研究所	水资源三级区
土地利用类型数据	矢量数据	2000	中国科学院资源环境数据中心	1:10 万比例尺二级分类
DEM 数据	矢量数据	2000	国家测绘局基础地理信息中心	1:25 万比例尺
河流水系数据	矢量数据	2000	国家测绘局基础地理信息中心	1:25 万比例尺
三级流域套地市边界图	矢量数据	2000	中国水利水电科学研究院水资源研究所	1:10 万比例尺

表 2 水资源总量统计数据表  
Tab.2 Gross water statistical data

水资源三级区	计算面积(km <sup>2</sup> )	45 年(1956~2000)平均						
		年降水量		地下水资源量		天然年径流量		不重复量
		mm	(亿 m <sup>3</sup> )	(亿 m <sup>3</sup> )	mm	(亿 m <sup>3</sup> )	(亿 m <sup>3</sup> )	总量 (亿 m <sup>3</sup> )
滦河山区	44070	529.4	233.3	18.3	97.4	42.9	2.3	45.2
滦河平原及冀东沿海	10460	629.9	65.9	9.8	97.0	10.1	7.8	18.0
北三河山区	21630	564.3	122.1	15.9	104.4	22.6	8.0	30.6
永定河册田水库以上	19182	404.2	77.5	9.9	33.1	6.3	5.7	12.1
永定河册田水库	25997	422.5	109.8	10.8	34.4	9.0	6.9	15.8
北四河下游平原	16617	594.9	98.8	21.2	74.3	12.3	18.4	30.8
大清河山区	18807	580.7	109.2	16.7	125.1	23.5	5.7	29.2
大清河淀西平原	12323	516.5	63.6	13.3	14.8	1.8	13.5	15.3
大清河淀东平原	14309	533.3	76.3	6.5	50.9	7.3	7.0	14.3
子牙河山区	30943	532.4	164.7	24.8	91.2	28.2	10.5	38.7
子牙河平原	15385	501.2	77.1	12.5	7.3	1.1	13.1	14.2
漳卫河山区	25326	595.2	150.7	19.9	102.2	25.9	7.7	33.6
漳卫河平原	9536	571.4	54.5	9.4	52.5	5.0	7.8	12.8
黑龙江及运东平原	22444	542.9	121.9	12.9	26.0	5.8	14.5	20.4
徒骇马颊河	33012	563.9	186.2	32.9	42.5	14.0	25.3	39.3

式中  $W_{RS}$  代表空间化水资源,  $W_R$  代表水资源总量统计数据,  $W_i$  为综合影响因素系数, 它是权重  $A_i$  和各种影响因素  $W_i$  的线性组合, 经过归一化处理得到的值。

根据该模型, 本文采用了以下步骤来测算水资源空间分布。

(1) 基于京津冀地区的自然条件确定水资源空间分布的影响因子, 确定各影响因子对水资源分布的影响方式; (2) 将各影响因子对水资源空间分布的影响转化成可计算的数据, 最后得到一组无量纲的影响力权重因子; (3) 通过模型计算水资源的空间分布, 其关键是计算任何空间单元上, 对水资源分布影响权重的总和, 统计每个三级流域区每类权重值所占有的水资源量, 最后用流域区水资源总量乘以权重数据, 则得到空间化的水资源。

3 水资源空间分布模型与 GIS 实现

3.1 模型关键因子选取

决定流域内水资源情况的最直接因素是水资源总量, 根据公式(1), 它可以直接由河川径流和地下水估算得到。河川径流量在水资源总量中占有很

大比例, 其影响也是最直接的。京津冀地区处于海河滦河流域, 河流众多, 河系分散, 但水量较小。由于人类对水的利用难易程度与距离有关, 借鉴水资源可达度的思想, 这些线状水系对空间的影响力是以河流水系为轴心, 向两侧扩散衰减的, 距离越远影响越小。

京津冀地区的地貌从总体看以基岩裸露和第四纪松散物质覆盖为主, 地下水类型均属松散堆积层隙水, 补给来源主要靠降水, 河湖及灌溉用水的入渗。降水下渗的过程和自然状况有着密切关系。首要的一个因素是地表覆盖物, 即水文学中所称的下垫面。不同的下垫面在截流、下渗、蓄水、蒸散等方面大不相同, 土地覆盖变化改变了原有下垫面的水文特性, 因此对水资源的空间分布有着一定影响。另一个修正因素是地形, 它影响着存水量。

根据京津冀地区的现实情况, 综合考虑自然和人为因素对水资源分布的影响, 筛选确定出四类影响水资源分布的因素: 三级流域范围内的水资源总量; 距河流的距离(远近); 土地覆盖类型; 地形坡度。这四类因素中, 水资源总量因素可根据源数据直接得到, 后三类必须进行空间化处理。

3.2 因子权重确定



本实验运用层次分析方法 (The Analytic Hierarchy process 简称 AHP ) 确定各因子权重。层次分析方法是美国运筹学家 T. L. Saaty 于 20 世纪 70 年代提出的, 是一种定性与定量相结合的决策方法, 它是一种将决策者对复杂系统的决策思维过程模型化、数量化的过程。应用此方法, 决策者通过将复杂问题分解为若干层次和若干因素, 在各因素之间进行简要的比较和计算, 就可以得出不同方案的权重。根据经验和各层指标相对重要程度给予判断, 构造合适的判断矩阵。求解各个判断矩阵的特征值, 便可确定各层因素的单层排序权重。

根据 AHP 的原理及步骤, 得到本文所用的因子权重系数(表 3)。各类因子的权重采用了类似方法, 并参考中国科学院地理科学与资源研究所资源环境中心“十五”科技攻关研究报告“水土资源与国家宏观经济相关分析”, 根据京津冀地区的具体情况做了调整。

表 3 AHP 方法单层排序权重  
Tab.3 The result of AHP

因素名称	B1	B2	B3	权重	一致性检验
B1 距离河流远近	1	5/3	3/1	0.514	I=0.00077
B2 土地利用	3/5	1	2	0.320	RI=0.58
B3 坡度	1/3	1/2	1	0.166	CR=0.0013<0.1

3.3 关键因子量化与空间表达

(1) 距河流的距离(远近)影响: 离河流越近, 能直接利用的水资源相对越多, 反之则较少。本研究采用京津冀地区 1995 年 1 25 万的水系图, 在 Arc/Info 平台下计算空间各点到河流的距离。由于在径流流动过程中在水道上存在损失, 水道越长, 损失越大。所以影响力随距离的衰减也不是线性的。在设置权重的时候, 距离差值逐渐从 1 000m 增加到 3000、5000m, 直到最后的 10 000m。将距离按表 4 的权重指标转换为百分制的无量纲权重值, 在空间上表达为以河流为轴心, 向外扩散的圈层。

由于本文只考虑京津冀行政区边界内的空间点, 该区域内到河流的最远距离小于 30 000m, 对应权重范围是 50~100, 结果如图版 , 彩图 1。

(2) 土地利用因素的影响是由于不同的土地覆盖类型具有不同的蓄水、耗水能力, 例如森林、草地覆盖的区域比裸地的水资源保持能力要大一些。

表 4 到水系不同距离对水资源空间分布的影响权重表  
Tab.4 The weight of distance to river

距离 (m)	权重	距离 (m)	权重
0~1000	100	10000~15000	65
1000~2000	90	15000~20000	60
2000~5000	80	20000~30000	50
5000~10000	70		

采用 2000 年分辨率为 1km×1km 的土地利用栅格数据, 计算土地覆盖因素影响。考虑到不同土地利用类型的蓄水、耗水能力, 设置权重如下: 水域类权重最高; 其次是植被覆盖比较多的地区, 林草类型; 耕地也有一定的能力; 建设用地就明显要低些; 而未利用土地影响很小, 几乎可以忽略。按照表 5, 计算结果如图版 , 彩图 2。

表 5 土地覆盖因素权重表  
Tab.5 The weight of land cover and landuse

一级类型		二级类型		权重
编号	名称	编号	名称	
1	耕地	11	水田	60
		12	旱地	30
		21	有林地	80
		22	灌木林	50
2	林地	23	疏林地	60
		24	其他林地	70
		31	高覆盖度草地	70
		32	中覆盖度草地	50
3	草地	33	低覆盖度草地	40
		41-43	河渠\湖泊\水库	100
		45\46	滩涂\滩地	90
		51	城镇用地	40
4	水域	52\53	农村居民点\其他用地	50
		61	沙地	2
		63\66	盐碱地、裸岩石砾地	10
		64	沼泽地	80
5	城乡、工矿、居民用地	65	裸土地	20
6	未利用土地			

(3) 地形坡度的影响是从保存水量的角度考虑的, 一般地形坡度越大, 其保存水资源的能力越差。坡度数据可根据区域的 DEM 计算。本文采用的是

1 25 万的 DEM 数据, 在 Arc/Info 平台下求得坡度 (slope)。为使影响因素表达为权重因子, 采用坡度数据的 COS 值来代替直接用坡度计算。地形坡度在 0~90 度之间变化, 其 COS 值在 0~1 之间变化, 且坡度越大其 COS 值越小, 其对水资源占有的比例越低。将该值乘 100, 则变成与其他影响要素同样的百分制的无量纲权重值。

由于西北部的张家口和承德一带是山区, 所以坡度较大, COS 值较小; 而中部广大的平原, 值都在 100。计算结果如图版 , 彩图 3。

(4) 根据 AHP 单层因素确定的权重设置调整系数, 综合各因素求得水资源空间分布模型公式如下:

$$W_i = (0.320 * \text{土地覆盖权重} + 0.116 * \text{坡度权重} + 0.514 * \text{到水系距离权重}) \quad (3)$$

其结果如图版 , 彩图 4 所示分辨率为 1km×1km。

## 4 模型结果及分析

根据公式(2), 上述权重空间数据乘以按流域统计的水资源总量, 则得到京津冀地区的水资源空间分布数据(图版 , 彩图 5)。图中水资源数据的单位为万 m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>。通过这种方法得到的水资源空间分布图有较高的分辨率, 物理意义明确, 结果直观再现了水资源的空间分布。

自 1997 年起, 京津冀地区经历了连续的枯水年, 结果显示全区水资源最高值仅为 18.96, 和同期全国最高值的 120 有很大差距, 说明了研究区水资源的严重匮乏。从区内的空间分布情况看: 北京、天津到秦皇岛沿海一线, 在北四河下游和滦河平原一带, 水资源相对丰富; 北三河区和大清河区水量也较充足; 而明显低于区平均水平的是位于张家口市的永定河册田水库一带, 其水资源值仅为 2.34, 还不足最高值的六分之一。

结合京津冀地区近几年提出的“一轴三带”发展规划考虑区域当前水资源的开发利用的可行途径, 得到如下意见:

(1) 京津发展轴方向: 天然水资源量相对充足, 京津地区多年平均地下淡水 (矿化度小于 2g/L) 资源量就有 126.5 亿 m<sup>3</sup>, 但由于该规划区同时也是经济发展的重点, 耗水量也是最大的, 所以需要合理开采地下水资源, 继续大力建设各类城乡供水工

程、引水工程, 以保证该区域的供水满足发展需要;

(2) 滨海新兴发展带方向: 该规划带的发展以港口和大型化工企业为支柱, 所以在有计划地开展对微咸水、经处理污水、海水等非常规水源的开发后, 应该能弥补天然淡水资源的相对不足;

(3) 山前传统发展带: 该规划区水资源匮乏, 且由于发展工业, 使得水污染问题比较严重, 要保证进一步发展需要加大污染的治理, 配合“引黄济冀”等重要城市引水工程, 辅以山区集雨工程;

(4) 燕山—太行山山区生态文化带: 该规划区是典型的城镇密集区, 同时水资源相对稀缺。应当适当控制工业用量, 优先满足生活和农业用水, 同时加大农村机电井、城镇自来水井及企业自备井等供水设施的建设。

## 5 结论

在数据处理过程中对于三级流域存在的空间不连续性问题, 采用按面积分配该流域水资源总量的方法, 实现空间区域与水资源量的对应。但作为模型的控制要素, 不论如何离散, 所有流域空间单元内的水资源总量应该等于统计值。由此来检查计算结果的精度, 发现误差最大值为 19.76%, 大部分控制在 15% 以内, 在接受范围内。误差产生的原因可能是由于区域内跨越了内蒙古高原、华北山地和海河平原三种地貌类型, 地域差异明显, 影响因素具有空间不均匀性。其复杂的变化还有待深入研究。

总体来看, 本文针对当前水文研究中最关注的尺度问题, 在模型构建过程中, 深入分析了自然和社会人文因素对水资源空间分布的影响。模型结果将基于三级流域区套的统计数据展布到 1km 格网中, 打破了统计单元的限制, 在 1km 格网的地理空间单元里灵活表达了水资源数据的空间差异, 为进一步研究提供了数据支持。

## 参考文献

- [1] 王建华, 江 东. 黄河流域二元水循环要素反演研究. 北京: 科学出版社, 2006.
- [2] Alan Alberta. Environment Natural Resources Service Bow Region Water Administration Branch. Water resources management model computer program description. Canada, 1999.

- [3] 张建云等. 气候异常对我国水资源及水分循环影响的评估模型研究. 国家“九五”重中之重科技攻关项目, 2000.
- [4] 吴险峰, 刘昌明. 流域水文模型研究的若干进展. 地理科学进展, 2002, (04).
- [5] 徐雨清等. 遥感和地理信息系统在半干旱地区降雨——径流关系模拟中的应用. 遥感技术与应用, 2000.
- [6] 陈建耀, 梁季阳, 成 立. 柴达木盆地水资源信息系统研究. 水科学进展, 2001, 54~58.
- [7] 郭生练等. 分布式流域水文物理模型的应用和检验. 武汉大学学报(工学版), 2001, 34 (1).
- [8] 刘 英, 包安明, 陈 曦. 塔里木河下游地区地下水空间分布动态模拟. 资源科学, 2006, 95~98.
- [9] 中华人民共和国水利部, 2001 年海河流域水资源公报.
- [10] 中华人民共和国水利部, 2000 中国水资源公报.
- [11] 陈家琦, 王 浩, 杨小柳. 水资源学. 北京: 科学出版社, 2002.

## The Water Distribution Model Application Based on Spatial Information Technology

LEI Ying<sup>1,3</sup>, JIANG Dong<sup>1</sup>, YANG Xiaohuan<sup>1</sup>, WANG Jianhua<sup>2</sup>

(1 Institute of Geographic Sciences and Natural Resource Research, Beijing 100101, China;

2 China Institution of Water Resources and Hydropower Research, Beijing 100044, China;

3 Graduate School of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China)

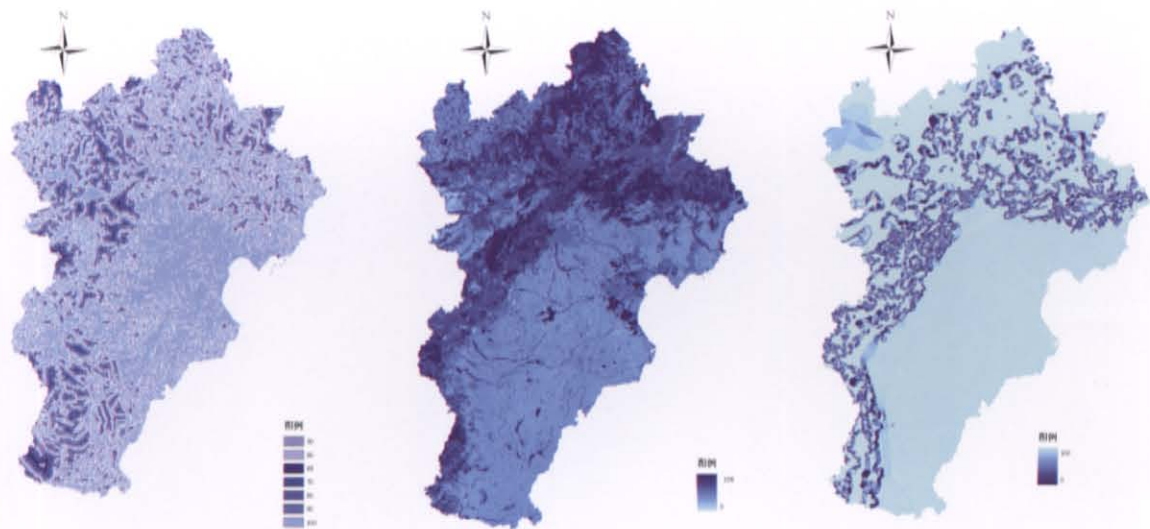
**Abstract:** With rapid development of social productive force, the extent of human activities has been enlarged, which inevitably exerted impact on hydrological cycle. In recent years, water resources of the capital region have (Beijing- Tianjin- Hebei) faced a serious situation such as the crisis of water scarcity, water pollution etc. However, the simple qualitative hydrological analysis could not directly resolve the problem of deployment of water resources, which is considered to be important in sustainable development.

This paper aims at developing a water resource spatial distribution model which adopts the linear weighted method, based on spatial information technology. Three nature- humanity mixed factors were introduced as the parameters of the model to spatialize the statistical data of total water resources quantity: slope, the distance to the river and land cover. Slope would change water storage capacity. Distance is used to represent the water utilization capacity. While different land covers would be corresponding to various infiltration, storage and evaporation characteristics. The Analytic Hierarchy Process method (AHP) is adopted to determine the adjusted weight which is subsequently used to calculate the distribution of each factor. Finally, the sub-basin water resources quantity, which is an average of the sum value in the past 45 years (1956~2000) were spatialized via those factors by GIS spatial analyzing function.

The spatialized result shows high resolution and clear physical significance, visually depicts the spatial distribution of total water resource quantity. Combining with the "one axis three zones" regional developing plan, the paper gives an advice on the usage of sub-region water resource based on both the result and regional demand for water.

**Key words:** water resource; spatial distribution model; sustainable development; capital region

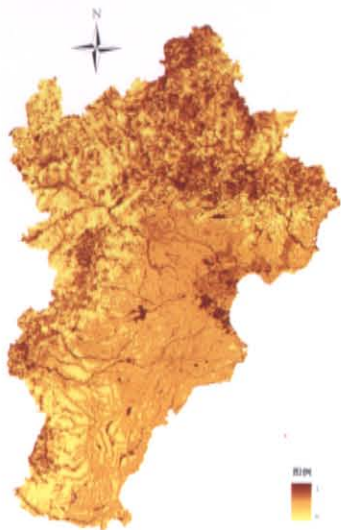




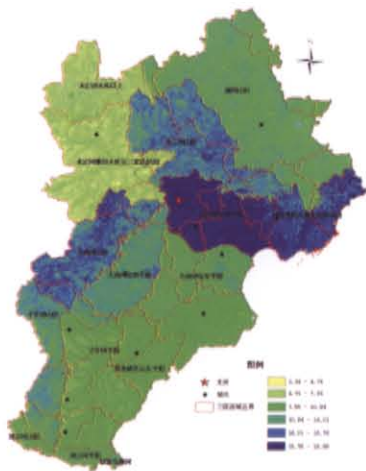
彩图1 水系距离影响权重图  
Fig.1 Weight of distance to river

彩图2 土地利用影响因素图  
Fig.2 Weight of landuse

彩图3 坡度影响因素图  
Fig.3 Weight of slope

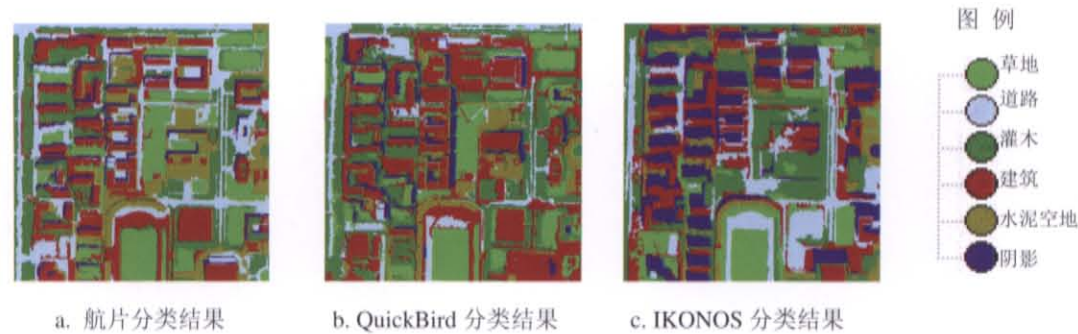


彩图 4 综合影响因素图  
Fig.4 The distribution of compound factors



彩图 5 水资源总量空间分布图  
Fig.5 The distribution of water quantity

江淼 等：航空与卫星影像数据多尺度分割对比研究



a. 航片分类结果      b. QuickBird 分类结果      c. IKONOS 分类结果

彩图 6 航片、QuickBird、IKONOS 影像分类结果图

Fig.6 The classification result of aerial image, QuickBird and IKONOS image