

# 江苏省水土流失重点防治区划分

张洋<sup>1</sup>, 彭瑶<sup>1</sup>, 刘竞妍<sup>1</sup>, 汤建熙<sup>2</sup>, 吴嘉裕<sup>3</sup>, 李盟<sup>3</sup>, 赵言文<sup>1</sup>

(1. 南京农业大学 资源与环境科学学院, 江苏 南京 210095;

2. 江苏省农村水利处, 江苏 南京 210029; 3. 江苏省水土保持办公室, 江苏 南京 210029)

**摘要:** 水土流失重点防治区划分是提高水土流失防治成效的重要途径。在江苏省水土流失现状综合调查的基础上, 采取定性和定量相结合的分析方法, 利用 ArcGIS 等技术手段, 科学合理地进行了新一轮江苏省水土流失重点防治区划分, 获得了江苏省水土流失重点防治区划分成果图。分析结果表明, 江苏省水土流失重点防治区包括水土流失重点预防区和水土流失重点治理区, 面积 35 929 km<sup>2</sup>, 占江苏省总面积 34.96%。其中水土流失重点预防区面积 21 934 km<sup>2</sup>, 占江苏省总面积 21.32%, 水土流失重点治理区面积 13 995 km<sup>2</sup>, 占江苏省总面积 13.64%。

**关键词:** 水土流失; 重点防治区; 江苏省

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2014)02-0300-07

中图分类号: S157.1

DOI:10.13961/j.cnki.stbctb.2014.02.061

## Regionalization of Key Preventing and Controlling Areas of Soil and Water Loss in Jiangsu Province

ZHANG Yang<sup>1</sup>, PENG Yao<sup>1</sup>, LIU Jing-yan<sup>1</sup>, TANG Jian-xi<sup>2</sup>, WU Jia-yu<sup>3</sup>, LI Meng<sup>3</sup>, ZHAO Yan-wen<sup>1</sup>

(1. College of Resources and Environmental Science, Nanjing Agricultural University, Nanjing,

Jiangsu 210095, China; 2. Rural Water Conservancy Department of Jiangsu Province, Nanjing, Jiangsu

210029, China; 3. Soil and Water Conservation Office of Jiangsu Province, Nanjing, Jiangsu 210029, China)

**Abstract:** Regionalization of the key preventing and controlling area of soil and water loss is an important way to improve the effectiveness of prevention and controlling. By combining qualitative method with quantitative method and using technical means such as ArcGIS, a new round of regionalization of the key preventing and controlling area of soil and water loss in Jiangsu Province is carried out scientifically based on a comprehensive survey of the status of soil and water loss and obtained a map of regionalization of the key area. Results show that the key preventing and controlling area in the province consists of key preventing area and key controlling area, with a total area of 35 929 km<sup>2</sup> that accounting for 34.96% of the whole province. The two key areas are 21 934 and 13 995 km<sup>2</sup>, accounting for 21.32% and 13.64% of the whole province, respectively.

**Keywords:** soil and water loss; key prevention and controlled area; Jiangsu Province

环境污染和水土流失已经成为当今世界危害人类生存的两大问题。据联合国开发计划署资料, 由于土壤侵蚀, 世界每年丧失耕地  $5.00 \times 10^6 \sim 7.00 \times 10^6$  hm<sup>2</sup>。另据世界沙化会议的资料显示, 全球受到沙化影响的土地面积有  $3.80 \times 10^7$  km<sup>2</sup>, 约 2/3 的国家和地区深受其害, 涉及全球 40% 以上的人口<sup>[1]</sup>。保护土地、防止水土流失, 已成为当今世界各国十分关注的重大问题。

根据我国第二次遥感调查数据显示, 我国水土流失总面积  $3.56 \times 10^6$  km<sup>2</sup>, 其中水蚀面积  $1.65 \times 10^6$  km<sup>2</sup>, 风蚀面积  $1.91 \times 10^6$  km<sup>2</sup>, 开展水土流失治理工作刻不容缓<sup>[2]</sup>。针对我国水土流失分布范围广, 面积大, 侵蚀类型多样以及类型复杂的特点, 需区分轻重缓急对水土流失区域进行分类治理或预防。《水土保持法》及其实施条例规定了水土流失重点防治区的概念, 包括水土流失重点预防保护区、重点监督区和重

收稿日期: 2013-05-19

修回日期: 2013-05-26

资助项目: 江苏省水利科技项目“江苏省水土保持规划”(2012031)

作者简介: 张洋(1988—), 男(汉族), 河南省南阳市人, 硕士研究生, 研究方向为水土保持、耕地适宜性评价、环境影响评价。E-mail: 2010103089@njau.edu.cn。

通信作者: 赵言文(1965—), 男(汉族), 江苏省徐州市人, 教授, 博士生导师, 主要从事环境生态学、生态环境影响评价研究。E-mail: ywzhao@njau.edu.cn。

点治理区(简称“三区”)。新修订的《水土保持法》规定的水土流失重点防治区不再保留水土流失重点监督区,明确为水土流失重点预防区和重点治理区(以下简称“两区”),并要求县级以上人民政府依据水土流失调查结果划定并公告。为更好地贯彻落实新的《水土保持法》,各级人民政府急需开展水土流失重点防治区的划分工作,而划分方法的确定成为首先要解决的问题。本研究在江苏省水土流失现状综合调查结果的基础上,根据江苏省自然环境和社会经济情况,采用 ArcGIS 等技术手段,通过定性与定量相结合的划分方法,获得江苏省水土流失重点防治区划分成果,为江苏省水土保持工作分区开展提供指导。

## 1 研究区概况及数据来源

### 1.1 研究区概况

江苏省位于我国大陆东部,国土面积  $1.03 \times 10^5$  km<sup>2</sup>,占全国的 1.06%。境内地形以平原为主,占总面积的 69%,其它地形如水域占总面积的 16.9%,低山丘陵岗地占总面积的 14.3%,水域面积比例之高居全国首位。境内气候属于温带向亚热带的过度性气候,植物种类丰富多样,既有许多暖温带的种属,也有不少亚热带的种属。

江苏省水土流失主要分布在丘陵山区(低山、丘陵、岗地)和平原沙土区,大部分地区以水力侵蚀为主<sup>[3-4]</sup>,少部分地区还存在风蚀现象。据水土流失遥感调查统计,该省轻度以上水土流失面积 6 279 km<sup>2</sup>,占该省土地总面积的 6.1%,其中丘陵山区流失面积 4 018 km<sup>2</sup>,平原沙土区 2 261 km<sup>2</sup>,分别占该省水土流失面积的 64.0%和 36.0%。

### 1.2 数据来源

平均海拔数据是通过地理信息系统(GIS)从江苏省 30 m 分辨率的数字高程模型(DEM)中提取的,年均降水量和年均气温来源于江苏省统计年鉴和各县的政府网站,其它数据均来源于各地水利主管部门上报数据。社会经济统计数据来源于江苏省统计年鉴和各地水利主管部门上报数据。土地利用数据为 2010 年江苏省各地土地利用数据,来源于各地水利主管部门上报数据和各地国土部门网站。水土流失数据来源于 2011 年开始进行的江苏省水土流失现状调查成果。所有数据均以乡镇级行政单元收集,共 105 个县级单元,1 335 个乡镇的数据。

## 2 划分方法

基于江苏省综合调查数据,以定性分析为主,定量分析为辅,科学合理筛选划分指标,构建指标体

系和划分模型,并利用 ArcGIS 等技术手段,将定性和定量分析结果进行叠置分析,获得江苏省水土流失重点防治区划分最终结果。

### 2.1 重点预防区和重点治理区划分指标的选择

2.1.1 水土流失重点预防区 根据新《水土保持法》,水土流失重点预防区是指水土流失潜在危险较大的区域。基本特征为植被相对较好,林草覆盖度较大;人口密度较低,人为活动较少;现状水土流失轻微,但潜在水土流失危险程度较高;对国家或区域防洪安全、水资源安全和生态安全有重大影响。根据水土保持法及其释义的定义,选取指标为:

#### (1) 定性指标。

① 重要水资源保护区:包括饮用水源保护区、洪水调蓄区、重要水源涵养区、重要渔业水域、大中型水库等。

② 清水通道维护区:重要水源输送和水质维护功能的河流,运河及其两侧一定范围内予以保护的区域。

③ 重要生态维护区:包括自然保护区、风景名胜区、地质公园、森林公园、重要湿地、生态公益林、特殊生态产业区等。

在以上所述的区域内,一般当前水土流失强度不大,同时具有较高的林草覆盖率,并且人口密度很小,受人类活动影响较小,水土保持作用很明显。但是其潜在的水土流失危险较高,容易遭受人为活动的影响造成不可逆损害,发生较严重的水土流失,这些区域需要重点预防保护。因此,符合以上所述的区域,均纳入水土流失重点预防区的范畴。

#### (2) 定量指标。

① 林草覆盖率。本研究中的林草覆盖率,是指某一地域内具有水土保持作用的林地和草地的总面积所占该地域总面积的比例,其大小用百分数表示(%)。林草植被通过林冠截流、林下草灌和枯枝落叶层的拦蓄以及植物根系对土壤的固结作用而保持水土、涵养水源、改善土壤肥力,林草覆盖率越高,其防治水土流失作用越明显。根据刘斌、郭忠升等<sup>[5-6]</sup>的研究表明,根据不同林草覆盖率的水土保持作用效果,可以将林草覆盖率划分为 3 个区间,当林草覆盖率达到 60%时,其水土保持作用效果几乎达到临界值;当覆盖率在 30%~60%之间时,其水土保持作用效果随着覆盖率的增加而增强;当低于 30%时,其水土保持作用就很难体现出来。据此,可将林草覆盖率分成 3 个等级,并根据每个基本划分单元的林草覆盖率大小,赋予不同的分值(表 1)。

② 土壤侵蚀潜在危险度。土壤侵蚀潜在危险度,是对突然侵蚀发展演变特征的动态描述,是指某一地区生态系统失衡后出现的土壤侵蚀危险程度。经常用于评估某一地区引起侵蚀和现状侵蚀区加剧侵蚀可能性的大小。土壤侵蚀过程极其复杂,难以建立物理机制明确、参数获取方便的可操作强的计算模型。根据孙希华、陈学兄等<sup>[7-8]</sup>关于土壤侵蚀潜在危险度的研究显示,某地区的土壤侵蚀潜在危险度,跟当地的土壤质地、坡度、林草覆盖率、气候等因素有密切关系。其中的土壤质地对土壤侵蚀潜在危险度的影响按《土壤侵蚀分类分级标准(SL190—2007)》附录 A 进行判定,坡度则与其具有正相关关系,气候中如降雨等,则对其有加强作用。根据本研究初期获取的江苏省水土流失综合调查数据,综合考虑各因子之后,将江苏省的土壤侵蚀潜在危险度分为 3 个等级:轻险型、危险型以及强险型。对每一种危险程度赋予不同的分值(表 1)。

③ 平原沙土区面积比。平原沙土区面积比指某一区域内平原沙土区的面积占该区域面积总数的比例,其大小用百分数表示(%)。平原沙土区内,土质砂性、结构松散、团粒结构少、黏结性差、含水率小,表层土稍受压力则松散成粉末,其抗冲性和抗蚀性低,一旦遇到大雨,极易被地表径流冲刷,造成水土流失。因此,沙土面积比越大,则发生水土流失的可能性就越大。根据本次江苏省水土流失综合调查结果显示,江苏省平原沙土区面积分部比较集中,大部分集中在废黄河(黄河改道)高亢平原沙土区、沿海平原沙土区以及通扬河以南高沙土区<sup>[9-10]</sup>,所占比例大部分在 30%~70%之间。本研究将其分为 3 个区间,即≤

30%,30%~70%和≥70%,根据划分基本单元内沙土区面积的不同比例,赋予不同的分值(表 1)。

④ 人口密度。人口密度指单位面积土地上居住的人口数,是反映某一地区范围内人口疏密程度的指标,用每平方公里常住人口数(人/km<sup>2</sup>)来表示。人口密度越大,人类的活动就越频繁,对所在区域的扰动强度就增大,相应的水土流失强度就增大。根据水土流失重点预防区的涵义,重点预防区当前人口密度较低,人为活动较少,因此人口密度与水土流失重点预防区呈现负相关关系。据本次江苏省水土流失现状综合调查显示,江苏省人口密度多数在 400~980 人/km<sup>2</sup> 的区间,根据江苏省人口密度分布的特点,将人口密度分为:0~600 人/km<sup>2</sup>,600~900 人/km<sup>2</sup>,900 人/km<sup>2</sup> 以上这 3 个等级,根据划分基本单元内不同的人口密度,赋予不同的分值(表 1)。

⑤ 建设用地面积比。建设用地面积比指区域内建设用地面积占区域总面积的比例,其大小用百分数表示(%)。建设用地,是指建造建筑物、构筑物的土地,包括城乡住宅用地、公共设施用地、工矿用地、交通水利用地以及通信等基础设施用地,旅游用地,军事用地等。建设用地的多少,可以反映区域内人为活动的强烈程度。建设用地面积比越大,说明该区域内人为活动频繁,不利于水土保持,因此建设用地面积比与重点预防区呈现负相关关系。根据对江苏省水土流失综合调查数据显示,江苏省各地建设用地面积比多在 15%~65%之间,根据江苏省建设用地情况,将该指标划为 3 个区间,即≤20%,20%~60%,≥60%,根据划分基本区内建设用地面积比例,分别给该指标赋予不同的分值(表 1)。

表 1 重点预防区各指标等级划分及赋值

一级指标	二级指标	等级划分			指标性质
		0—3 级	4—6 级	7—10 级	
自然生态环境	林草覆盖率/%	≤30	30~60	≥60	正向指标
	平原沙土区面积比/%	≤30	30~70	≥70	正向指标
	土壤侵蚀潜在危险度	无险型	危险行	强险型	正向指标
社会经济环境	人口密度/(人·km <sup>-2</sup> )	≥900	600~900	≤600	逆向指标
	建设用地面积比/%	≥60	20~60	≤20	逆向指标

注:正向指标是指数值越大,对目标越有利的指标,逆向指标是指数值越大,对目标越不利的指标。

### 2.1.2 水土流失重点治理区

(1) 定性指标。重点治理区划分中定量指标选取了水土流失严重的平原沙土区和水土流失严重的丘陵山区两个。水土流失严重区域指的是土壤侵蚀强度属中度以上的区域,即土壤侵蚀模数在 2 500 t/km<sup>2</sup> 以上的区域。在这类平原沙土区和丘陵山区,水土流失十分严重,已经对江苏省土地资源、土地生

产力、抵御灾害能力、水环境安全、自然生态环境、生产生活等均带来影响深远的危害,亟需采取一定的水土保持措施,改善目前情况,根据水土流失重点治理区的涵义,这类区域应当划在重点治理区的范畴。

(2) 定量指标。

① 轻度以上水土流失面积比。轻度以上水土流

失面积比,指区域内土壤侵蚀程度在轻度以上的土地面积占该区域总面积的比例,其大小用百分数表示(%)。轻度水土流失区域指土壤侵蚀模数在 200 t/km<sup>2</sup> 以上的区域。该比例越大,该区域越有可能划为重点治理区。根据本研究的综合调查数据显示,江苏省各地区轻度以上水土流失面积在 2.1%~13.64% 之间,根据此数据,可将此指标划为 3 个区间,即 ≤4%, 4%~10%, ≥10%, 根据各划分基本单元内该指标的值分别赋予不同的分值。

② 林草覆盖率。根据重点预防区内对该指标的分析,可知,随着某区域该指标值的降低,说明该区域内水土流失较为严重,因此它和重点治理区的划分呈现负相关的关系。等级划分及赋值情况详见表 2。

③ 丘陵山区面积比。丘陵山区面积比指区域内丘陵山区的面积占区域面积总和的比例,其大小用百分数来表示(%)。山丘区较大的地势落差导致这些区域坡度较陡,再加上部分丘陵山区林草覆盖率低、

土薄缺水等,在降雨、径流等作用下很容易发生水土流失。因此,某一区域内丘陵山区面积所占比例越大,则该区域水土流失程度就比较严重,与重点治理区的划分呈现正相关的关系。根据江苏省水土流失现状分析可知,江苏省水土流失主要分布在丘陵山区(低山、丘陵、岗地),本研究综合调查数据显示,江苏省丘陵山区分布集中在淮北丘陵岗地区、宁镇扬丘陵岗地区、宜溧低山丘陵区以及太湖丘陵区 4 个区域,所占比例从 3%到 98%不等。根据江苏省丘陵山区的分部特点,将该指标分为 3 个区间,即 ≤20%, 20%~80%, ≥80%, 不同比例赋予不同的分值(表 2)。

④ 人口密度和建设用地面积比。这两项指标含义及表示方法跟重点预防区内这两项指标相同。根据上述分析,这两项指标数值越大,说明该区域所遭受的人为活动的影响就越强烈,加重了区域内水土流失,因此它们与重点治理区的划分呈现正相关关系。这两项指标的等级划分及赋值情况详见表 2。

表 2 重点治理区各指标等级划分及赋值

一级指标	二级指标	等级划分			指标性质
		0—3 级	4—6 级	7—10 级	
自然生态环境	轻度以上水土流失面积比/%	≤4	4~10	≥10	正向指标
	林草覆盖率/%	>60	30~60	≤30	逆向指标
	丘陵山区面积比/%	≤20	20~80	≥80	正向指标
社会经济环境	人口密度/(人·km <sup>-2</sup> )	≤600	600~900	≥900	正向指标
	建设用地面积比/%	≤20	20~60	≥60	正向指标

2.2 定量指标权重的确定

目前,指标权重的确定方法主要有主观赋权法和客观赋权法两类。主观赋权法主要依据对各指标的主观重视程度由专家根据经验进行赋权,客观赋权法主要依据指标反映的客观信息来反映其相对重要程度,两者各有其优缺点。为充分利用两种方法的优势,本研究将主观赋权法中的层次分析法和客观赋权法中的熵权法组合在一起,形成组合赋权法来确定定量指标的权重<sup>[11]</sup>。

2.2.1 层次分析法确定权重 层次分析法(AHP)

是一种定性与定量相结合的分析评价方法。其具体步骤为:将决策有关的元素分解成目标、准则、方案等层次,首先对各层元素指标两两进行比较,确定其相对重要性,并分级构造判断矩阵,然后计算各判断矩阵的特征向量,得到各评价指标的相对权重<sup>[12-14]</sup>。在研究过程中邀请了 12 位熟悉“两区”划分并参与了江苏省原“三区”划分的专家和 8 位长期在江苏省从事水保工作的人员对“两区”划分定量指标的相对重要性进行评估,随后利用层次分析法软件(yaahp 0.5.2)来各定量指标的权重。计算结果详见表 3—4。

表 3 AHP 法确定的水土流失重点预防区划分指标权重结果

目标层	因素层		指标层		AHP 综合权重 W <sub>1i</sub>
	内容	权重	内容	权重	
水土流失重点预防区划分综合指数	自然生态环境	0.833 3	林草覆盖率	0.539 6	0.449 7
			平原沙土区面积比	0.297 0	0.247 5
			土壤侵蚀潜在危险	0.163 4	0.136 1
	社会经济环境	0.166 7	人口密度	0.750 0	0.125 0
			建设用地面积比	0.250 0	0.041 7

注:一致性检验:CR<0.1。

表 4 AHP 法确定的水土流失重点治理区划分指标权重结果

目标层	因素层		指标层		AHP 综合权重 $W_{1i}$
	内容	权重	内容	权重	
水土流失重点治理区划分综合指数	自然生态环境	0.800 0	林草覆盖率	0.163 4	0.130 7
			轻度以上水土流失面积比	0.539 6	0.431 7
	社会经济环境	0.200 0	丘陵山区面积比	0.297 0	0.237 6
			人口密度	0.800 0	0.160 0
		建设用地面积比	0.200 0	0.040 0	

注：一致性检验： $CR < 0.1$ 。

2.2.2 熵权法确定权重 熵权法是一种客观赋权方法,在具体使用过程中,熵权法根据各指标的变异程度,利用信息熵计算出各指标的熵权,再通过熵权对各指标的权重进行修正,从而得出较为客观的指标权重。使用熵权法确定指标权重一般分为 4 个步骤<sup>[15]</sup>。

(1) 构建原始矩阵。设有  $m$  个评价指标,  $n$  个评价对象则构成原始矩阵  $A$  为:

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & \cdots & a_{2n} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ am_1 & am_2 & am_3 & \cdots & am_n \end{bmatrix}$$

(2) 原始数据矩阵归一化。设  $m$  个评价指标  $n$  个评价对象的原始数据矩阵为:  $A = (a_{ij})_{m \times n}$  对其归一化后得到  $R = (r_{ij})_{m \times n}$ 。对正向指标而言(如林草覆盖率),归一化公式为:

$$r_{ij} = \frac{a_{ij} - \min\{a_{ij}\}}{\max\{a_{ij}\} - \min\{a_{ij}\}}$$

对于逆向指标(如人口密度)而言,归一化公式为:

$$r_{ij} = \frac{\max\{a_{ij}\} - a_{ij}}{\max\{a_{ij}\} - \min\{a_{ij}\}}$$

(3) 计算第  $i$  个指标的熵值  $h_i$ 。在有  $m$  个指标、 $n$  个被评价对象的评估体系中,第  $i$  个指标的熵为:

$$h_i = -k \sum_{j=1}^n f_{ij} \ln f_{ij}$$

式中:  $f_{ij} = \frac{r_{ij}}{\sum_{i=1}^n r_{ij}}$ ,  $k = \frac{1}{\ln n}$ ,为使  $\ln f_{ij}$  有意义,一般需要假定  $f_{ij} = 0$  时,  $f_{ij} \ln f_{ij} = 0$ 。

(4) 计算第  $i$  个指标的熵权  $W_i$ 。

$$W_i = \frac{1 - h_i}{m - \sum_{i=1}^m h_i} \quad (0 \leq W_i \leq 1, \sum_{i=1}^m h_i = 1)$$

在研究过程中,重点防治区和重点治理区划分指标选择数量均为 5 个,并选择乡镇区域作为基本划分单元。根据本次江苏省水土流失现状综合调查结果,共收集到了江苏省 105 个县级单元,1 335 个乡镇的

水土流失现状数据。因此,对于本研究  $m = 5, n = 1335$ 。按照熵权法计算过程,将调查所得各定量指标的数据带入,计算最终结果见表 5—6。

表 5 熵权法确定的水土流失重点预防区划分指标熵值及权重

指标	熵 $h_i$	熵权法权重 $W_{2i}$
林草覆盖率	20.916 5	0.222 0
平原沙土区面积比	16.476 2	0.172 5
土壤侵蚀潜在危险	14.088 8	0.145 9
人口密度	21.568 0	0.229 3
建设用地面积比	21.659 3	0.230 3

表 6 熵权法确定的水土流失重点治理区划分指标熵值及权重

指标	熵 $h_i$	熵权法权重 $W_{2i}$
林草覆盖率	20.955 6	0.222 0
轻度以上水土流失面积比	19.697 3	0.208 0
丘陵山区面积比	16.885 7	0.176 7
人口密度	17.041 8	0.178 4
建设用地面积比	20.322 2	0.214 9

2.2.3 组合赋权法确定权重 根据层次分析法和熵权法确定各项指标权重,采用线性加权法计算组合权重,并且认为主观赋权法和客观赋权法的重要性一致<sup>[11,16-17]</sup>,即取两种赋权结果的平均值。计算公式为:

$$W_i = 0.5 \times W_{1i} + 0.5 \times W_{2i}$$

式中:  $W_i$ ——第  $i$  个指标的组合权重;  $W_{1i}$ ——第  $i$  个指标 AHP 权重;  $W_{2i}$ ——第  $i$  个指标熵权重; 0.5 为偏好系数(权系数)。

将根据 AHP 法和熵权法计算得到的定量指标权重带入公式,计算结果详见表 7—8。

表 7 组合赋权法确定的水土流失重点预防区划分指标权重

指标	组合权重 $W_i$
林草覆盖率	0.335 9
平原沙土区面积比	0.210 0
土壤侵蚀潜在危险度	0.141 0
人口密度	0.177 1
建设用地面积比	0.136 0

表 8 组合赋权法确定的水土流失重点治理区划分指标权重

指标	组合权重 $W_i$
林草覆盖率	0.176 3
轻度以上水土流失面积比	0.319 8
丘陵山区面积比	0.207 1
人口密度	0.169 2
建设用地面积比	0.127 5

### 2.3 “两区”划分模型的构建

对于定量指标,在运用组合赋权法求得各个指标的权重之后,再利用因子加权求合法构建江苏省水土流失重点防治区划分模型<sup>[18]</sup>。

(1) 对于重点预防区的划分,第  $i$  个基本划分单元的重点预防区划分综合指数  $E_{1i}$  计算公式为:

$$E_{1i} = 0.3359 \times \text{林草覆盖率得分} + 0.2100 \times \text{平原沙土区面积比得分} + 0.1410 \times \text{壤侵蚀潜在危险度得分} + 0.1771 \times \text{人口密度得分} + 0.1360 \times \text{建设用地面积比得分}$$

(2) 对于重点治理区的划分,第  $i$  个基本划分单元的重点治理区划分综合指数  $E_{2i}$  计算公式为:

$$E_{2i} = 0.1763 \times \text{林草覆盖率得分} + 0.2071 \times \text{丘陵山区面积比得分} + 0.3198 \times \text{轻度以上水土流失面积比得分} + 0.1692 \times \text{人口密度得分} + 0.1275 \times \text{建设用地面积比得分}$$

### 2.4 计算结果和划分标准

在对每个基本划分单元(乡镇)的定量划分指标进行打分赋值以后,将各指标得分代入综合指数计算公式中,最终计算得,水土流失重点预防区综合指数分布范围:0~6.90,平均值为 3.38,水土流失重点治理区综合指数分布在 1.45~9.10 之间,平均值为 3.93。

关于综合指数为多少时,可归纳为水土流失重点防治区,没有统一标准,国内外也并无此方面的研究。本研究在确定划分标准时,对每个基本划分单元的得分值与单元内的水土流失现状、自然环境状况进行分析,并经过反复比对,然后向从事水土保持研究、工作的专家和工作人员咨询,并经过反复商讨,最终确定将重点预防区综合指数分值在 3.50 以上的基本划分单元划分为水土流失重点预防区;将重点治理区综合指数在 5.80 以上的基本划分单元划为水土流失重点治理区。并利用 ArcGIS 等技术手段,以江苏省土地利用现状图为底图,将定量划分结果以“可视化”的图件形式展现出来。

### 2.5 GIS 技术在“两区”划分中的应用

空间叠置分析是在统一空间参照系统下,每次将同一地区两个地理对象的图层进行叠合,以产生空间

区域的多重属性特征,或建立地理对象之间的空间对应关系<sup>[19-20]</sup>。它是基于两个或两个以上的图层来进行空间逻辑的交、并、差运算,并对叠合范围内的属性进行分析评定。本研究利用 GIS 的空间叠置分析功能,将定性和定量划分得到的“两区”划分成果图层相叠加,获得最终到江苏省水土流失重点预防区划分成果。

## 3 江苏省水土流失重点防治区划分结果

利用 GIS 的空间叠置分析功能将定性分析和定量分析划分成果相叠加,得到江苏省水土流失重点预防区和治理区最终成果,并将水土流失重点预防区和重点治理区相叠加,按照“集中连片,协调平衡与已有成果和规划的对接、统筹考虑水土流失现状和防治需求”的划分原则,进行图层的合并,得到最终江苏省水土流失重点防治区划分成果图(图 1)。

将最终所得成果面积提取出来,最终得江苏省水土流失重点防治包括水土流失重点预防区和水土流失重点治理区,面积 35 929 km<sup>2</sup>,占江苏省总面积 34.96%。其中水土流失重点预防区面积 21 934 km<sup>2</sup>,占江苏省总面积 21.32%,水土流失重点治理区面积 13 995 km<sup>2</sup>,占江苏省总面积 13.64%。

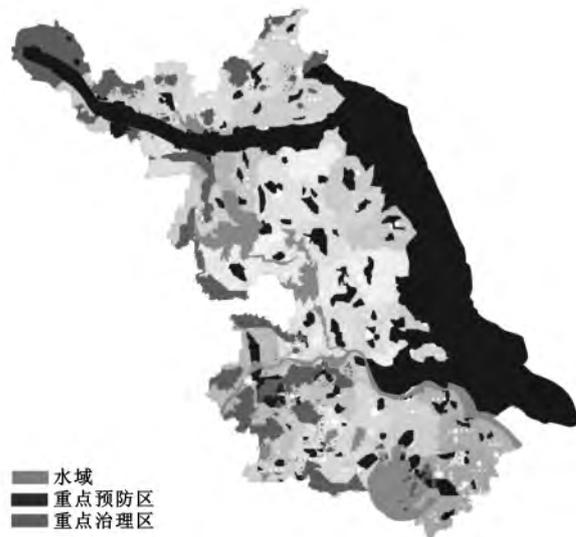


图 1 江苏省水土流失重点防治区分布

## 4 结论

本研究在江苏省水土流失现状综合调查的基础上,筛选“两区”划分的定性与定量指标,采用主观与客观赋权相结合的组合赋权法,构建江苏省水土流失重点防治区划分模型,按照新水保法要求,科学合理划分了江苏省的水土流失重点防治区。在划分过程

中,以乡镇区域作为基本单元。采用的划分方法,避免了以往划分过程中标准不统一,随意性强,界限不明确等问题,使划分结果的实用性更强,一方面有利于江苏省水保主管部门分区分类顺利开展水土流失治理工作,最大限度的保护和合理开发利用水土资源,控制人为造成的新水土流失;另一方面有利于改善江苏省生态环境和农业生产条件,促进国民经济和社会的可持续发展,提高人民生活水平,实现人与自然的和谐共处。所用划分方法以及划分的具体过程,为其它区域水土流失重点防治区的划分提供了参考。但是,本研究划分指标的选择依据不够充分、种类不多,不能全面反映划分基本单元的真实情况。下一步研究的重点内容之一就是指标的选择类型和数量,如何选择,才能更加全面反映划分基本单元内水土流失基本情况,使最终划分结果更科学合理。由于在综合调查过程中,对于数据的收集存在很大的困难,导致部分区域的基础数据缺失,对划分结果造成了一定的影响。关于定量分析中不同分区综合指数标准的确定,存在一定的人为主观性,在下一步的研究中,希望能建立适当的评价体系对划分的结果进行评估,从而使划分结果更合理,更具有说服力。

#### [ 参 考 文 献 ]

- [1] 周作亨. 国内外水土保持发展的动态综述[J]. 江西水利科技, 1994, 20(1): 87-92.
- [2] 郭廷辅. 我国水土保持工作现状、问题和对策[J]. 地理研究, 1995, 14(4): 1-7.
- [3] 邹碧莹, 丁美, 籍春蕾, 等. 江苏省丘陵山区及平原沙土区水土流失综合治理及效益评估研究[J]. 水土保持通报, 2012, 32(1): 156-160, 180.
- [4] 姚俊琪, 高见, 夏晶. 江苏省丘陵山区水土流失现状及综合治理措施研究[J]. 江苏水利, 2011(11): 14-15.
- [5] 郭忠升. 水土保持植被的有效盖度、临界盖度和潜势盖度[J]. 水土保持通报, 2000, 20(2): 60-62.
- [6] 刘斌, 罗全华, 常文哲, 等. 不同林草植被覆盖度的水土保持效益及适宜植被覆盖度[J]. 中国水土保持科学, 2008, 6(6): 68-73.
- [7] 孙希华, 闫福江, 王新华. 青岛市土壤侵蚀潜在危险度评价研究[J]. 中国水土保持, 2004(3): 9-11.
- [8] 陈学史, 常庆瑞, 赵业婷. 陕西富县土壤侵蚀潜在危险度评价[J]. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 2011, 39(8): 171-177.
- [9] 高之栋, 柏继利, 王运昌. 平原沙土区水土流失及其防治措施探讨: 从江苏省河道清淤及其效益分析[J]. 亚热带水土保持, 2012, 24(3): 39-42.
- [10] 金兆森, 陶涛. 江苏省平原沙土地区水土保持措施及其作用[J]. 水土保持研究, 2005, 12(5): 119-121.
- [11] 曾宪报. 组合赋权法新探[J]. 预测, 1997, 16(5): 69-72.
- [12] 谢承华. AHP 及其应用[J]. 兰州商学院学报, 2001, 17(2): 79-82.
- [13] 彭立圣, 牟瑞芳. 层次分析法在生态旅游资源评价中的应用研究[J]. 环境科学与管理, 2006, 31(3): 177-180.
- [14] 危向峰, 段建南, 胡振琪, 等. 层次分析法在耕地地力评价因子权重确定中的应用[J]. 湖南农业科学, 2006(2): 39-42.
- [15] 王倩, 刘学录. 基于熵权法的兰州市耕地整理潜力综合评价[J]. 甘肃农业大学学报, 2009, 44(6): 123-127.
- [16] 宋光兴, 杨德礼. 基于决策者偏好及赋权法一致性的组合赋权法[J]. 系统工程与电子技术, 2004, 26(9): 1226-1230.
- [17] 王明涛. 多指标综合评价中权系数确定的一种综合分析方法[J]. 系统工程, 1999, 17(2): 56-61.
- [18] 李旭宏, 李玉民, 顾政华, 等. 基于层次分析法和熵权法的区域物流发展竞争态势分析[J]. 东南大学学报: 自然科学版, 2004, 34(3): 398-401.
- [19] 宋少辉, 李鸿奎. GIS 技术中矢量数据空间叠置分析及应用[J]. 中国高新技术企业评价, 2007(4): 61-62.
- [20] 范大昭, 雷蓉. 利用空间叠置分析探测地形图数据库的变化[J]. 海洋测绘, 2005, 25(2): 44-47.