

文章编号:1004-8227(2003)05-0485-06

GIS支持下的重庆市自然灾害综合区划

蒋勇军¹, 况明生¹, 李林立¹, 冯绍国¹, 方佳军², 高方立², 曹晓林², 杨定中²

(1. 西南师范大学资源环境科学学院, 重庆 400715; 2. 重庆市人民政府救灾办公室, 重庆 400015)

摘 要:根据自然灾害系统理论从孕灾环境、自然致灾因子和承灾体 3 个方面分别选取评价指标,通过 GIS 分析分别得到了重庆市孕灾环境敏感度图、自然致灾因子危险度图和区域承灾体脆弱度图。将孕灾环境的敏感度图、自然致灾因子的危险度图和承灾体的脆弱度图在 GIS 软件中进行叠加分析,得到重庆市自然灾害区划的基本单元。经过对基本单元属性数据库的数据处理,根据拟定的区划原则,采用“自下而上”的区划定量分析方法并结合“自上而下”的区划方法对重庆市自然灾害区域分异进行分析,并进行自然灾害综合区划,得到四个自然灾害区。最后分别论述了每个自然灾害区的自然灾害、自然环境以及社会经济的情况。通过对自然灾害基本单元的确定、空间单元属性信息和空间单元分布的相互关系以及区划综合评价指标方面的探索,以期重庆市的区域防灾减灾提供科学依据,从而促进重庆市社会、经济的可持续发展。

关键词: GIS; 重庆市; 自然灾害; 自然灾害综合区划

文献标识码:A

自然灾害综合区划的研究,从本质上来说是属于自然区划的一部分^[1]。国外学者对自然灾害综合区划的研究多是针对单一灾害类型以及有关公众对灾害的应急对策和小区域的研究,并引入 GIS 技术来定量进行研究^[2-5]。国内学者从 1983 年首届全国天文、地质、地震、气象相互关系学术讨论会上提出“灾害学”^[6]这门新学科及 1989 年我国响应联合国号召成立 IDNDR(国际减灾十年委员会)中国委员会以后,对自然灾害这一领域的研究力度逐渐加大,自然灾害单灾种的区划和自然灾害综合区划日渐增多,区划指标已经由单一的指标向综合指标发展,并且技术手段呈现多样化,特别是 GIS 技术手段逐渐被引入;同时区划方法从定性分析向定量分析发展^[7-23]。

从国内外十多年自然灾害区划文献来看,大多数区域划分方法局限于对单元属性数据的处理,对单元空间分布及其之间的依赖关系等空间要素考虑不多。因此,本文尝试在 GIS 平台上既考虑空间单元属性信息的同时,又考虑空间单元相互关系,使二者有机地结合起来,将定性分析与定量分析相结合运用于自然灾害区域划分。

1 重庆市自然灾害综合区划的目的、意义和方法

1.1 目的和意义

重庆市是全国自然灾害极为严重的地区,自然灾害带来的经济损失、人员伤亡及资源环境的破坏触目惊心,严重制约了重庆市区域社会、经济、资源环境的可持续发展。

重庆市自然灾害综合区划的目的和意义是:

(1)揭示重庆市不同地域自然灾害的区域差异及演变过程,并分类、分区和制图,指导区域防灾、减灾工作;

(2)分析研究各级灾害单元的性质、特点,并进行灾害的经济影响评价;

(3)查明人类活动与灾害形成机制之间的关系,特别是要预见在国土资源开发中可能出现的加重灾害的消极后果,并在开发前就要提出合理利用与维护生态环境的防灾、减灾对策措施;

(4)总结经验,引进新技术手段进行灾害的研究,推动灾害学科研究手段的革新和发展。

收稿日期:2002-10-15; 修回日期:2003-02-24

基金项目:院士基金项目;重庆市科委“重庆市 2001~2010 年减灾规划”项目(99-5482)

作者简介:蒋勇军(1969~),男,湖南省益阳人,博士研究生,主要从事资源环境与 GIS 应用研究。

1.2 研究方法

根据重庆市自然灾害特征,着重考虑市域内洪涝、干旱和地质 3 种自然灾害来进行区划。

根据灾害系统理论^[26],区域灾害系统是由孕灾环境、致灾因子和承灾体共同组成的地球表层异变系统,灾情是这个系统中各子系统相互作用的产物。因此,自然灾害基本单元是在考虑以上 3 个方面因素的影响来确定的。从孕灾环境、自然致灾因子和承灾体 3 个方面选取自然灾害综合区划所需基础图件并建立相应的自然灾害数据库,确定自然灾害基本单元并筛选出自然灾害综合区划所需的量化指标,在 GIS 支持下,采用“自下而上”并结合“自上而下”的自然区划方法来定量地进行自然灾害综合区划(见图 1)。

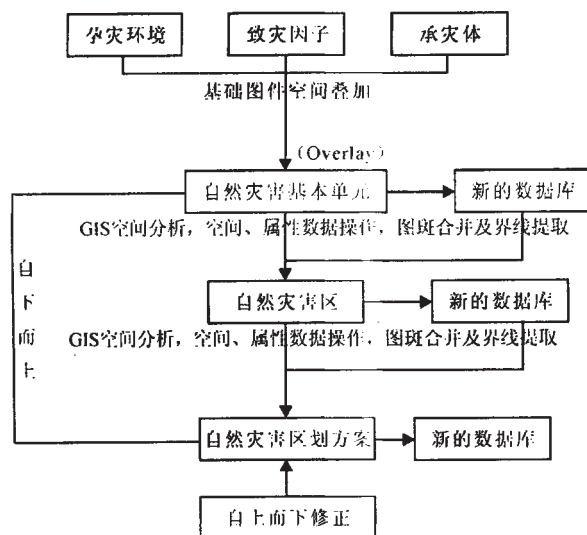


图 1 技术路线与方法图

Fig.1 Technical Route and Method

2 重庆市自然灾害综合区划原则

区划原则是进行自然灾害区划的基础,它为选取区划指标、区划方法、区划等级等提供基本依据。进行自然灾害区划,应该同时考虑自然灾害系统各组成部分(孕灾环境、致灾因子、承灾体和灾情)的不同要素,遵循灾情形成机制,分析主要灾种区域分异规律等,根据以上的要求,在进行重庆市自然灾害综合区划时,主要遵循以下原则:

区域自然灾害孕灾环境的一致性和差异性;

区域自然灾害致灾因子组合类型、时空聚散、强度和频度分布的一致性和差异性;

区域自然灾害承灾体类型、承灾能力和抗灾能力的一致性和差异性;

为防灾、减灾服务,在满足其它条件的基础上,尽可能保持县级行政线的完整性。

3 重庆市自然灾害综合区划

3.1 GIS 软件的选取

选用国内的 MapGIS 和美国 MapInfo 公司的 MapInfo Professional5.0 两软件来完成重庆市自然灾害综合区划。MapGIS 主要是用来进行图形数据采集、处理、图幅拼接、误差校正、投影转换等基础图形的建设;MapInfo 主要用来对图形数据、属性数据进行操作分析、结果显示等。

3.2 基础图件及区划量化指标

3.2.1 基础图件 以重庆市区图及相应的社会、经济等要素的属性数据库作为基础底图,以重庆市地貌图、重庆市伏旱频率图、重庆市洪涝灾害分布图、重庆市地质灾害分布图等来定量分析重庆市自然灾害区域分异。

3.2.2 区划量化指标

3.2.2.1 孕灾环境参数:孕灾环境敏感度。孕灾环境参数包括区域自然地理基本要素(地貌、地质、气候、水文、土壤、植被等),它反映区域环境对自然灾害的敏感性或稳定性。重庆市孕灾环境的敏感度考虑区域自然环境的综合情况并结合 GIS 处理的方便,主要考虑地貌这个因子,经过专家来评定各种地貌类型对自然灾害的敏感性,敏感权重见表 1。

表 1 地貌类型对自然灾害敏感性专家打分表

Tab.1 Expert Assessment About Natural Disaster Sensitive to Landform

地貌类型	平原	丘陵	台地	低山	中山	水面
敏感权重	0.25	0.15	0.15	0.1	0.1	0.25

敏感度计算公式为:

$$S = \sum_{i=1}^n K_i S_i / S_{\text{区域}}$$

S 为敏感度, k_i 为第 i 种地貌对自然灾害敏感的权重, S_i 为第 i 种地貌类型面积, $S_{\text{区域}}$ 为分区的面积。

得到敏感度后,按四级分等将重庆市自然环境分为极高敏感度区、高敏感度区、中敏感度区、低敏感度区四个不同敏感度等级(S 等)区,其分等赋值分别为:0.8、0.6、0.4、0.2。其计算过程均在 MapInfo 软件中自动实现,最后得到重庆市孕灾环境敏感度分区图,见图 2。

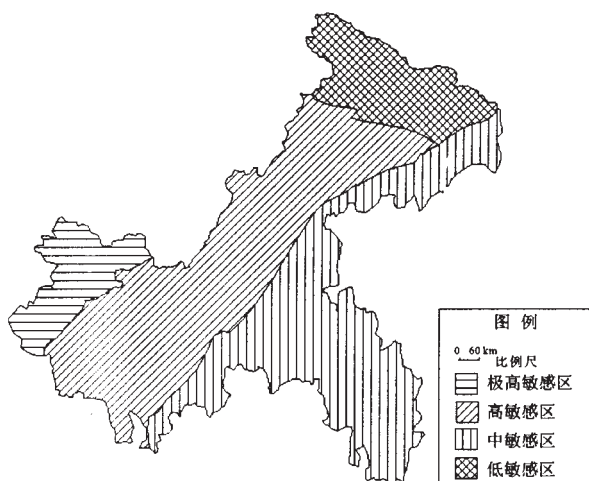


图 2 重庆市孕灾环境敏感度分区图

Fig.2 Susceptibility Distribution of Inducing Hazard Environment in Chongqing

3.2.2.2 致灾因子参数:致灾因子的风险度。自然致灾因子参数考虑致灾因子的风险度,致灾因子风险度主要考虑区域自然致灾因子的多度^[24]和灾害频数^[25]两个指标。

自然致灾因子多度是指在一定区域内自然致灾因子的群集性程度,它是一个相对值,计算公式如下:

$$M=n/N$$

其中, M 为区域自然致灾因子多度(%), n 为区域自然致灾因子数, N 为整个重庆市自然致灾因子数,因为只考虑洪涝灾害、干旱灾害和地质灾害,故 N 值为3。

n 的值没有采用统计资料的数值,主要是考虑到重庆市自然灾害的统计资料是以县为统计单位,其自然灾害的空间分布规律很难准确、真实地得到反映。因此,自然致灾因子数采用地质灾害的实际空间分布(资料来源于重庆市国土房屋管理局地质环境处的重庆市地质灾害易发区分布图);旱灾在重庆市十分普遍,但以伏旱为主,故采用重庆市伏旱分布图来代表;水灾则考虑到其发生的沿河流及河谷地带分布的特点,主要考虑长江、嘉陵江和乌江三条河流,其中长江在三峡水库建成后水面平均宽度为1.5~2.0 km^[27],故在MapInfo软件中将长江干流(市域内长度786 km)以5 km为半径作一个缓冲分析,作为长江干流河谷的洪灾分布,嘉陵江则取其在重庆市境内的长度,以3 km为半径作缓冲分析作为嘉陵江流域的洪灾分布,乌江也取其在重庆市境内的长度(230 km),也以3 km为半径作缓

冲分析得到其洪灾分布。然后将三幅图叠加,取得重庆市各地自然致灾因子数,根据上述公式得到重庆市各地灾度,并生成重庆市灾度分布图(图略)。

灾害频数是指县域内每年发生的自然灾害次数,表示县域灾害发生频率的次数的,计算公式如下:

$$F=Z/Y$$

其中, F 等为灾害频数, Z 为县域内近50年来的统计自然灾害总次数, Y 为统计年数,其具体数值见参考文献25。

将灾害频数输入重庆市政区基础底图的属性数据库,将灾度分布图与政区图叠加,并将灾度数值输入基础数据库。同时将灾害频数划分为极低、低、中、高、极高五个等级,分别赋予各等级0、0.2、0.5、0.8、1等级数值,具体划分见表2。

表 2 自然致灾因子和风险度等级标准

Tab.2 Gradation of Risk and Natural Factors Causing Disaster

评估指标	极低(0)	低(0.2)	中(0.5)	高(0.8)	极高(1)
灾害频数	<2	2~5	5~30	30~50	>50
风险度	<0.3	0.3~0.45	0.45~0.6	0.6~0.8	>0.8

基于目前资料,对每一种不同量纲表达的致灾因子强度进行综合是非常困难的。因此,致灾因子风险度采取权重的方法来转换,对灾害频数等级和区域自然致灾因子多度各赋予权重0.5,然后两者相加得到重庆市自然致灾因子风险度值(R),计算公式如下:

$$R=F_{\text{等}}*0.5+M/100*0.5$$

其中 $F_{\text{等}}$ 为灾害频数等级值, M 为区域自然致灾因子多度。得到自然致灾因子风险度值(R)后,采用对称不等分间隔的五级分割法划分重庆市区域自然致灾因子风险度等级,并赋予各等级如下定值:极高为1、高为0.8、中为0.5、低为0.2、极低为0^[28]。最后得到自然致灾因子风险度等级值 R 等。详见表2。

整个计算过程均由MapInfo软件自动完成,同时通过对其属性数据库的操作,生成重庆市自然致灾因子风险度分区图。见图3。

3.2.2.3 承灾体参数:承灾体的脆弱度。承灾体参数则考虑承灾体的脆弱度,用人口密度和经济密度两个指标来反映。从含重庆市社会、经济属性数据库的基础底图中提取各区县(市)人口、GDP两个数据,在MapInfo软件中通过SQL查询,用人口、GDP

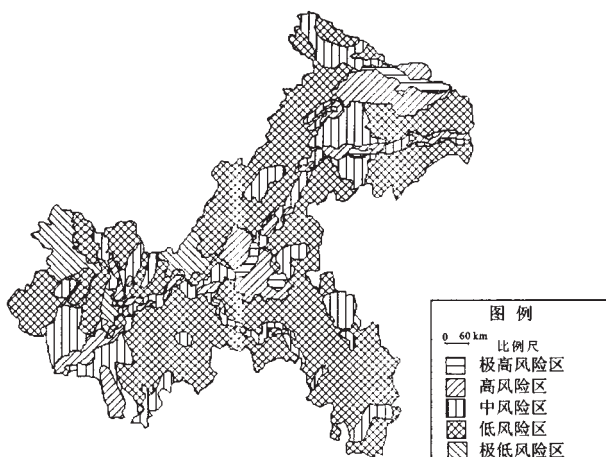


图 3 重庆市自然致灾因子风险度分区图

Fig.3 Risk Distribution of Natural Disaster

除以面积得到人口密度和经济密度值,并将它们分别划分为极低、低、中、高、极高 5 个等级,并分别赋值为 0、0.2、0.5、0.8、1,具体等级划分见表 3。然后赋予人口密度等级值和经济密度等级值各为 0.5 的权重,两者相加得到承灾体的脆弱度(V),并在计算机中自动生成新的属性列——脆弱度(V),计算公式为:

$$V = P_{\text{等}} * 0.5 + G_{\text{等}} * 0.5$$

其中 $P_{\text{等}}$ 为人口密度等级值, $G_{\text{等}}$ 为经济密度等级值。同时采用对称不等分间隔的 5 级分割法,将脆弱度分成极低、低、中、高、极高 5 个等级,并分别赋值为 0、0.2、0.5、0.8、1,具体等级及指标见表 3,最后计算机生成重庆市承灾体脆弱度分区图(见图 4)。

表 3 脆弱度等级指标

Tab.3 Gradation of Vulnerability

评估指标	极低(0)	低(0.2)	中(0.5)	高(0.8)	极高(1)
人口密度 (人/km ²)	<100	100~300	300~600	600~1200	>1 200
经济密度 (万元/km ²)	<30	30~100	100~300	300~1000	>1 000
脆弱度	<0.2	0.2~0.3	0.3~0.6	0.6~0.9	1

3.3 自然灾害综合区划基本单元

3.3.1 基本单元的概念 自然灾害综合区划就其本身而言,不仅有关强度大小、发生频率高低的问题,而且是一个空间上的问题。因而进行自然灾害综合区划时,首先要寻求区域自然灾害空间分异的最小单位,即区划的基本单元。区域灾害系统基本单元是指根据灾害系统各组成要素将可致灾空间逐级划分,可划分成的最小的均质单元为区域自然灾害

系统基本单元^[17]。其中可致灾空间是指在一定区域范围内,由某种特定的承灾体分布范围所确定的空间区域。

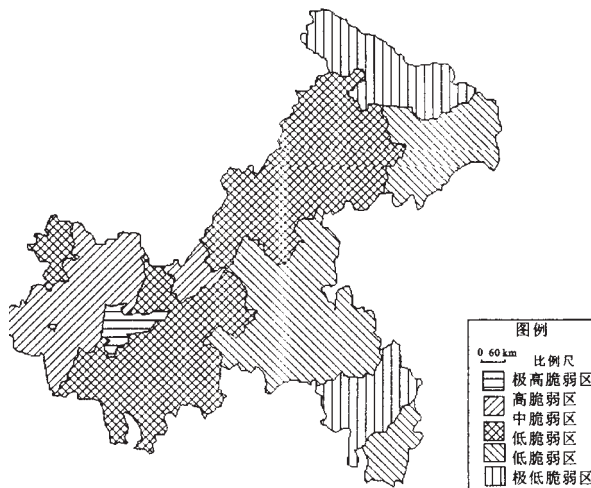


图 4 重庆市承灾体脆弱度分区图

Fig.4 Vulnerability Distribution of Disaster Bodies in Chongqing

3.3.2 基本单元的提取 在 GIS 的支持下,根据基本单元的定义,经过对自然灾害系统各组成因子的 Union 或 Intersect 等空间 Overlay 操作,即可得到基本单元的空间分布,其基本思路见图 1。

重庆市自然灾害基本单元是在 MapInfo 软件中分别对重庆市孕灾环境的敏感度图、重庆市自然致灾因子风险度图和重庆市承灾体脆弱度图进行地图空间 Overlay 和其他功能键组合来提取的。最后得到重庆市孕灾环境的敏感度、重庆市自然致灾因子风险度和重庆市承灾体脆弱度并带有属性数据的组合图——重庆市自然灾害区划基本单元 48 个。

3.4 灾害区

在重庆市孕灾环境的敏感度、自然致灾因子风险度、承灾体脆弱度并带有属性数据的组合图——重庆市自然灾害基本单元图中,通过对属性数据库的操作,分别赋予敏感度等级($S_{\text{等}}$)0.3、风险度等级($R_{\text{等}}$)0.4、脆弱度等级($V_{\text{等}}$)0.3 的权重,将三者相加,得到自然灾害区划综合值(C),计算公式为:

$$C = S_{\text{等}} * 0.3 + R_{\text{等}} * 0.4 + V_{\text{等}} * 0.3$$

其中 $S_{\text{等}}$ 、 $R_{\text{等}}$ 、 $V_{\text{等}}$ 分别为敏感度等级、风险度等级、脆弱度等级。根据区划原则,并考虑 C 值的特征,在属性数据库中分别提取 C 值: $C < 0.3$ 、 $0.3 \leq C < 0.45$ 、 $0.45 \leq C < 0.55$ 、 $C \geq 0.55$,通过图斑合并和必要的碎块处理,同时结合“自上而下”的区划方法修正界线,将重庆市分为 4 个灾害区,见图 5。

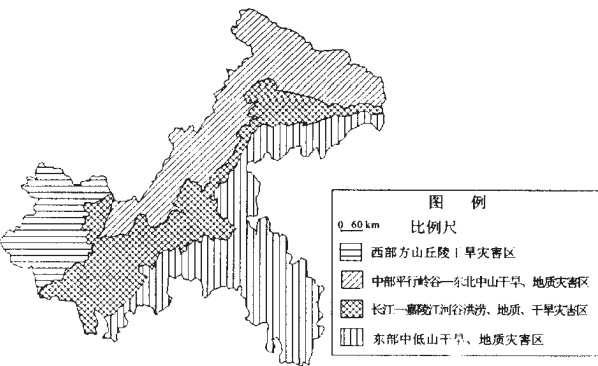


图 5 重庆市自然灾害综合区划图

Fig.5 Comprehensive Regionalization of Natural Disaster in Chongqing

3.5 重庆市自然灾害综合区划方案

3.5.1 自然灾害区的命名 重庆市自然灾害区的命名采用地貌类型和灾害类型组合的原则来确定,将它们分别命名为:东部中低山干旱、地质灾害区;中部平行岭谷、东北中山干旱、地质灾害区;长江、嘉陵江河谷洪涝、地质、干旱灾害区;西部方山丘陵干旱灾害区,见图 5。

3.5.2 自然灾害区特征 从数据库里提取各自然灾害区的数据,得到每个自然灾害区的主要特征,详见表 4。

表 4 重庆市自然灾害区特征

Tab.4 Characters of Every Natural Disaster Region in Chongqing	
自然灾害区	特 征
东部中低山干旱、地质灾害区	面积为 27 899.7 km ² ,人口密度为 343.2 人/ km ² ,地貌以中低山为主,自然灾害类型主要是干旱和地质灾害,自然环境对自然灾害的敏感性低,自然致灾因子的危险度低,承灾体的脆弱度也低。
中部平行岭谷、东北中山干旱、地质灾害区	面积为 22 605.8 km ² ,人口密度为 396.5 人/ km ² ,地貌以平行岭谷和中山为主,自然灾害类型主要是干旱和地质灾害,自然环境对自然灾害的敏感性较高,自然致灾因子的危险度较高,承灾体的脆弱度较高。
长江、嘉陵江河谷洪涝、地质、干旱灾害区	面积为 21 076.2 km ² ,人口密度为 406.2 人/ km ² ,地貌以河谷低地为主,自然灾害类型主要是洪涝、地质灾害、干旱,自然环境对自然灾害的敏感性高,自然致灾因子的危险度最高,承灾体的脆弱度也是最高。
西部方山丘陵干旱灾害区	面积为 10 816.2 km ² ,人口密度为 359.3 人/ km ² ,地貌以方山、丘陵为主,自然灾害类型主要是干旱,自然环境对自然灾害的敏感性高,自然致灾因子的危险度较低,承灾体的脆弱度也较低。

参考文献:

[1] 李炳元,李钜章,王建军.中国自然灾害的区域组合规律[J].地理学报,1996,51(1):1~9.

[2] Mark T J T, Cees J V W. Deterministic modeling in GIS-based landslide hazard assessment [A].in :Carrara A, Guzzetti F. Geographical Information System in Assessing Natural Hazards [C]. Kluwer Acadmic Publishers, 1995.

[3] Fotheringham A S, Densham P J, Curtis A. The zone definion problem in location-allocation modeling[J].Geographical Analysis, 1995,27(1),60~77.

[4] Geoff W. Hazard identification and risk assessment[J]. Institute of Chemical Engineers, 1996.

[5] Chung C-jo F, Fabbri A G, Van Westen C J. Multivariate regression analysis for landslide hazard zonation[A]. in: carrar A, Guzzetti F. Geographical information system in assessing natural hazards[C]. Academic Publishers, 1995.

[6] 中国地学大事典编委会. 中国地学大事典[M].济南:山东科学技术出版社,1992.

[7] 李大华. 关于我国地震烈度区划的发展 [J]. 自然灾害学报, 1992,1(2): 70~79.

[8] 陶夏新. 我国新的地震区划编图和中国地震烈度区划图(1990)[J].自然灾害学报,1990,1(1): 99~109.

[9] 中国地震烈度区划图编委会. 中国地震烈度区划图(1990)及其说明[J].中国地震,1992,8(4):1~11.

[10] 史培军,胡 涛,王静爱,等.内蒙古自然灾害系统研究[M].北京:海洋出版社,1992.

[11] 张丕远,王凤慧,姜 鸿,等.我国主要自然灾害的地理分布规律及区域减灾对策的探讨[A]. 王劲峰. 中国自然灾害灾情分析与减灾对策[C].武汉:湖北科学技术出版社,1992.

[12] 国家科委全国重大自然灾害综合研究组. 中国重大自然灾害及减灾对策(总论)[M].北京:科学出版社,1994. 66~92.

- [13] 张兰生,史培军,王静爱,等.中国自然灾害区划(英)[J].北京师范大学学报(自然科学版),1995,**31**(3):415~421.
- [14] Wang J F, Wise, S Haining R. An integrated regionalization of earthquake, flood, and drought hazards in China [J].Transaction in GIS, 1997,**2**(1),25~44.
- [15] 王劲峰.中国自然灾害影响评价方法研究[M].北京:中国科学技术出版社,1993.
- [16] 王劲峰.中国自然灾害区划——灾害区划、影响评价、减灾对策[M].北京:中国科学技术出版社,1995. 234~255.
- [17] 潘耀忠,史培军.区域自然灾害系统基本单元研究——(I).理论部分[J].自然灾害学报,1997,**6**(4):1~9.
- [18] 潘耀忠,史培军.区域自然灾害系统基本单元研究——(II).应用部分[J].自然灾害学报,1998,**7**(1):1~10.
- [19] 潘耀忠,史培军.区域自然灾害系统基本单元研究(III)——湖南省自然灾害灾情区划研究[J].北京师范大学学报(自然科学版),1998,**34**(3):411~426.
- [20] 王 平,史培军.自下而上进行区域自然灾害综合区划的方法研究——以湖南省为案例[J].自然灾害学报,1999,**8**(3):54~60.
- [21] 王 平.基于地理信息系统的自然灾害区划的方法研究[J].北京师范大学学报,2000,**36**(3):410~416.
- [22] 王 平,史培军.中国农业自然灾害综合区划方案[J].自然灾害学报,2000,**9**(4):16~23.
- [23] 胡宝清,刘顺生,张洪恩,等.长江流域地质—生态环境的演化机制及综合自然灾害区划[J].自然灾害学报,2001,**10**(3):13~19.
- [24] 王静爱,史培军,朱 骊.中国主要自然致灾因子的区域分异[J].地理学报.1994,(1):18~25.
- [25] 蒋勇军,况明生,匡鸿海,等.区域易损性分析、评估及易损度区划——以重庆市为例[J].灾害学.2001,(3):59~64.
- [26] 史培军.灾害研究的理论与实践[J].南京大学学报(自然科学版),自然灾害研究专集.1991.
- [27] 中国科学院三峡工程生态与环境科研项目领导小组编.长江三峡工程对生态与环境影响及其对策论文集[M].北京:科学出版社,1987. 665.
- [28] 杨桂山,施雅凤,张 琛,等.未来海岸环境变化的易损范围及评估[J].地理学报,2000,**55**(4):385~394.

COMPREHENSIVE REGIONALIZATION OF NATURAL DISASTERS IN CHONGQING CITY AS REVEALED BY GIS

JIANG Yong-jun¹, KUANG Ming-sheng¹, LI Lin-li¹, FENG Shao-guo¹

FANG Jia-jun², GAO Fang-li², CAO Xiao-lin², YANG Ding-zhong²

(1. School of Resources and Environment Science, Southwest China Normal University, Chongqing 400715, China;

2. Disaster Relief Office of Chongqing Municipality, Chongqing 400015, China)

Abstract: By selecting assessment indices from the disaster-causing environment, natural disaster-causing factors and disaster bodies, the map of natural environment sensitiveness to disaster, and the map of natural hazards, as well as the map of vulnerability of natural disaster bodies in Chongqing city were outlined by using geographic information system analyzing, and the basic units of natural disaster regionalization in the city were also obtained. By dealing with the attribute database of the basic units of natural disaster regionalization, and by combining with the quantitative bottom-up and top-down methods, the comprehensive regionalization of natural disasters has been drawn and four disaster regions outlined. Furthermore, the natural disaster, the environment and social economy status in every region was elaborated in detail.

Key words: GIS; Chongqing Municipality; natural disaster; comprehensive regionalization of natural disaster