

区域自然灾害系统基本单元 研究—I: 理论部分

潘耀忠 史培军

(北京师范大学资源科学研究所, 国家教委环境演变与自然灾害开放研究实验室, 北京 100875)

摘 要

本文在区域自然灾害系统论的基础上提出了组成区域自然灾害系统的最小空间单位——区域自然灾害系统基本单元的概念体系, 解决了区域自然灾害系统研究中的最小空间均质单位问题, 进而提出了应用 GIS 技术划分不同空间尺度下基本单元、提取与基本单元相匹配的不同类型的属性数据的方法, 使不同来源的数据在基本单元中得到统一的表达, 解决了区域自然灾害研究中以自然单元为基础的数据与以行政单元数据相匹配的问题, 为区域自然灾害研究向量化方向发展奠定了基础。

主题词: 区域自然灾害 地理信息系统 基本单元

中国图书分类号: X43

1 问题的提出

区域自然灾害灾情是由各种引起灾害的人为和自然因素相互作用的最终产物。但不同的研究者在研究过程中所强调的重点并不完全一致。有些学者强调致灾因子的作用^[1-3]; 有些学者更强调承灾体^[4,5]。对孕灾环境的理解, 普遍认为它并不是造成灾情的直接动力, 而是使灾情相对扩大或缩小的间接因素^[6]。把孕灾环境、致灾因子和承灾体称为区域自然灾害系统, 把灾情看作它们相互作用的产物^[7,8]。这些概念的阐述, 使区域自然灾害的研究有了一个基本的概念体系。在此基础上, 对上述概念定量化, 进而建立了区域灾害灾情系统的理论模型, 提供了区域灾害研究相对统一的定量标准^[9]。但由于没有引入致灾空间和区域自然灾害系统空间基本单元的概念, 对进一步分析研究区域自然灾害的空间特征不具有很强的操作性。如何把一个区域自然灾害作用的空间按某种规则划分成不同的相对均质子空间, 进而研究与区域自然灾害系统模型相适应的区域自然灾害系统基本空间单位(基本单元), 为区域灾害系统研究引入空间特征, 是本文研究的问题之一。

区域自然灾害规律是对应于一定的地理空间而言的, 由于资料和技术手段的限制, 以往对区域灾害规律的研究多限于以行政省、行政县为基本单元的统计数据或以某些观测站点的数据进行空间等值线处理^[10-12]。这些行政省、行政县并不是灾害作用的真实空间, 以此为基础得出的自然灾害区域分异规律并不能完全准确地反映客观的区域规律。在建立了区域灾害系统

国家自然科学基金资助项目(49671001)

潘耀忠: 副教授, 博士

史培军: 教授

收稿日期: 1997-08-05

基本单元(空间单位)后,就有可能针对基本单元之间的相似性与差异性,准确地反演区域自然灾害的空间分布。由于灾害系统的复杂性,我们面对的往往是 N 维问题, N 维因子中既有独立因子,又有相对独立因子^[13]。如何在GIS支持下提取组成区域自然灾害系统相对均质的基本单元,以及为属性值与空间基本单元建立联系,这是本文研究的问题之二。

2 区域自然灾害系统基本单元的概念体系

2.1 区域自然灾害系统论

在总结前人对区域自然灾害理论研究的基础上,我国学者提出了区域自然灾害系统论的观点并认为:区域自然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^[7]。区域灾害系统各组分间的相互作用关系及概念模型如图1。

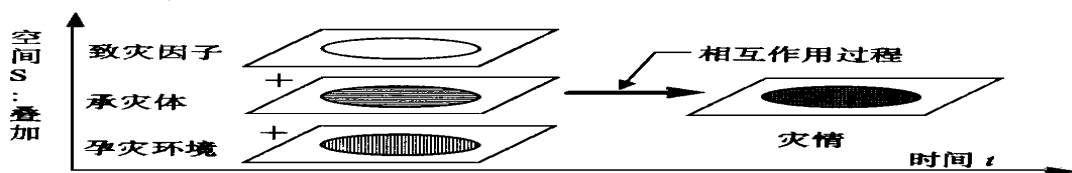


图1 区域自然灾害系统(引自史培军1991, 加以空间模式化表达)

2.2 基本单元的概念体系

到目前为止,在国内外大量的有关区域自然灾害系统的研究中还没有明确提出关于自然灾害系统基本单元的概念体系和以此概念体系为基础进行区域自然灾害时空分异规律、综合自然灾害区划、灾害形成机制以及进一步制定减灾方案等的论述。但在许多研究者的工作中已经体现了区域自然灾害系统基本单元的思想,并进行了大量的案例研究。Carrara A. 在应用GIS技术进行滑坡空间制图时首先定义了地形单元(Terrain-unit)(制图单元或均质区域)、不同坡度等级单元(Slope-unit)等,然后将不同单元逐级叠加(Overlay),在研究区内逐级产生了66、414、750、209个适应不同均质条件下的基本空间单元,并以不同单元为基础进行多变量综合分析^[14, 15],建立灾害模型,重建了滑坡危险性评价空间分布图^[16]。对洪水灾害研究方面的“洪水影响区”概念及分类^[17],洪水灾害易损性评价研究等^[18, 19],均体现了逐步划分灾变作用空间以体现灾害最小均质基本单元的思想。

2.2.1 可致灾空间的概念

区域灾情产生的基本过程是某种致灾因子通过孕灾环境作用于特定的承灾体类型而产生的。不同的承灾体类型产生灾情的过程和灾情的结果是完全不同的,如:城市灾害灾情主要是人员和财产损失;农业灾情主要是农作物不同等级的减产。换句话说,不同种类灾情的空间分布范围完全是由不同类型承灾体的空间分布范围决定的,非农业承灾体地区不可能产生农业灾情(主要指农作物减产、绝收等)。因此,可致灾空间可定义为:在一定的区域范围内,由某种特定的承灾体(如:农业用地中的水田和旱地)分布范围所确定的空间区域。

2.2.2 区域自然灾害系统基本单元的概念

在可致灾空间范围内,由于承灾体本身的差异,存在许多由承灾体控制的子空间单元。这

些子空间对承灾体而言是均质的, 但对空间上其它因子而言该子空间并不是均质的。因此, 在致灾空间内必定存在一些最小的空间单元, 在这些空间单元上, 自然灾害系统各组成因子全部是均质的, 这些最小单元就是灾害系统基本单元。两个属性完全相同的基本单元, 其灾情必定是相同的。

区域灾害系统基本单元是建立在可致灾空间上的基础上。可定义为: 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。

区域灾害系统基本单元是研究区域灾害分异规律的最小空间单位, 它类似于土地分级中的最小空间单位(相或立地), 也相当于土地评价中最小的土地类型单元, 或景观生态学中不同等级的景观组成的空间最小要素。图2表示了区域灾害系统基本单元划分的概念模型, 其基本思想是GIS的多极空间叠加(Overlay)。

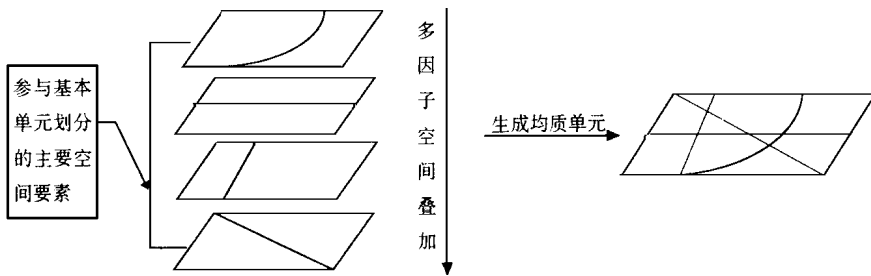


图2 基本单元划分的概念模型

2.2.3 基本单元的主要特性

根据区域自然灾害系统基本单元的定义, 任何一个基本单元均具有以下特性:

基本单元的空间形状、范围、大小由划分其各要素的空间范围所决定, 具有不确定性。

承灾体类型是高度一致的; 孕灾环境是稳定的; 致灾因子的属性(类型、强度、频率等)是单一的, 因而可以演绎出。任何属性相同的两个基本单元其灾情是一致的。基本单元的空间大小、形状是不确定的, 但其属性是均一的。

基本单元的属性变量可划分成两类, 一类为基本参数(参与基本单元空间范围划分的参数); 另一类为一般参数(不参与基本单元空间范围划分, 但属于基本单元的属性参数)。两者共同组成基本单元的属性参数体系。

区域灾害系统基本单元是以承灾体类型为基础划分出来的最小单元。随研究的空间尺度和研究内容的不同而不同。

例如: 在1:25万土地利用图上, 可划分的最低一级农业承灾体类型是水田和旱地; 而在1:1万的图上, 可划分出各种作物用地类型(小麦、油菜、棉花等)。在建立区域农业灾害系统模型时, 水田和旱地的划分精度就可满足要求。但在研究某种作物受灾情况时, 其基本单元就必须能够识别不同作物类型。

2.2.4 基本单元中的独立因子与相对独立因子

区域自然灾害系统除了具有空间特性外, 它还是由许多因子相互作用而成的。这些因子既有独立因子, 又有相对独立因子。所谓独立因子是指: “不能从演绎推理或归纳综合得到的”因

子^[13],也就是实际工作中直接测量的因子,如:温度、降水量、高度等等,而把可以通过一定的模型运算而得出的因子称为相对独立因子。如:坡度、坡向、坡长、流域范围面积等都可以从GIS的数字高程模型中计算得到,降水距平、平均温度等可以从气象基本参数计算得到。不论是独立因子还是相对独立因子都是形成区域灾情的基本因素。灾害系统独立因子的确立是区域自然灾害学从定性描述向定量计算的必由之路。

3 区域自然灾害系统基本单元的提取方法

3.1 空间单元的提取

在GIS的支持下,根据基本单元的定义和特性,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,同时对参数进行定量化处理,赋值于对应的基本单元,建立单元参数向量表,提取方法过程如图3所示。

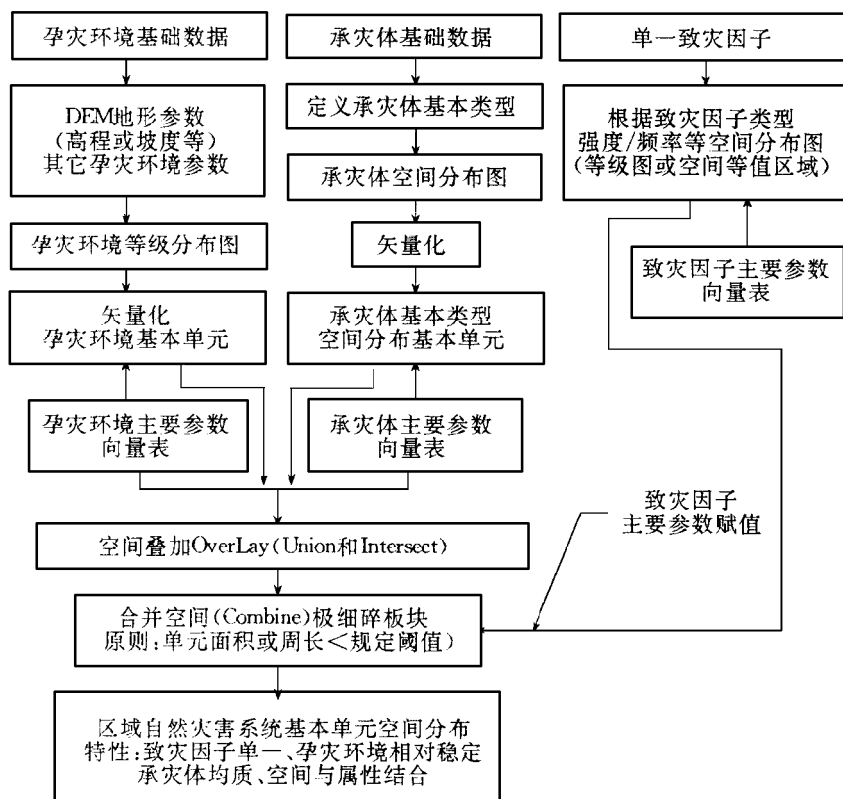


图3 GIS支持下区域自然灾害系统基本空间单元和基本属性提取的技术过程

3.2 灾害基本单元参数表生成

灾害基本单元参数表的生成包括两种类型参数的提取,一种是以行政单元为基础的统计数据参数的提取,另一种是以地理空间单元为基础的数据参数的提取。两种提取方法不尽相同,在此给出两类数据提取的基本方法。在研究区域自然灾害问题的过程中,不同研究者根据

研究问题的不同使用的参数也是不同的, 可根据本文提供的空间操作方法, 建立对应于灾害基本单元的参数表, 例如: 研究水灾对农业影响和研究旱灾对农业影响其参数表的参数种类有很大的差别, 但其基于的灾害可致灾空间的基本单元可以完全相同。

3.2.1 行政单元数据提取方法

在产生误差最小的规则下, 本文设计了如下的提取方法把行政单元中难以进行空间分配计算的属性值分配到灾害基本单元的参数向量表中, 它是在 GIS 支持下基于两个矢量图形间的空间操作来完成属性值的分配, 图4表示了这种属性分配的概念模式, 具体方法如下:

X_i 表示基本单元空间范围, x_i 表示单元要提取的某一特征值

i 为基本单元序号, $i = 1, 2, \dots, n$

Y_j 表示行政单元空间范围, y_j 表示行政单元某一特征值

j 为行政单元序号, $j = 1, 2, \dots, m$

对两空间进行循环操作, 判断如下:

(1) 空间 X_i 只包含于一个空间 Y_j

IF 空间 X_i 完全包含于空间 Y_j , 即: $X_i \subseteq Y_j$, 则令: $x_i = y_j$ (i, j 在满足条件时均为唯一值)

(2) 空间 X_i 与多个空间 Y_j 相交

IF 空间 X_i 相交于多个空间 Y_j , 即: $X_i \subset Y_j$, 则令: $x_i = \sum y_j \cdot (S_{y_j} / S_k)$ ($j = 1, 2, \dots, k$)

其中: y_j 是与空间 X_i 相交的空间 Y_j 对应的属性值

x_i 空间某一灾害基本单元空间 X_i 所要提取的属性值

S_k 是空间 X_i 的面积

S_{y_j} 是空间 X_i 与空间 Y_j 所相交空间的面积

通过以上算法, 就将以行政单元为统计单位的属性数据比较合理地分配到灾害基本单元的参数向量表中。

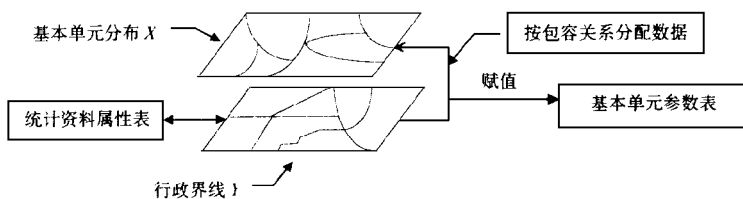


图4 行政单元属性值提取的概念模型

3.2.2 空间单元数据提取方法

以空间单元为基础的属性值包括两种数据, 一种是由观测系统直接获得的栅格图像(如: 遥感图像), 另一种是按一定的规则插值生成的等值栅格图(如: 降水、温度等值线的栅格化等)。无论哪一种数据在提取数据的第一步都要进行栅格处理, 以保证空间数据的连续性和数据提取相对的准确性。本文设计了如下的提取方法, 把空间单元的属性分配到灾害基本单元的参数向量表中。它是在 GIS 支持下基于一个矢量图形空间和一个栅格图像空间之间的操作来完成属性值的分配, 图5表示了这种属性分配的概念模式, 具体方法如下:

X_i 表示基本单元空间范围, x_i 表示单元要提取的某一特征值

i 为基本单元序号, $i = 1, 2, \dots, n$

Y_{jk} 表示空间栅格数据的矩阵, y_{jk} 表示某一栅格的象元值

j, k 为表示栅格图像的行列值, $j = 1, 2, \dots, n; k = 1, 2, \dots, m$

对两空间进行循环操作:

(1) 依次提取第 i 个灾害基本单元空间 X_i 所包含的栅格图像的象元 Y_{jki}

(2) 计算 y_{jk} 的特征值, 如: 均值、方差、极值、极差等。

(3) 把步骤 (2) 中得到的计算值赋值给 X_i 中对应的属性 x_i 。

通过以上算法, 就将以行政单元为统计单位的属性数据比较合理地分配到灾害基本单元的参数向量表中。

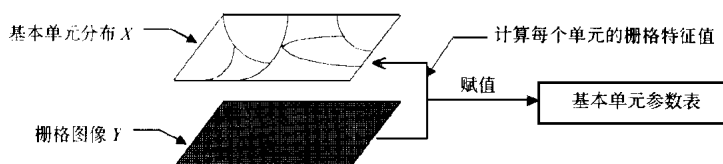


图5 空间单元属性值提取的概念模型

4 基本单元提取的应用实例

从理论上说, 基本单元是可以无限划分的, 但对具体研究, 基本单元的划分是相对的, 绝对的最小是不存在的, 应根据研究的内容、要求、尺度、数据的分辨率等因素不同而不同。本文利用 GIS 划分基本单元时, 是根据自然灾害对农业承灾体造成损失的特点和研究的空间尺度, 利用自然界线相对稳定的地形因子 (高程和坡度) 对 1:25 万土地利用图中农业承灾体 (最小分辨类型为水田和旱地) 进行划分的, 得到不同用地类型、不同高度等级、不同坡度等级的均质的承灾体斑块作为基本单元, 单元的用地类型、地形高度、地面坡度是刻画单元的基本特征参数。其它参数均属于基本单元的属性参数, 基本单元的属性参数的个数是不受限制的, 其与基本特征参数的区别在于不参与基本单元的空间界线划分, 只是作为属性值被分配到相应的基本单元中。对湖南省农业自然灾害系统基本空间单元的划分主要有以下几个步骤:

- 提取土地利用中农业承灾体 (水田和旱地) 空间分布的斑块, 得 11100 个单元 (1)
- 将高程矢量等级图与 (1) 进行空间求交 (Intersect 和求并 (Union)), 得 21100 个单元 (2)
- 将坡度矢量等级图与 (1) 进行空间求交 (Intersect 和求并 (Union)), 得 33576 个单元 (3)
- 与周围单元合并去除 (3) 中由于矢量间操作在边缘产生的面积极小的斑块, 根据本文空间图的尺度, 选取了面积小于 0.3 公顷的斑块为去除对象, 得到最终结果, 湖南省全省共划分为

32524 个农业自然灾害基本单元, 得: (4)

通过上述四个步骤的空间操作, 即可得到灾害基本单元的矢量空间分布 (4), 然后计算每个单元的面积、承灾体类型、地面高度、地形坡度等特征参数, 存入相应的属性文件, 即完成了灾害基本单元空间分布的第一步划分。通过这种基本划分, 本文把湖南省农业灾害系统划分为基本属性相对均质的 32524 个基本单元。由于本文所用的数据依据 1:25 万的空间矢量图, 精度相对较高, 难以在插图的篇幅内完全表示湖南省全省灾害基本单元划分的情况。在此, 以湖南

省祁东县为例给出了基本单元划分的过程。图6表示祁东县基本农业承灾体的空间分布情况(共301个独立单元); 图7表示被高度等级图分割后的分布情况(共526个单元); 图8表示再次被坡度等级图分割, 去除了极小斑块后灾害基本单元的空间分布情况(共938个单元)。

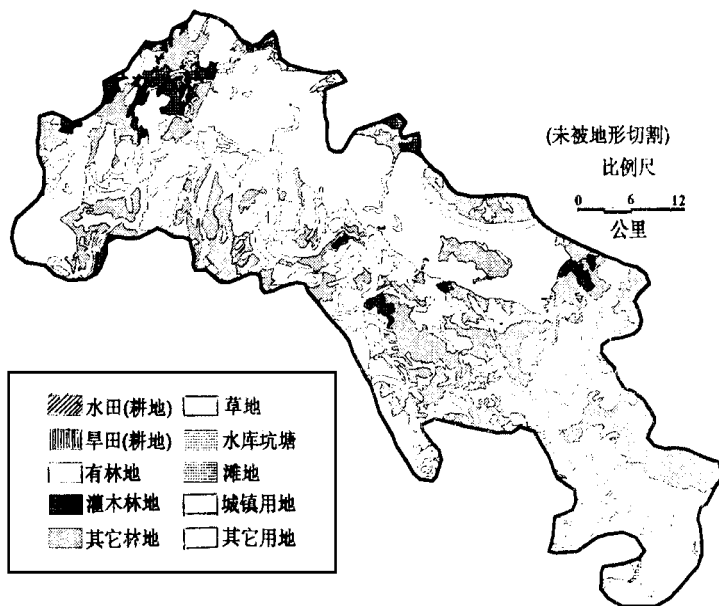


图6 湖南省祁东县主要农业承灾体(水田和旱地)空间分布图(包含310个基本单元)

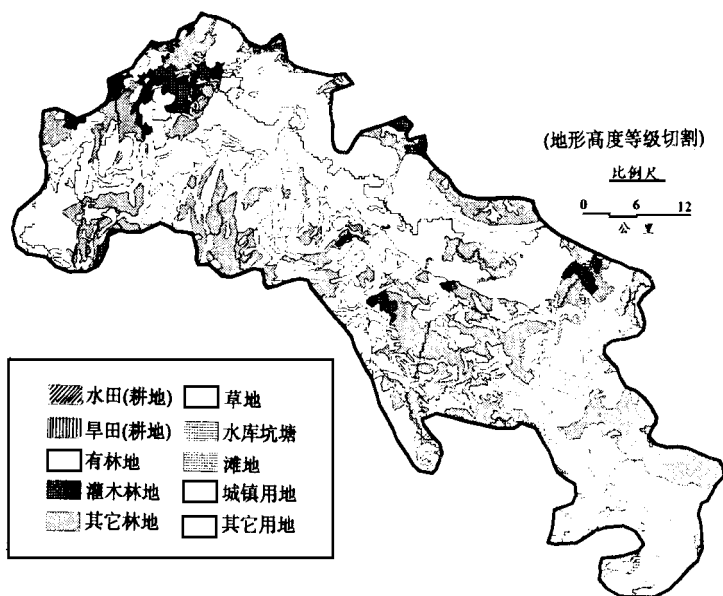


图7 湖南省祁东县不同高度等级下基本单元空间分布(526个承灾体单元)

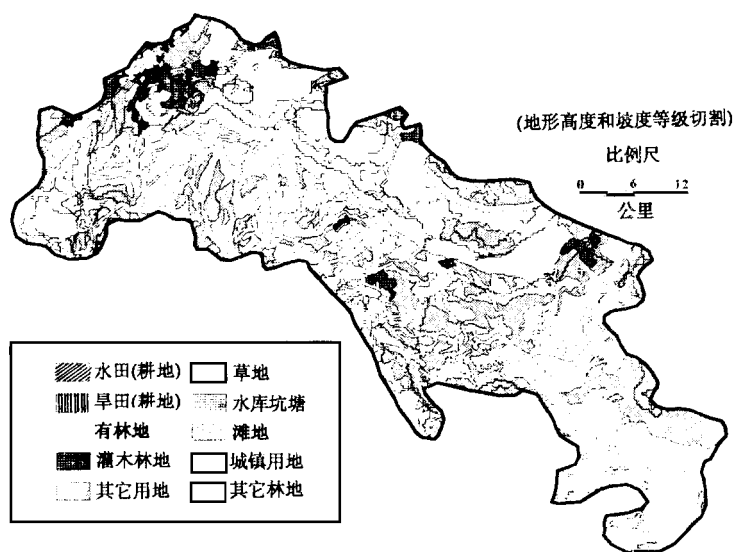


图8 湖南省祁东县不同高度和坡度等级下基本单元空间分布(938个承灾体单元)

5 结论

(1) 区域自然灾害系统基本单元概念体系的提出和基本单元划分的方法, 解决了区域自然灾害系统研究中的最小空间均质单位的问题, 为区域自然灾害研究向定量化方向发展奠定了基础。

(2) 提出了应用 GIS 技术提取不同空间尺度下自然灾害基本单元的方法, 使区域自然灾害的研究进一步向定量化方向发展迈出了可喜的一步。在此基础上, 以灾害测量为依托, 结合其它新技术、新方法, 可使区域自然灾害的研究逐步建立起自己的理论体系和研究方法。

(3) 提出了应用 GIS 技术划分不同空间尺度下基本单元, 提取与基本单元相匹配的不同类型的属性数据的方法, 使不同来源的数据在基本单元中得到统一的表达, 解决了区域自然灾害研究中以自然单元为基础的数据与以行政单元数据相匹配的问题。

参 考 文 献

- 1 Bilt, B A W L Horn, G A Macdonald and R F Scott Geological hazards Revised, 2nd edition, Springer-Verlag, New York Inc, 1977
- 2 EL-Sabh M I and T S Murty (edit). Natural and man-made hazards D. Reidel Publishing Company, Dordrecht, Holland, 1988
- 3 EL-Sabh M I, T S Murty, S Venkalesh, F Siccardi and K Andah Recent studies in geophysical hazards Kluwer Academic Publisher Dordrecht/Boston/London/, 1994
- 4 Blaikie P T Cannon, I Davis and B Wisner Risk: Natural hazards, people's vulnerability and disasters Routledge, London, 1994
- 5 Burton I R W Kates and G F White The Environment as hazard, second edition The Guilford Press, New York, 1993

- 6 Kasperson J X, R E Kasperson, and B L Turner II. Regions at risk: Comparison of threatened environments United Nations University Press, Tokyo, New York, Prias, 1995
- 7 史培军 灾害研究的理论与实践 南京大学学报(自然科学版), 自然灾害研究专辑, 1991
- 8 史培军 再论自然灾害研究的理论与实践 自然灾害学报, 1996, 5(4)
- 9 仪垂祥, 史培军 区域灾害系统模型(一). 自然灾害学报, 1995, 4(3): 6~ 9
- 10 张兰生 中国农业自然灾害与灾情分析, 中国自然灾害灾情分析与减灾对策(中国科学院地学部). 武汉: 湖北科学技术出版社, 1990
- 11 王静爱, 史培军, 朱丽 中国主要自然致灾因子的区域分异规律 地理学报, 1994, 49(1)
- 12 王铮, 张丕远, 刘啸雷 中国自然灾害空间分布特征 地理学报, 1995, 50(3): 248~ 255
- 13 马蔼乃 地理遥感信息模型 地理学报, 1996, 51(3): 267~ 271
- 14 Carrara A, Cardinali M, et al GIS techniques and statistics models in evaluating landslide hazard Earth surface Process and Landform, 1991, 16: 427~ 445
- 15 Carrara A and Guzzetti F. Uncertainty in assessing landslide hazard and risk ITC Jour, 1992, 2
- 16 Carrara A and Guzzetti F (eds). Geographical information systems in assessing natural hazards Kluwer, Dordrecht, The Netherlands, 1995
- 17 周成虎 洪水灾害评估信息系统研究 北京: 中国科学技术出版社, 1993
- 18 Garrote Flood vulnerability assessment and management Natural risk and civil protection (Edited by Tom Horlick-Jones, Aniello Amendola and Riccardo Casale). Published in 1995 By E & FN Spon, 1995
- 19 Hiscock K M, Lovett A, Brainard J S and Parfitt J P. Groundwater vulnerability assessment: two case studies using GIS, methodology. Quat J. Env. Geol, 1995, 179~ 194

RESEARCH ON THE BASIC UNIT OF REGIONAL NATURAL DISASTER SYSTEM —PART 1: THEORY

Pan Yaozhong Shi Peijun

(Institute of Resource Sciences, Open Research Laboratory of Environmental Change and Natural
Disaster of National Education Committee, Beijing Normal University, Beijing)

ABSTRACT

Based on the theory of regional natural disaster system, the paper puts forward the conception of basis unit of regional natural disaster system which is the minimum spatial component unit, and the problem of least spatial homogeneous unit in the research of regional natural disaster system can be solved Using the GIS technique, the drawing method of natural disaster basis unit in different spatial scales and its attribute data is proposed, by which the matching problem between different sources data is resolved and the foundation of quantitative research on natural disaster is settled

KEY WORDS: Regional natural disaster GIS Basic unit