

# 基于 GIS/RS 的洪涝灾害承灾极限遥感估算方法\*

喻 光 明

(华中师范大学地理系 武汉 430070)

张金霞

王朝南 何耀喜

(江汉大学旅游系 武汉 430010) (咸宁师范高等专科学校 咸宁 437005)

**摘 要** 利用 GIS 和遥感技术相结合的方式对洪涝灾害灾情调查和损失评估,可以采用一种新的方法——洪涝灾害承灾极限估算法。洪涝灾害承灾极限是区域稳定性的一种表述方式,而灾害条件下区域的稳定性取决于人-地系统中致灾因子的  $E\{\xi_k\}$  和承灾因子的  $E\{\eta_k\}$  及致灾因子和承灾因子之间的耦合关系  $E\{\xi_k, \eta_k\}$ 。本文从原理和方法上对此作了阐述,根据承灾极限计算原理,在 DEM 数据的支持下,利用洪水期实时图像和正常水位时期遥感图像提取的信息,可以进行洪涝灾害的灾情评估。

**关键词** 洪涝灾害,致灾因子,承灾因子,区域稳定性,承灾极限,灾情评估,DEM

## 1 引 言

洪涝灾害灾情调查和损失评估因研究的目的、方式、方法等的不同而存在着不同的指标体系。在常规研究方法所采用的指标体系中,许多灾情要素指标量无法通过遥感图像解译直接获取。为了适应采用遥感与 GIS 方法进行洪涝灾害灾情评估的需要,必须寻找相应的灾情要素评估指标体系。基于这种考虑,我们根据对江汉平原洪涝灾害研究的经验,从实际出发曾提出了适用于遥感研究的洪涝灾害损失估算的承灾极限估算模型<sup>[1]</sup>。采用这一模型,可以选用较少的、相对稳定的地面参数,在 DEM 支持下利用遥感图像解译直接评估洪涝灾害的损失程度。文献 [1] 给出的是一个经验模型,有必要进行理论上的阐述。本文试图从区域人-地系统稳定性与承灾极限关系的角度出发,利用动态大系统理论对此模型作出理论上的解释,进一步阐述区域洪涝灾害承灾极限的基本原理,并在江汉平原洪涝灾害遥感研究的基础上<sup>[2-4]</sup>,给出利用遥感和 GIS 工具估算区域洪涝灾害承灾极限的基本方法与操作流程。

## 2 灾害条件下区域人-地系统的稳定性与承灾极限

区域人-地系统稳定性是区域持续发展的前提条件。如果区域人-地系统受到外界扰动(如自然灾害、气候变迁、战争、瘟疫等)或内部扰动(如环境污染、资源浪费、人口剧增、土地使用不当等)而偏离了原来的平衡状态,但当扰动取消后,系统又能逐渐恢复到平衡状态,则称该系统是稳定的,或具有稳定性。否则,称该系统是不稳定的,或不具有稳定性。稳定性是人-地系统的重要性能,是区域保持生态平衡、持续发展的首要条件,它是系统去掉扰动后,自身的一种恢复能力。这种性能是区域人-地系统的一种固有特性,它取决于自然和人文两个方面的因素。为了研究方便,这里假设在人文因素处于稳定的情况下,仅研究自然因素中自然灾害的干扰对人-地系统稳定性的影响。由于我们所说的人-地系统的平衡状态是一种动态平衡状态,因此,我们的研究必须借助于动态大系统理论。

根据动态大系统理论<sup>[5,6]</sup>,自然灾害对人-地系统的干扰可以认为是一种随机干扰,在自然灾害干扰条件下的人-地系统可以表述为:

\* 国家自然科学基金资助项目和湖北省普通高校重点项目的部分资助。

收稿日期:1997-04-18; 收到修改稿日期:1997-10-16

$$\begin{aligned} x_{k+1} &= \Phi_k x_k + \Gamma_k u_k + \xi_k \\ y_k &= H_k x_k + G_k u_k + \eta_k \end{aligned} \quad (1)$$

从大系统理论的角度上看, 式中  $x, u, y$  分别为  $n$  维、 $m$  维、 $r$  维状态, 控制和输出向量;  $\xi$  与  $\eta$  则分别为  $n$  维与  $r$  维随机向量;  $\Phi_k$  是从  $k$  时刻到第  $k+1$  时刻的一步状态转移矩阵;  $\xi_k$  是系统参数受到动态干扰而形成的“模型噪声”;  $\eta_k$  则是量测过程中受到的随机干扰, 称“量测噪声”。对于自然灾害干扰条件下的人-地系统而言, 式中  $x, u, y$  分别为  $n$  维、 $m$  维、 $r$  维人-地系统组成成分的状态、灾害防治决策指标和系统综合效益指标体系构成的向量;  $\xi$  与  $\eta$  则分别为  $n$  维与  $r$  维致灾因子和承灾因子;  $\Phi_k$  表示人-地系统中各组成成分之间的数量关系;  $\xi_k$  是指自然灾害发生时各致灾因子的致灾效应;  $\eta_k$  则表示人-地系统的受灾程度, 即灾情。

从大系统研究的角度考虑, 一般情况下都假设  $\xi_k$  和  $\eta_k$  是互不相关的高斯白噪声随机序列, 其数学期望(均值)和协方差为:

$$\begin{aligned} E\{\xi_k\} &= \bar{\xi}_k = 0 \\ E\{(\xi_j - \bar{\xi}_j)(\xi_k - \bar{\xi}_k)^T\} &= \begin{cases} Q_k & \text{当 } j = k \text{ 时} \\ 0 & \text{当 } j \neq k \text{ 时} \end{cases} \\ E\{\eta_k\} &= \bar{\eta}_k = 0 \\ E\{(\eta_j - \bar{\eta}_j)(\eta_k - \bar{\eta}_k)^T\} &= \begin{cases} R_k & \text{当 } j = k \text{ 时} \\ 0 & \text{当 } j \neq k \text{ 时} \end{cases} \\ E\{(\xi_k - \bar{\xi}_k)(\eta_k - \bar{\eta}_k)\} &= 0 \end{aligned} \quad (2)$$

其中,  $Q_k \geq 0, R_k > 0$ 。对自然灾害条件下的人-地系统而言,  $\xi_k$  和  $\eta_k$  显然并非互不相关的高斯白噪声, 而是“有色噪声”, 而且其数学期望和协方差应表示为:

$$\begin{aligned} E\{\xi_k\} &= \bar{\xi}_k \neq 0 \\ E\{(\xi_j - \bar{\xi}_j)(\xi_k - \bar{\xi}_k)^T\} &= Q'_k \\ E\{\eta_k\} &= \bar{\eta}_k \neq 0 \\ E\{(\eta_j - \bar{\eta}_j)(\eta_k - \bar{\eta}_k)^T\} &= R'_k \\ E\{(\xi_k - \bar{\xi}_k)(\eta_k - \bar{\eta}_k)\} &\neq 0 \end{aligned} \quad (2')$$

其中,  $Q_k \geq 0, R_k > 0$ 。根据大系统理论可知, 该系统的稳定性程度就取决于  $E\{\xi_k\}$ 、 $E\{\eta_k\}$  和  $E\{(\xi_k, \eta_k)\}$  值的大小。当它们的取值超过了一定范围(阈值), 则人-地系统就会由稳定系统变为不稳定系统, 这个阈值我们把它称为区域自然灾害承灾极限。由于阈值的表示方式有 3 种形式(见 (2') 式), 区域人-地系统的承灾极限可以用 3 套指标体系来表示, 它们分别是致灾因子效应、承灾因子状况以及致灾

因子和承灾因子的相关程度等 3 个方面来描述。

由于区域的稳定程度与区域自然灾害的致灾因子和承灾因子有关, 而不同的自然灾害类型有不同的致灾因子和承灾因子指标体系, 因而, 从整体上去研究区域的稳定性是非常困难的。根据大系统理论, 对一个给定的大系统, 可以先分解成许多小规模 subsystem, 再用经典的稳定性理论和方法分析每一个子系统的稳定性, 然后按交连关系导出的某些限制条件与上述结果相结合来推导总系统的稳定性。据此, 讨论洪涝灾害条件下区域人-地系统的稳定性——区域洪涝灾害承灾极限, 为研究区域总体稳定性打下基础。

### 3 区域洪涝灾害承灾极限

从上述分析可知, 区域的稳定性取决于  $E\{\xi_k\}$ 、 $E\{\eta_k\}$  和  $E\{\xi_k, \eta_k\}$  3 大要素, 而这 3 大要素对于各种灾害而言, 其具体含义是不同的。现以洪涝灾害为例分析如下:

#### 3.1 致灾因子

所谓致灾因子是指导致灾害发生的触发因素。洪涝灾害的致灾因子是致涝水量 ( $V_f$ ), 而与致涝水量有关的致灾因素又有降水量 ( $P$ )、降水过程  $f(P, t)$ 、降水历时 ( $T$ )、河流水情要素  $g(q, s, t)$ 、地面径流 ( $y$ )、流域损失深度 ( $h_r$ ) 等。这些因子可以有不同的计量单位, 建模时必须作归一化处理。考虑到因子之间有着复杂的联系, 它们之间的关系可以表示为

$$V_f = L[P, T, f(P, t), g(q, s, t), y, h_r, \dots] \quad (3)$$

从理论上讲, 我们可以假定

$$E\{\xi_k\} = V_f \quad (4)$$

且假设存在着某一确定值  $k_v$ , 当  $V_f > k_v$  时, 则区域人-地系统的稳定性就会破坏, 这时我们可以把  $k$  称为区域洪涝灾害的承灾极限, 用致灾因子的效应  $E\{\xi_k\}$  来表示, 即承灾极限可表示为

$$E\{\xi_k\}_v = k_v \quad (5)$$

其中,

$$\xi = [P, T, q, s, t, y, h_r, \dots]^T \quad (6)$$

为洪涝灾害致灾因子向量。

#### 3.2 承灾因子

所谓承灾因子是指当灾害发生时在致灾因子影响下发生明显变化而表现出灾害特征的人文或自然

要素。就洪涝灾害而言,灾害发生时在区域人-地系统中受灾害影响而发生明显变化的因子主要有:人口状态  $x_1$  (包括不同高度区间上人口的分布、洪水期间伤亡数量、救援情况、迁移状况及洪水损失时期的区域人口承受能力等)、建筑物状态  $x_2$  (包括住宅、工厂等的空间分布、抗洪能力、洪水期间的毁坏、淹没损失等)、市政设施状态  $x_3$  (包括邮电通讯、电力、交通运输等基础设施的空间分布、抗洪能力、洪水期间的损失状况)、固定资产状态  $x_4$  (包括企、实业单位和私人财产等的空间分布、抗洪能力、洪水期间的损失)、农业状态  $x_5$  (包括不同高度区间上作物的分布、作物的耐淹极限、淹没深度、减产幅度、损失率等)、林业状态  $x_6$  (包括林产品的分布、抗洪能力、洪水期间的损失率等)和渔业状态  $x_7$  (包括各种水产养殖场的空间分布、洪水期间的损失率等)等。这些因子还可以进一步分解为一系列不同的指标,建模时必须进行归一化处理。同样地,我们将这些因子之间的关系表示为:

$$X_j = H(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7 \dots) \quad (7)$$

从理论上讲,当这些因子的改变量达到一定的程度时,我们可以认为系统会由稳定而转向不稳定。即,存在着某一确定的值  $K_x$ , 使得

$$E\{\eta_k\}x \geq K_x \quad (8)$$

系统变得不稳定,则  $K_x$  是由承灾因子损失程度表示的系统承灾极限。(7)式中

$$\eta = [x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7 \dots]^T \quad (9)$$

为洪涝灾害承灾因子向量。

### 3.3 调控因子

所谓调控因子是指在现有的科技水平下能人为地进行调节以减轻甚至消除灾害影响的自然或人文因素。为了减轻洪涝灾害,人类可以通过兴修水利来增加湖泊调蓄能力 ( $u_1$ )、河网调蓄能力 ( $u_2$ )、区域的排涝能力 ( $u_3$ ) 和区域整体的防洪能力 ( $u_4$ ); 通过人口迁移 ( $u_5$ ) 减轻灾区人口承载量; 通过改良作物品种提高作物的抗灾能力 ( $u_6$ ) 等。这些措施的具体量化指标则构成了区域洪涝灾害调控因子向量  $u$ , 即

$$u = [u_1, u_2, u_3, u_4, u_5, u_6 \dots]^T \quad (10)$$

### 3.4 区域洪涝灾害承灾极限的表述

上述分析给出了在洪涝灾害条件下用区域的致灾因子、承灾因子及调控因子描述区域人-地系统稳定性的一般原理,由(1)式可知,它们之间存在着复

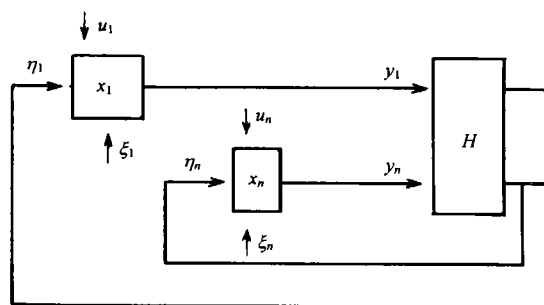


图 1 灾害条件下的区域人-地系统

Fig.1 Regional human-environmental system under disaster condition

杂的关联(图 1)。显然,要想用显式表示这种关联关系并非易事。为此,我们试图用对江汉平原洪涝灾害研究得到的一系列结果<sup>[1]</sup>,推广给出洪涝灾害承灾极限的基本模式。

由分析可知,区域洪涝灾害的承灾极限还可以用致灾因子与承灾因子之间的关系来表示,即与  $E\{\xi_k, \eta_k\}$  有关。由于我们还不能清晰地给出这种关系,根据实际情况的分析,我们将水量作为洪涝灾害承灾极限的数量指标,把致灾因子、承灾因子及区域状态的各变量都折算为水量指标,并根据经验选择各类因子的代表性指标量,根据上述原理并结合实际情况,用水量标准进行估算。现将区域洪涝灾害的承灾极限建构过程及其表述方式论述如下:

我们认为,一个区域的洪涝灾害承灾极限是指该区所能承受的最大水量和最长时间,它取决于该区的淹水调蓄能力、电排能力、主要作物的生理特性及人口与资财的空间分布。从数量上讲,一个流域的承灾极限  $V_{\max}$  ( $10^5 \text{ m}^3$ ) 应是该区安全水量极限  $S_{\max}$  ( $10^5 \text{ m}^3$ ) 与最大损失水量极限  $L_{\max}$  ( $10^5 \text{ m}^3$ ) 之和,即

$$V_{\max} = S_{\max} + L_{\max} \quad (11)$$

其中,安全水量极限由该区湖泊调蓄  $H_{\max}$  ( $10^5 \text{ m}^3$ )、河网调蓄  $R_{\max}$  ( $10^5 \text{ m}^3$ ) 及现有排涝能力  $D_{\max}$  ( $10^5 \text{ m}^3$ ) 决定,即

$$S_{\max} = H_{\max} + R_{\max} + D_{\max} \quad (12)$$

而最大损失极限则由该区 50% 人口分布高程区间内的最大蓄水量  $M_{\max}^{50}$  ( $10^5 \text{ m}^3$ )、50% 资财分布高程区间内的最大蓄水量  $Z_{\max}^{50}$  ( $10^5 \text{ m}^3$ ) 和保留 20% 主要作物未达到耐淹极限的高程区间内的水量  $C_{\max}^{20}$  ( $10^5 \text{ m}^3$ ), 即

$$L_{\max} = \{M_{\max}^{50}, Z_{\max}^{50}, C_{\max}^{20}\}_{\max} \quad (13)$$

其中,20% 作物的耐淹极限由作物最高耐淹水深

$H_{max}^c$  (m)、种植高程  $H^{c20}$  (m) 及最大淹水历时  $T_{max}$  (h) 和作物的耐淹时间  $T_0$  (h) 来决定, 即

$$C^{20} = \mu (H_{max}^c + H^{c20}) \times A \quad (14)$$

及

$$C_{max}^{20} = \mu' [C^{20} \times (T_{max} - T_0) / T_0 - S_{max}] \quad (15)$$

其中,  $A$  为承灾极限相应高程的面积,  $\mu$  为单位换算系数,  $\mu'$  为经验系数, 且有  $0 < \mu < 1$ 。

由此, 我们得到了在保证区域人-地系统稳定条件下区域允许承受的最大水量估算值的表达式为

$$V_{max} = H_{max} + R_{max} + D_{max} + \{M_{max}^{50}, Z_{max}^{50}, C_{max}^{20}\}_{max} \quad (16)$$

此式即为该区涝灾承灾极限的水量表达式, 式中右边的  $H_{max}$ 、 $R_{max}$  和  $D_{max}$  可以直接从区域水利区划的规划资料中查找, 也可以借助于 GIS 数据库查算;  $M_{max}^{50}$ 、 $Z_{max}^{50}$  可根据该区面积-高程-容积曲线计算, 也可以利用区域 DEM 数据库查算<sup>[7]</sup>;  $C_{max}^{20}$  则要结合野外调查和理论分析综合计算。

### 4 区域洪涝灾害承灾极限及灾情评估遥感研究的基本流程

区域洪涝灾害承灾极限及灾情评估研究涉及资料的收集和信息的处理两大问题。从资料收集的角度上看, 采用常规方法很难保证资料的时效性、准确性和系统性; 从信息处理的角度上看, 采用常规方法很难有效地管理和处理巨大的信息资源。为了发挥

遥感、GIS 的技术优势及文档资料的系列优势, 我们认为, 可以采用遥感、GIS 技术与文档资料相结合的方式研究区域洪涝灾害承灾极限, 并由此作出灾情评估(图 2)。

#### 4.1 资料准备

如图 1 所示, 可以通过 3 种途径获得各相关指标量: (1) 遥感图像。对于南方洪涝灾害频发地区, 一般采用冬季图像获取区域人-地系统的背景信息, 利用洪水前 1—2 周获得的图像提取区域人类生产活动信息, 利用洪水期及过后 1—2 周的图像提取区域人-地系统洪水灾情信息; (2) 文档资料。包括历史时期的统计资料、文字资料及洪水期前后的有关实况调查报告, 主要提供区域人-地系统的构成、稳定性及其演化的信息, 即提供承灾因子的基本状况; (3) GIS 数据。GIS 的建立依赖于各种图件、文档资料以及有关的遥感图像, 一旦区域 GIS 建成后, 它又成了一个重要的信息源, 除能提供一些背景信息外, 它能精确地提供区域人-地系统中各要素的空间关系。这种关系对于计算极为重要。

#### 4.2 资料(图像)处理与信息提取

由上述 3 类信息源提供的信息在时空定位与时空分辨率方面都存在着较大的差异, 必须进行时空定位和时空分辨率方面的订正与匹配才能提取有效的信息, 因此, 在进行信息提取之前, 对从上述 3 种

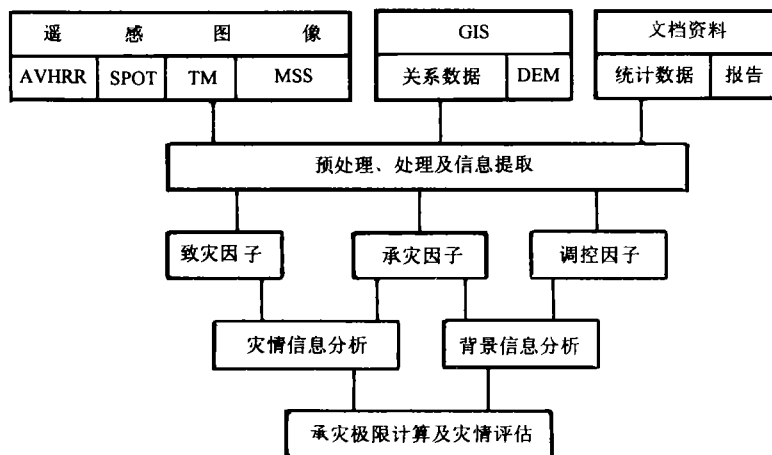


图 2 区域洪涝灾害承灾极限遥感研究流程

Fig. 2 The research flow of disaster-bearing limitation of flood and waterlogging damage using remote sensing

信息源中获得的资料(图像)进行预处理和处理。预处理包括信息源的甄别、各种图像的匹配与订正等, 图像处理则是通过一系列的算法信息增强与信息提

取, 得到所需的有效信息。实际操作过程中算法的选择因选择的指标不同而异, 而且还受着图像处理系统的限制。

### 4.3 有效信息

本研究所指的有效信息包括研究区域的致灾因子、承灾因子和调控因子。有效信息来自于上述 3 种信息源,通过上述预处理和处理,我们可以提取研究区域人-地系统的致灾因子、承灾因子和调控因子等的基本数据。对于一次洪涝灾害,致灾因子、承灾因子和调控因子的组成成分均可以通过上述途径获得一个确定值。它是我们作进一步分析和计算的基础。信息的有效性与上述各操作程序有关,每一道操作程序都应给出相应的精度评价,以便最终结果作出精度说明。

### 4.4 信息分析

信息分析包括灾情信息分析和背景信息分析。通过计算模型,利用上述数据分析承灾因子和致灾因子的灾害效应;通过调整参数,探讨最优决策。此二者都与灾情信息和背景信息有关,因而,信息分析过程是研究的关键之一。灾情信息分析主要是通过分析获得受灾程度的一系列量化指标,它是用承灾因子的改变量来表示;背景信息分析主要是通过分析了解区域基本情况及在不同对策模式下的可能结果,通过调控因子的变量代换,寻找最佳的调控决策。

### 4.5 承灾极限计算与灾情估算

根据受灾程度的一系列量化指标,通过承灾极限模型计算灾害条件下的区域洪涝灾害承灾极限;根据对策模型的量化标准,结合受灾程度的一系列量化指标,对给定的某次洪涝灾害综合进行灾情评估,完成灾情分析报告。亦即,承灾极限  $K_x$  是一个区域特征量,而灾情估算量  $E(\eta_k)_x$  是一个灾害特征量。二者既有区别,也有联系。

## 5 DEM 支持下的模型解算方法

上述讨论的各种变量最终都要落实到特定的空间位置上,抽象的数据很难描述确切的实况,必须借助 DEM 来对灾情进行较为精确的描述。DEM 可以提供区域高程-面积-容积关系  $x_k$ ,将灾情要素  $\eta_k$ 、承灾因子  $\xi_k$  和调节要素  $u_k$  以及它们的改变量复合在 DEM 上,可以进行灾情实况模拟。

第 3 节中导出的各种模型在实际计算过程中,也必须借助 DEM 提供的各种背景数据和关系。计算过程如图 3 所示。具体计算方法,我们结合江汉平

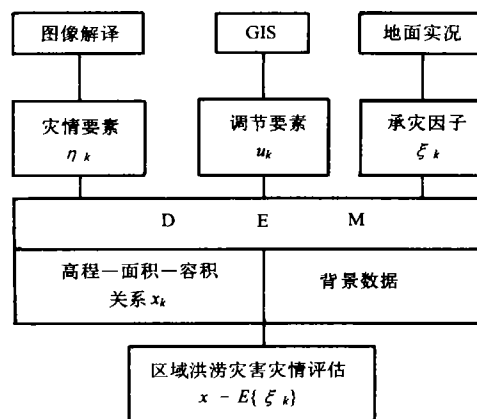


图 3 区域洪涝灾害灾情评估遥感研究原理

Fig.3 Estimation of regional disaster condition of flood and waterlogging damages

原的实例阐述如下<sup>[7]</sup>:

### 5.1 试验区 DEM 提供的基本关系

本区 DEM 的建立系选用 6 幅比例尺为 1:10000 的试验区影像地图,采用 LINE 和 LABEL 两种数据方式输入高程点,在汉字终端支持下输入居民点要素,然后形成合成文件,再通过坐标变换,将文件拼接起来;将形成的合成图形以 10cm × 10cm 的网格进行栅格化处理,形成 DEM。同时,在 MAPCAD 软件的支持下,将其转换成规格点阵曲面模型;经过变码传送给绘图机,形成本区微距等高线地形图和透视立体模型图<sup>[8]</sup>。根据本区 DEM 数据,我们得到本区高程  $H(m)$  与面积  $S(km^2)$  之间的关系为

$$S = 499.5023 \ln H - 1497.801 \quad (17)$$

高程与容积  $V(m^3)$  之间的关系为

$$V = 40476.08 H^3 - 3.57295 \times 10^3 \quad (18)$$

容积与面积之间的关系为

$$V = 280.6125 S^3 + 1.068145 \times 10^7 \quad (19)$$

### 5.2 遥感图像灾害信息提取

灾情信息提取包括洪水水体识别、洪水水量估算及洪水淹没深度估算。灾害信息提取过程中利用了遥感图像与 DEM 数据,具体方法简述如下:

**洪水识别** 在洪水期实时遥感图像上勾画出最大淹水范围  $S_{max}$ , 并给该范围赋予某种颜色(例如,红色),然后去掉其它信息;从洪水期前一周内(或洪水期两周后)的遥感图像上,勾绘出正常时期水体的范围  $S_N$ , 并给该范围水体赋予另一种颜色(例如,绿色),然后去掉其它信息;将作过上述处理的两个时相的遥感图像进行配准合成,即得到一幅洪水势态

的合成图像。在该图像上,淹没范围为  $S_f$ , 可通过下式计算:

$$S_f = S_{\max} - S_N \quad (20)$$

由于洪水期图像上被水淹没的最大范围 ( $S_{\max}$ ) 呈红色, 正常期水体范围 ( $S_N$ ) 为绿色, 且有  $S_{\max} > S_N$ , 根据彩色合成原理, 合成图像上淹没区水体仍为红色, 而正常时期的水体范围则呈红色与绿色的合成色——黄色。

**洪水水量估算** 假设研究区流域汇水服从水文学基本规律, 且该流域内洼地底部连通, 则洪水期积水水体面积与水体水量关系符合 (19) 式给出的容积—面积关系。利用该公式, 根据图像解译得到的最大淹水面积  $S_{\max}$ , 可以估算出最大洪水期淹没水体水量  $Q_{\max}$ ; 根据图像解译得到的正常时期水体范围  $S_N$ , 可以求出正常期积水水体水量  $Q_N$ 。因此, 洪涝积水水量  $Q_f$  可由下式给出:

$$Q_f = Q_{\max} - Q_N \quad (21)$$

**淹没深度估算** 利用洪水淹没区水面高程  $H_{\max}$  (m)、淹水前水体边界的地面高程  $H_N$  (m), 利用 (17) 式可以求出对应的面积  $S_1$  和  $S_2$ , 由此得到实际淹没面积  $S_f$  ( $\text{km}^2$ ) 为

$$S_f = S_1 - S_2 \quad (22)$$

式中  $S_1$  与  $H_{\max}$  的函数关系为  $S_1 = f(H_{\max}) = f(V_p, D_{\max}, T_i)$ , 也即  $S_1$  是可能致涝水量  $V_p$  ( $10^5 \text{ m}^3$ )、区域排水能力  $D_{\max}$  ( $10^5 \text{ m}^3$ ) 及淹水历时  $T_i$  (h) 的函数。由于对于一次洪水而言,  $V_p$  与  $D_{\max}$  为一定值, 则上述函数关系为

$$S_1 = f(T_i) \quad (23)$$

同理,  $S_2$  为  $H_N$  的函数, 即

$$S_2 = f(H_N) \quad (24)$$

因此,  $S_f$  为  $T_i, H_N$  的函数, 即

$$S_f = f(T_i, H_N) \quad (25)$$

对 (25) 式可按两种情况进行讨论:

(1) 把  $T_i$  当作常数, 则淹水面积  $S_f = f(H_N)$ , 据此可以得到一条  $S_f-H_N$  曲线;

(2) 考虑  $T_i$  的变化, 则, 可以得到每天的  $S_f-H_N$  曲线。

综合上述两种情况, 可以查明整个涝灾期间淹没面积  $S_f$  与淹没深度  $H_N$  的关系。

### 5.3 背景数据

背景数据主要是指对区域承灾因子状态变量与调控因子状态变量描述的数据。数据源主要有区域统计资料、野外实测资料、室内模式分析资料等, 根

据承灾因子和调控因子的空间分布状态, 可将这类资料贮存在 GIS 中, 配合 DEM 数据使用。

### 5.4 灾情评估与区域承灾极限

**承灾因子灾变状态的描述模型** 根据区域承灾因子受灾后灾变状态的机理分析或统计分析, 可建立一系列承灾因子灾变状态描述模型; 利用这些模型和提供的基本关系, 逐个因子求解灾变状态。

**灾情评估** 根据各承灾因子的灾变状态, 可进行单因子灾情评估; 在单因子灾情评估的基础上, 进行区域灾情评估。

**区域承灾极限** 在灾情评估的基础上, 根据上述的基本原理求取区域洪涝灾害承灾极限。

## 6 结 论

利用遥感和 GIS 进行区域洪涝灾害灾情评估有很多理论问题有待探讨, 在实践中人们可以选择不同的操作模式。根据我们所作的一系列研究, 利用传统的指标体系总会遇到不少的问题, 其中最突出的是各灾情指标量的空间定位问题。由于空间定位的不明确, 得到的结论只能是一个抽象的数字, 而且, 缺乏空间定位的指标利用遥感手段研究也确实十分困难。为此, 我们试图提出一套可以进行明确定位的灾情估算指标体系, 使得人们可以在洪涝灾害研究中发挥遥感和 GIS 的技术优势。这套指标体系我们将它包含在区域洪涝灾害承灾极限理论中, 对此, 我们作了初步的探索。本研究认为, 利用这一理论及其指标体系, 在 DEM 的支持下进行洪涝灾害的灾情评估是完全可行的。

### 参 考 文 献

- 1 喻光明, 王朝南. 洪涝灾害承灾极限与灾情估算模式. 应用基础与工程科学学报, 1996, 4 (4): 371—377.
- 2 喻光明. 江汉平原渍涝灾害遥感的初步研究. 水科学进展, 1994, 5 (1): 64—70.
- 3 喻光明. 四湖地区洪水期遥感图像的解译. 环境遥感, 1993, 8 (4): 270—277.
- 4 喻光明. 四湖流域“9.17”暴雨洪涝灾害态势及其遥感研究. 长江流域资源与环境, 1993, 2 (1): 59—66.
- 5 陈禹六. 大系统理论及其应用. 北京: 清华大学出版社, 1988.
- 6 席裕庚. 动态大系统方法导论. 国防工业出版社, 1988.
- 7 喻光明, 王朝南, 钟儒刚等. 基于 DEM 的洪涝灾害信息提取与损失估算. 国土资源遥感, 1996, (1): 42—50.
- 8 喻光明, 邹尚辉, 方毅. 江汉平原渍害损失研究中 DEM 的应用. 国土资源遥感, 1992, (2): 37—43.

## 作者简介

喻光明,男,教授,1962年出生,1982年毕业于华中师范

大学地理系,1992年获该校遥感应用专业硕士学位。现主要从事遥感应用、生态与环境科学等方面的教学与研究,发表论文60余篇。

## The Disaster-Bearing Limitation for Flood and Waterlogging Damages Based on the DEM

Yu Guangming

( Department of Geography, Central China Normal University Wuhan 430070)

Zhang Jinxia

Wang Chaonan He Yiaoxi

( Department of Tourism, Jiangnan University Wuhan 430010) ( Xianning Normal College Xianning 437005)

**Abstract** For the investigation of disaster condition and loss estimation of flood and waterlogging damages using GIS and remote sensing, a new method can be used, that is, the estimation method of disaster-bearing limitation (the EMDL). The disaster-bearing limitation of flood and waterlogging damages (the DLFWD) is a way to express the regional stability, and the regional stability under the disaster condition will mainly depend on the disaster-bearing factors  $E\{\eta_k\}$ , the disaster-causing factors  $E\{\xi_k\}$ , and their coupling relationship  $E\{\xi_k, \eta_k\}$  in human and environment system. In this paper, the principle and method of the EMDL are stated, that is, combining with the computational principle of the DLFWD based on the DEM data, and Extracting the information from the remote sensing images of flooding period and non-flooding period, the disaster condition of flooding and waterlogging damages can be estimated.

**Key words** Flood, Waterlogging, Disaster-bearing limitation, Regional stability, DEM, Disaster-bearing factor, Disaster-causing factor