

基于 GIS 的辽宁地区积涝预报方法研究

陆忠艳¹ 王扬锋² 陈艳英³

(1. 辽宁省气象台, 沈阳 110016; 2. 中国气象局沈阳大气环境研究所, 沈阳 110016;
3. 重庆市气象局城市研究中心, 重庆 401147)

摘要 根据辽宁多年平均降水量和径流量资料,应用距离权重反比插值法实现了降水的空间扩展;以扩展后的降水资料为基础,利用 SCS 水文模型建立了辽宁积涝预警系统,并在 2005 年 8 月一次强降水过程中进行了应用。结果表明:积涝预警系统能很好地模拟由于强降水而造成的积涝情况,模拟的积水范围和深度与实况基本吻合。

关键词 GIS;降水;插值;积涝预报

自然灾害在我国发生非常频繁,其中由于强降水而造成的积涝尤为严重。近十几年来,自然资源的开发利用不断扩大,国民经济建设飞速发展,积涝出现的频率及其造成的损失也不断地增加,因此,快速、准确、科学地模拟、预测积涝的淹没范围及深度,对防洪减灾具有重要意义。特别是对于一些重点防洪城市和行蓄洪区,如果能够预测积涝的淹没范围和水深的分布情况,对于预先转移受灾区的生命财产,减少各种损失具有非常重要的应用价值,而且对于洪水造成的灾害损失进行评估也是非常有用的。本文应用地理信息系统技术(Geographic Information Systems,简称 GIS),根据水平衡原理建立了由于强降水而造成积涝的气象预警系统。为市政规划部门在规划辽宁地区排水系统时提供气象依据,以便提供更好、更多的防灾减灾服务。

1 辽宁降水的空间扩展

1.1 空间要素的插值方法

大量研究表明:受经度、纬度、坡度、坡向、海拔高度等影响,局地降水存在巨大差异,进一步导致地表径流等要素的复杂分布。在研究径流资源模拟和集水工程的合理规划时,需要更加精细、准确的气象信息的支持。定量准确的降水预报技术一直是气象工作者不断探索的问题。随着数值预报技术的发展,在这方面已经取得了一定的成果。但是由于天气系统的复杂性,单纯地依靠数值预报技术还很难准确地对降水做出预报,因此在数值预报的基础上综合利用动力学、统计学、人工智能的方法可以大大提高预报的准确率。辽宁定量降水预报是气象台每天对外发布的预报产品之一,它是综合考虑各种预报产品再加上预报员的经验订正后而得到的。研究辽宁积涝预报,准确的降水量预报是必不可少的,但

仅仅依靠 60 个常规气象观测站的定量降水预报远远不能满足积涝预报研究的要求,这就需要一种切实可行的办法来计算无观测站地区的降水量。在实际工作中,利用邻近区域的气象站点资料,通过空间插值来生成所需区域的气象资料就成为一种解决方法。常用于空间要素的插值方法有距离权重反比法、多项式插值法、克里格法、样条插值法等。在这些方法中距离权重反比法最为简便,多项式插值的物理不是很明确,容易得出一些难以解释的值;样条插值是对一些限定的点,通过控制估计方差,利用一些特征节点,用多项式拟合的方法来产生平滑的插值曲线,多用于气象要素的时间序列插值。克里格插值方法以能提供最佳线性无偏估计而逐渐被广泛运用于需要空间插值的诸多领域。然而,所有这些方法中并不存在一种所谓的最佳插值方法。由于气象要素本身不同的特性、气象站点数目及其分布特征等的区别以及用途的不同,选用一种相对适合又

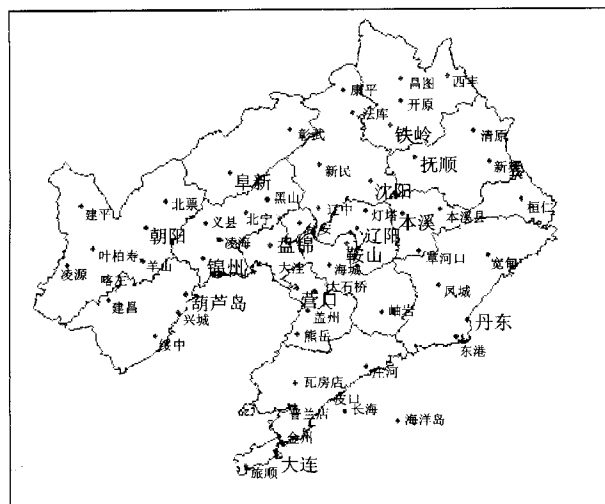


图 1 辽宁省气象站点空间分布

收稿日期:2005-12-22;修订日期:2006-01-06。

基金项目:辽宁省气象台 2005 年业务开发基金资助。

作者简介:陆忠艳,1977 年生,女,硕士,从事中期天气预报工作,E-mail:luzhongyan 1025@163.com。

便于运用的方法,对气象要素的空间插值是非常重要的。

1.2 距离权重反比法的应用

受同一天气系统的影响,空间上相距越近的站点产生的降水量越相近。考虑到辽宁的降水特点。本文使用的插值方法是距离权重反比法(InverseDistanceWeighting,简称 IDW)。IDW 是一种常用而简便的空间插值方法。它以插值点与样本点间的距离为权重进行加权平均,离插值点越近的样本点赋予的权重越大。若权重用距离反比,称为距离反比法;权重用距离平方反比时称为距离平方反比法。在实际应用中,通常选择后者。表达式:

$$Z = \sum_{i=1}^n (Z_i \cdot W_i) / \sum_{i=1}^n W_i \quad (1)$$

式(1)中, n 为用于插值的气象观测站点的数目, Z 为估计的降水量值, Z_i 为降水量在第 i 个站点的实测值, W_i 为第 i 个站点的权重系数。对于权重系数 W_i , 通常的简便计算方法是以待估点到观测点的大圆半径的平方反比作为权重系数。

在实际运用中,首先要确定用于插值的气象观测站点的数目,以辽宁 60 个观测站为基础,对每个要进行插值的站点(Z)选择其周围最近的 8 个观测站点($Z_i, i=1, 2, 3, \dots, 8$)作为插值时所需的站点。权重系数 W_i 等于 Z 到 Z_i 的大圆半径平方的倒数,计算公式:

$$d_{i,x} = x - x_i, d_{i,y} = y - y_i$$

$$d_i^2 = d_{i,x} \cdot d_{i,x} + d_{i,y} \cdot d_{i,y} w_i = \frac{1}{d_i^2} \quad (2)$$

式(2)中 x, y, x_i, y_i 分别代表估计站点的经、纬度,第 i 个站点经度、第 i 个站点纬度,将 $d_{i,x}, d_{i,y}$, 转换成以公里为单位的距离。利用式(2)中的关系式就可以计算出 W_i 。将 W_i, Z_i 代入式(1)中就可计算出每个估计点的降水量值,从而实现定量降水的空间扩展,可为积涝预报的研究提供基础数据。

2 辽宁地区积涝模型的选取

2.1 流域水文模型

流域水文模型是在计算机技术和系统理论的发展中产生的,20 世纪 60~70 年代研制出了许多流域水文模型,如 stanford 流域模型、Sacramento 模型、Tank 模型、Boughton 模型、前期降水指标模型、SCS 模型等。基于辽宁的气候特点和所需资料获取难易程度的考虑,本文选用了 SCS 模型。

2.2 SCS 模型的基本原理

SCS 径流模型^[1-2]能反映出不同土壤类型、不同土地利用方式及前期土壤含水量对降雨径流的影响。它具有简单易行、所需参数较少、对观测数据的要求不很严格的特点,是一种较好的径流计算方法。它是在基于集水区的实际入渗量 F 与实际径流量 Q

之比等于集水区该场降雨前的最大可能入渗量(或潜在入渗量 S)与最大可能径流量(或潜在径流量 Q_m)之比的假定基础上建立的,即:

$$\frac{F}{Q} = \frac{S}{Q_m} \quad (3)$$

式(3)中假定潜在径流量 Q_m 为降雨量 P 与由径流产生前植物截流、初渗和填注蓄水构成集水区初损 I_a 的差值,即:

$$Q_m = P - I_a \quad (4)$$

实际入渗量为降雨量减去初损和径流量,即:

$$F = P - I_a - Q \quad (5)$$

由式(3~5)可得出:

$$Q = \frac{(P - I_a)^2}{S + P - I_a} \quad (6)$$

为简化计算,假定集水区该场降雨的初损 I_a 为该场降雨前潜在入渗量的 0.2 倍^[3],即:

$$I_a = 0.2S \quad (7)$$

则式(6)可写为:

$$Q = \frac{(P - 0.2S)^2}{P + 0.8S} \quad (8)$$

式(8)中 Q 为径流量(单位为 mm), P 为降雨量(单位为 mm), S 为流域最大可能土壤蓄水量(单位为 mm)。

积涝发生的主要原因是因本地降水过多而造成地表积水(或径流)过多。通过径流深度就可知积水深度。利用 SCS 模型的基本原理,由已知的降水量和径流量就可求出土壤最大含水量 S 。 S 值在一定的时间、空间内是个固定值。 S 值确定后, P 与 Q 的关系就可随之确定,因此,由每日的降水预报值就可以求出每日的径流预报量。再综合考虑径流深的空间分布就可实现对积涝预报的研究。

3 辽宁地区积涝模型的确立

受地理位置、海陆分布及地形等因素影响,辽宁地区降水、径流地区分布很不均匀。年际、年内雨雪变化较大,冬春季雨雪稀少,夏秋季降雨集中,尤以 7~8 月降水量为最大,约占全年的 50%。从降水季节看,春季降水量占全年的 11%~16%,易发生春旱;夏季降水量占 60%~70%,常有暴雨发生,形成洪涝灾害;秋季降水量占 17%~19%,屡有秋旱发生;冬季降水量仅占 1%~4%。根据辽宁四季分明的特点, S 值在不同的季节会有明显的不同。基于季节的考虑,根据辽宁多年平均降水量和径流量在年内分配的比例分别求出四季中的多年平均降水量和径流量。再根据式(8)中的模型计算出不同季节 S 的值。把每日的定量降水预报作为输入条件,综合考虑土壤最大可能蓄水量计算出径流深。当径流深为零时说明没有积涝发生;当径流深不为零时说明有积涝发生。径流深即为积水深度。

使用辽宁地区多年平均降水量、径流量资料,利用 SCS 模型建立辽宁地区积涝模型:

$$\text{春季: } Q = (P - 26)^2 / (P + 104) \quad (9)$$

(当 $P > 26$ 时, 有积涝发生)

$$\text{夏季: } Q = (P - 84)^2 / (P + 336) \quad (10)$$

(当 $P > 84$ 时, 有积涝发生)

$$\text{秋季: } Q = (P - 44)^2 / (P + 178) \quad (11)$$

(当 $P > 44$ 时, 有积涝发生)

由于辽宁冬季几乎不产生径流, 所以冬季的积涝不予考虑。春夏秋冬季是根据辽宁的气候特点而划分。规定: 春季(3~5月), 夏季(6~8月), 秋季(9~11月), 冬季(12月—翌年2月)。

4 积涝预警系统工作平台和应用实例

4.1 积涝预警工作平台

积涝预警工作平台是以 VisualBasic 编程语言为基础, 借助 GIS 开发而成的。此平台主要由 3 部分组成。时间框: 单击时间框下拉条选择某一天, 说明要计算的是该日的积涝情况; 预报结果按键: 当单击此按键时就会以图形的方式显示当日的积涝情况, 包括站名和该站的积水深度, 图形以色阶的方式表示, 不同的颜色代表不同的积水深度; 退出按键: 单击此按键退出积涝预警界面。

4.2 积涝预警系统在 2005 年一次强降水过程中应用实例

2005 年 8 月 13 日, 受高空槽和高压后部暖湿气流共同影响, 辽宁出现了 1 次强降水天气过程。强降水中心出现在辽宁的西部和东北部地区。24 h 降水量: 开原为 174.2 mm, 清原为 163.0 mm, 建昌为 105.5 mm, 盘山为 99.3 mm, 铁岭为 98.5 mm。积涝的发生主要是由强降水造成的。我们利用积涝预警系统对此次强降水过程进行了积涝预警模拟, 预警结果与实况十分吻合(图 2)。预警结果表明: 在出现强降水的开原和清原地区积水深度较深, 为 8~15 mm, 而其他地区的积水深度为 0~4 mm, 降水量较小的南部地区未发生积涝。

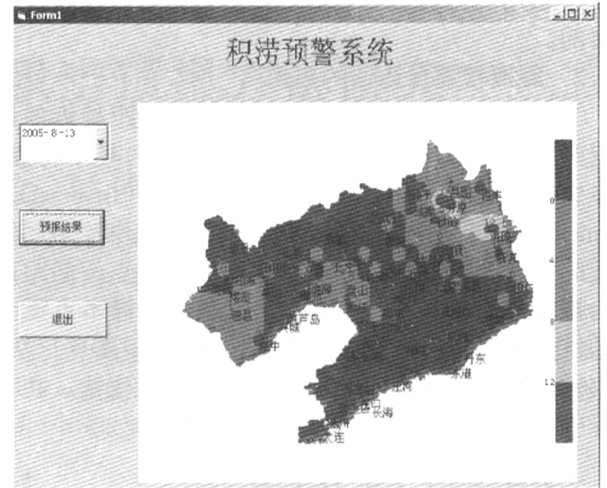


图 2 2005 年 8 月 13 日辽宁积涝预警结果

5 结论与讨论

5.1 根据辽宁四季分明的特点, 将境内流域最大可能土壤蓄水量 S 按季节进行划分, 与辽宁的实际情况基本一致, 说明该模型具有合理性和适用性。

5.2 建立的积涝模型能够很好地模拟积涝的发生范围和积水深度, 为政府规划部门规划辽宁地区排水系统时提供了气象依据。

5.3 SCS 模型没有考虑降雨过程持续时间对土壤滞留量及 S 值的影响, 这势必会影响模型的估算精度; 前期降雨对土壤湿润状况的影响也是一个很复杂的过程, 有待进一步研究。

参考文献

- [1] William J R, LaSeur W V. Water yield model using SCS curve numbers. *Journal of Hydraulics Division*, 1976, 102 (9): 1221 - 1253.
- [2] Bosznay M. Generalization of SCS curve numbers method. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 1989, 115 (1): 139 - 144.
- [3] 赵松岭. 集水农业引论. 西安: 陕西科学出版社, 1996: 139 - 142.

A study of waterlog forecast method based on GIS in Liaoning region

LU Zhongyan¹ WANG Yangfeng² CHEN Yanying³

(1. Liaoning Meteorological Observatory, Shenyang 110016;

2. Institute of Atmospheric Environment, CMA, Shenyang 110016;

3. Urban Research Center, Chongqing Weather Bureau, Chongqing 401147)

Abstract: In terms of average precipitation and runoff in Liaoning Province, spatial distribution of precipitation was obtained by inverse distance weighting (IDW) interpolation. Based on the spatial precipitation data, the system of waterlog forecast was founded with SCS hydrology model, and it was validated by the heavy precipitation process happened in August, 2005. The results showed that this system could simulate waterlog caused by heavy precipitation very well.

Key words: Geographic Information System; Precipitation; Interpolation; Waterlog forecast