

文章编号:1673-9469(2012)03-0064-04

基于泰森多边形法的庆阳市面雨量计算

龙胤慧¹, 廖梓龙^{2,3}

(1. 河北工程大学 水电学院, 河北 邯郸 056021; 2. 水利部 牧区水利科学研究所, 内蒙古自治区 呼和浩特 010020; 3. 中国水利水电科学研究院 研究生部, 北京 100048)

摘要:以甘肃省庆阳市为例, 利用结合各雨量站点权重的泰森多边形法进行面雨量计算, 分别采用 AutoCAD 2008 软件进行人工网格划分和 ArcGIS 9.3 程序进行自动网格划分, 并与传统的算术平均法进行比较, 探讨了雨量站对计算结果的影响、人为划分网格的主观性因素、泰森多边形法的精度问题等。结果表明, 与算术平均法相比, 基于泰森多边形法的两种网格划分下的面雨量计算结果更接近实际降雨量, 雨量站与网格划分都是影响计算结果的重要因素。

关键词:泰森多边形; 面雨量计算; AutoCAD; ArcGIS

中图分类号: TV11

文献标识码: A

Surface precipitation calculation of Qingyang area based on Thiessen polygons method

LONG Yin-hui¹, LIAO Zi-long^{2,3}

(1. Institute of Hydropower, Hebei University of Engineering, Hebei Handan 056021, China; 2. Research Institute of Water Resources for Pastoral Area, The Ministry of Water Resources, Inner Mongolia Hohhot 010020, China; 3. The Postgraduate Department, China Institute of Water Resources and Hydropower Research, Beijing 100038, China;)

Abstract: Taking an example of Qingyang city, which is a city in the northeast of Gansu Province, we apply Thiessen Polygons method to calculate the surface precipitation by combining the weights of the rainfall site, then use the AutoCAD 2008 software to make artificial meshes and apply the ArcGIS 9.3 software to make automatic meshes. At the same time, the calculation result of the surface precipitation could be compared with the traditional method that calculate the average rainfall value of all rainfall site. Based on the results of surface precipitation, we make some relevant analysis on this paper, such as considering the results influenced by the numbers of the rainfall site, the human being's subjectivity factors on the aspect of the grid meshing, and the precision of the method. The results of the study show that, the surface precipitation calculation result, which based on the Thiessen Polygon method, is more close to the real rainfall, what's more, both the numbers of rainfall sites and grid meshing are the important factor that affects the calculation results.

Key words: Thiessen polygons; the surface precipitation calculation; AutoCAD; ArcGIS

降雨作为水文循环中最重要的物理过程, 其时空分布不均匀的客观规律决定了面雨量的计算无法用常规的线性方法来实现。雨量站网是获得降雨资料的最直接手段, 然而雨量站网的分布在空间上也是非规则的离散分布, 难以完全实际地反映实际降雨在空间上的均匀分布情况。因此,

采用合理的方法提取雨量站网的观测值对描述降雨的空间分布具有十分重要的意义。在水文学、气象学等领域常用的面雨量计算方法有算术平均法、等雨量线法、泰森多边形法、网格插值法^[1]、三角形法等。其中泰森多边形法原理简单, 即在面雨量计算中综合考虑了各雨量站点所代表的面

积,且权重系数的计算较为便捷。基于泰森多边形面雨量计算方面的研究在我国气象和水文领域中已取得广泛的应用,目前的主要研究集中在三个方向,第一,运用泰森多边形与其他计算方法(如算术平均法等)相比较,分析其在不同流域面雨量计算过程中的适用性及优化程度^[2-4];第二,面雨量在水文学中(如洪涝关系、入库流量、水位预测等)的应用^[5-7];第三,面雨量在气象中(如天气预报、人工增雨等)的应用^[9-11]。本文采用泰森多边形法计算庆阳市的面雨量,旨在验证泰森多边形法在网格划分、与算术平均法的精确性比较、与雨量站的相关性在实际应用中的结果。

1 基于泰森多边形的面雨量计算

1.1 面雨量的定义及其计算方法

面雨量是指某一特定区域或流域的平均降水情况,定义为由各个点雨量推求出的平均降雨量。在水文学中将面雨量表示为^[11]:

$$\bar{P} = \frac{1}{A} \int P dA \quad (1)$$

式中 \bar{P} - 面雨量; A - 特定区域的面积; P - 有限元 dA 上的雨量。

1.2 泰森多边形法

1911年,荷兰气候学家 A·H·Thiessen 提出了一种根据离散分布的气雨量站的降雨量来计算平均降雨量的方法,即将流域划分成若干单元面积,其中每一个单元面积的包含一个雨量站点,该站点的降雨量代表该单元面积的降雨量,最后用各站点雨景与该站所占面积权重相乘后累加即得该流域的面雨量。泰森多边形也称为 Voronoi 图或 Delaunay 三角网^[12-14]。经过多年的应用与实践,泰森多边形已成为面雨量计算中的一种优化

方法。

泰森多边形法(Thiessen Polygons),又称为垂直平分法或加权平均法,是一种计算平均降水量的方法。其方法首先通过连接相邻雨量站点,把区域划分为大量的锐角三角形,接着在三角形的每一边作垂直平分线,每一站点周围的相互相交的垂直平分线形成一个多边形,计算该多边形的面积与流域面积之比,作为各多边形上的降雨权重系数,最后用各站点雨景与该站所占面积权重相乘后累加即得(图1),公式如下:

$$\bar{P} = f_1 P_1 + f_2 P_2 + \dots + f_n P_n \quad (2)$$

式中: \bar{P} - 流域平均雨量; f - 各雨量站用多边形面积计算的权重数; P - 各测站同时期降雨量。

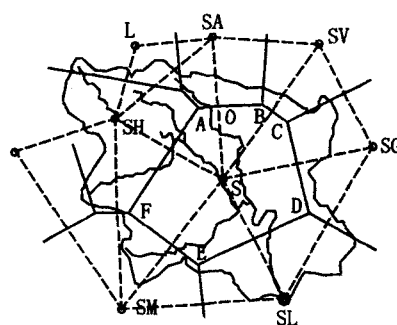


图1 泰森多边形法示意图

Fig.1 Thiessen polygons diagrammatic drawing

2 泰森多边形法的计算实例

2.1 研究区域及其背景条件

以甘肃省庆阳市为研究区域,基于泰森多边形计算该区域的面雨量。庆阳,位于甘肃省东部,陕甘宁三省区的交会处,素有“陇东粮仓”之称。全市总土地面积 27 119 km²,总人口 256 万,辖环县、华池、庆城、镇原、宁县、正宁、合水县七县和西峰区^[15],表 1 为庆阳市的区域基本概况。

表 1 庆阳市的区域概况^[16]

Tab.1 The regional general situation of Qingyang city^[16]

内容	
地理位置	庆阳市属黄河中游内陆地区。介于 E106°20'至 E108°45'与 N35°15'至 N37°10'之间。东倚子午岭,北靠羊圈山,西接六盘山,东、西、北三面隆起,中南部低缓,故有“盆地”之称。区内东西之间 208 km,南北相距 207 km。
地质地貌	第四纪陆地不断抬升,更新世的大风,席卷黄土,铺天盖地,覆积成厚达百余米的黄土高原,全市海拔相对高差 1 204 m,北部马家大山最高为 2 089 m,南部政平河滩最低为 885 m。
气候特点	庆阳属干旱半干旱气候,年均气温 7~10℃,年日照 2 250~2 600 h,无霜期 140~180 d。年均降雨 480~660 mm。

2.2 面雨量的计算

根据资料,庆阳市所处的黄河中游流域范围内共有甘肃省雨量站 45 个,宁夏雨量站 15 个,黄委雨量站 131 个。对资料进行审查(可靠性、一致性、代表性)和整理,筛选时间序列较长、将对资料较完整的 28 个雨量站作为流域内的控制站点(图 2),首先采用 AutoCAD 根据站点及边界进行人工网格划分,构造泰森多边形(图 3)。28 个雨量站各月平均月雨量见图 4。



图2 选取的雨量站点

Fig.2 The selected situation of rainfall



图3 泰森多边形的构造

Fig.3 Structure of the Thiessen polygons

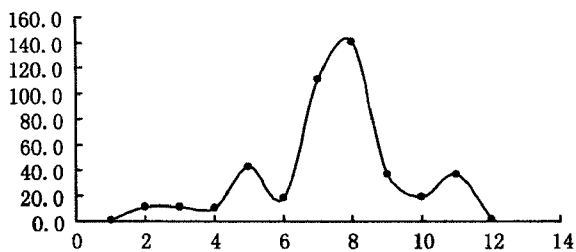


图4 平均月雨量

Fig.4 The average month rainfall

将各测站的面雨量乘以权重后求和,可得到 2009 年甘肃省庆阳市流域面雨量为 440.56 mm。同样,将所有雨量站点及流域边界作为 shp 格式

文件导入 ArcGIS,运用 Analysis Tool 中 Create Thiessen Polygons 工具创建泰森多边形(图 5)。需要注意流域边界的设定,或采用裁剪工具 Intersect 进行修正。



图5 GIS创建的泰森多边形

Fig.5 Create Thiessen polygons

将各测站的面雨量乘以权重值,再求和,可得到基于自动划分网格的泰森多边形法所计算的 2009 年甘肃省庆阳市流域面雨量为 449.35 mm。

3 计算结果分析

3.1 算法比较

选取 118 个雨量站站点,进行算术平均,可求得 2009 年该区域的流域面雨量为 459.74 mm。查阅庆阳统计年鉴^[17],对比分析算术平均法与泰森多边形法的计算结果(表 2),可知基于泰森多边形法的面雨量计算值更接近于实际降雨量值。

表 2 不同计算方法的对比分析

Tab. 2 comparison of the results with different calculation method

算法	计算降雨量	实际降雨量	误差
算术平均法	459.74	445.80	+ 13.94
泰森多边形法	440.56	445.80	- 5.24
泰森多边形法	449.35	445.80	+ 3.55

本计算实例属于黄土高原地区,地势比较平坦,地形起伏不大,流域面积相对较小,且流域内各雨量站分布均匀、资料齐全,因此使用泰森多边形比使用算术平均法精确,同时也比使用格点法、等雨量法更简便、更易操作。

3.2 雨量站分布及数量的影响

对雨量站进行重新筛选,最后选取鲁家掌、四合塬、三十里铺、王沟脑、湘乐、梁塬、大岔、王寨、屯字、草峰、演武、庙儿掌、冰淋岔、马渠、飞云共 15

个站点作为流域的控制站点构造泰森多边形,最后计算得到2009年甘肃省庆阳市的流域面雨量为416.17 mm,与28个站点的计算结果有一定差异。

由此可见,雨量站的分布及数量的选择是否合理,将在很大程度上影响面雨量的计算结果。雨量站网具有动态的性质,因此需要依据一定的精确目标,合理选择雨量站^[1]。

3.3 网格划分方法的比较

在网格划分时,由于分别采用人工划分和自动划分,其计算结果也有所不同。基于ArcGIS的泰森多边形网格工具可以避免人为主观划分的主观性和不确定性,且比人为划分更为便捷。

3.4 泰森多边形的精度分析

在计算流域面雨量的实践过程中,应当考虑地形地貌的影响因素,显然,低阶次的泰森多边形无法实际反映流域的地形地貌,需要考虑是否采用高阶次的泰森多边形。此外,还需注意高阶次的插值必然带来算法的复杂性及是否收敛的问题。而本计算实例属于黄土高原地区,地势比较平坦,地形起伏不大,且流域面积相对较小,因此基于不同方式泰森多边形网格划分的面雨量计算结果均能满足精度要求。

4 结论

1)与算术平均法的计算结果(459.74 mm)相比,两种泰森多边形划分在该流域面雨量的计算结果分别为440.56 mm和449.35 mm,显然更接近于实际面雨量(445.80 mm)。

2)基于泰森多边形法的面雨量计算结果与雨量站的数目有关,雨量站的分布及数量的选择是否合理,将在很大程度上影响面雨量的计算结果。

3)基于ArcGIS的泰森多边形网格工具可以避免人为主观划分的不确定性,且比人为划分更为便捷。

参考文献:

[1] 李飞,田万顺.流域面雨量的计算方法[J].河南气

象,2003(3):20-21.

- [2] 李武阶,王仁乔,郑启松.几种面雨量的计算方法在气象和水文上的应用比较[J].暴雨·灾害,2002,(10):62-67.
- [3] 徐晶,林建,姚学祥,等.七大江河流域面雨量计算方法及应用[J].气象,2001,27(11):13-16.
- [4] 陈光舟,张晓红.淮河流域面雨量计算方法的比较分析[J].安徽农业科学,2009,37(24):11637-11640.
- [5] 林开平,孙崇智,陈冰廉,等.广西主要江河流域的面雨量合成分析与洪涝的关系[J].热带地理,2003,23(3):222-226.
- [6] 马开玉,丁裕国.气候统计原理与方法[M].北京:气象出版社,1993.
- [7] 张果军,肖勇,王尔理,等.资江流域面雨量计算及应用[J].贵州气象,2007,31(2):15-17.
- [8] 董官臣,冶林茂,符长锋.面雨量在天气预报中的应用[J].气象,2000,26(1):9-13.
- [9] 嵇磊,李宏宇,周珺.人工增雨效果评估中的面雨量计算分析[J].气象科技,2009,4(37):492-495.
- [10] 张栋,马建华,潘新源,等.泰森多边形在“包头市人工影响天气综合信息分析处理系统”中的应用[J].内蒙古气象,2009(1):36-37.
- [11] 林期斯高,寇乐,保罗赫斯.工程水文学[M].刘光文,周文豪,沈曾源,等,译.北京:水利出版社,1991.
- [12] VORONOI G. Nouvelles applications des parameters continus, a la theorie des formes quadratiques, deuxieme memoire: recherches sur les parralleloedres primitifs[J]. Journal Fur Die Reine and Angewandte Mathematik, 1908(134):198-287.
- [13] THIESSEN A H. Precipitation averages for large areas[J]. Monthly Weather Review, 1911(39):1082-1084.
- [14] DELAUNAY B. Bulletin of the academy of sciences of the USSR[J]. Classe Des Sciences Mathematiques et Naturelles, 1934(8):793-800.
- [15] 甘肃统计局. 2010年甘肃发展年鉴[M].中国统计出版社,2010.
- [16] 袁树堂,杨绍琼.珠江流域(云南省)雨量站网分析[J].人民珠江,2008(1):29-31.
- [17] 庆阳统计局. 2010年庆阳统计年鉴[M].北京:中国统计出版社,2010.

(责任编辑 马立)