

山区气温空间分布模拟的 DEM 尺度影响

李 军

(重庆师范大学 地理科学学院 ,GIS 应用研究重庆市高校重点实验室 ,重庆 400047)

摘 要: 以浙江省仙居县为实验区 ,通过气温空间分布的地形调节统计模型 ,并使用了 10 个气象站(哨) 的气温资料 ,和不同空间分辨率的 DEM(均来源于 1: 1 万的数字化地形图) ,模拟了不同空间尺度的年平均气温空间分布 ,比较了它们的误差大小以及随宏观地形(海拔) 和微观地形(坡度和坡向) 的分布差异。结果表明: 基于不同空间分辨率 DEM 模拟的平均气温呈现较大的空间分布差异性; 随着 DEM 空间分辨率的减小 ,误差逐渐增加(最大绝对误差为 2. 04℃ ,相对误差为 15. 10%) ,且空间差异性降低。而且微观地形因子(坡度和坡向) 随着空间分辨率的变化产生显著变化 ,进而明显影响气温的空间分布 ,不同坡度之间的年平均气温差最大为 9. 5℃ ,最小为 1. 8℃。不同坡向之间的年平均气温差最大为 12. 2℃ ,最小为 2. 4℃。

关键词: DEM; 空间尺度; 山区; 气温

中图分类号: P463

文献标识码: A

山区气温的空间分布由于受到海拔、坡度、坡向、地形起伏和遮蔽度等地形因素的影响而呈现显著的地域性差异^[1]。我国山区气象站点分布稀少 ,而且 ,气象站点的选址要求设在山顶或者相对平坦宽阔的地方 ,以保证在一定距离范围内消除遮蔽物的影响。因此 ,利用气象站观测资料研究复杂地形因子(特别是坡度、坡向等微观地形因子) 对气温空间分布的影响往往非常困难。

我国一些学者在 20 世纪 80 年代初开始 ,通过临时建立的山区气象站(哨) 的资料和一些理论模型进行推导和计算分析 ,取得了较好的研究效果^[1-3] ,尽管这些模型虽然考虑了海拔、纬度、坡度、坡向等地形因子的影响 ,但是 ,当时只能借助于地形小网格进行图解 ,具有计算量大、计算过程繁琐、制图可视性差、输出结果不利于分析等缺点。自 20 世纪 90 年代后期开始 ,随着数字高程模型(DEM) (特别是高空间分辨率的 DEM) 和地理信息系统(GIS)

技术(特别是数字地形分析功能) 被用于我国山区气温的空间分布推算^[4-6] ,克服了以往研究中的一些缺点 ,例如 ,大大简化了地形因子的计算步骤 ,减小了计算量 ,提高了精度。因此 ,从提高地形因子模拟精度的角度也可提高山区气温空间分布的模拟精度。目前 ,高空间分辨率的 DEM 和数字地形分析功能为研究山区气温空间分布提供了良好的地形数据基础和技术支持。但是 ,由于 DEM 的空间分辨率不同 ,造成一些地形因子(如坡度、坡向等微观地形因子) 的推算精度差异较大^[7-8] ,从而降低山区气温空间分布的模拟精度。由于坡度、坡向等微观地形因子对山区气温空间分布的影响往往是不能忽略的 ,而较准确的坡度、坡向等微观地形因子需要从高空间分辨率的 DEM 数据中进行获取 ,以往高空间分辨率 DEM 数据常常通过数字化的地形图得到 ,这需要大量繁重的数字化工作 ,使其应用受到很大限制。因此 ,我国基于高空间分辨率 DEM 的气温空间分布

收稿日期(Received date) : 2012 - 03 - 27; 改回日期(Accepted) : 2012 - 05 - 05。

基金项目(Foundation item) : 公益性行业(气象) 科研专项项目(GYHY201106025) ; 国家自然科学基金项目(40701148) ; 重庆师范大学基金项目(11XLB050) 资助。[Supported by Special Scientific Research Project for Public Welfare Industry (meteorology) (No. GYHY201106025) , National Natural Science Foundation of China(No. 40701148) , and Foundation of Chongqing Normal University(No. 11XLB050) .]

作者简介(Biography) : 李军(1974 -) ,男 ,天津杨柳青人 ,博士 ,副研究员 ,主要从事农业遥感和地理信息系统应用研究。[Li Jun(1974 -) , Male , born in Tianjin , China , Doctor , Associate Research Fellow , research fields mainly covering Agricultural Remote Sensing and application of Geography Information System.] E - mail: junli@ cqnu. edu. cn]

研究不多,如史舟等利用浙江省龙游县 1:5 万的数字化地形图进行了年平均气温空间分布的模拟^[4]。陈晓峰等建立了拉萨市城关区 100 m × 100 m 的 DEM,并在此基础上建立了山区气温推算模型^[5]。张洪亮等利用 1:25 万的等高线和 1:10 万的数字化地形图,对环青海湖地区的气温进行了空间模拟方法的研究^[6]。杨昕、汤国安提出了基于 DEM 的山区气温地形修正模型,并以陕西省耀县为实验样区,通过对坡面和平面太阳总辐射的模拟,结合 1:5 万 DEM 和相关的气温资料,实现了对传统山区气温空间推算模型的改进^[9]。然而,这些研究均没有考虑不同空间尺度的 DEM 对气温空间分布模拟的影响。本文以此为研究思路,以浙江省仙居县为实验区,收集了 10 个气象站(哨)的气温资料,并数字化了 1:1 万的地形图(等高线和高程点),建立了 12.5 m × 12.5 m 的 DEM,定量研究和探讨 DEM 空间尺度对山区气温空间分布模拟的影响,这对于根据需求选择合适的空间分辨率的 DEM 数据以获得精确的气温空间分布模拟具有重要的指导意义。

1 实验区和数据

1.1 实验区概况

仙居县地处浙江省东南部,界于 28°28′14″ ~ 28°59′48″N、120°17′6″ ~ 120°55′51″E 之间,东西长 63.6 km,南北宽 57.6 km,总面积约 1 996 km²。全县山地面积为 1 623.62 km²,占总面积的 81.34%,属于典型的山区(图 1)。

1.2 实验数据

1.2.1 气温

收集了仙居县内 10 个气象站(哨)历年逐月平均气温数据及其地理位置(经度、纬度和海拔),见图 1。气温数据均经过了仙居县气象站气象观测员严格的审核和校对,一方面,要求无明显的过失误差和系统误差,规定的气温精度是 0.1℃;另一方面,要求月平均气温在时间序列上具有均一性。由于部分气象站(哨)月平均气温数据的时间序列长短不一,将仙居县气象站作为基本站,使用了一元回归订正法对部分气象站(哨)缺测的月平均气温进行了订正,形成了仙居县 10 个气象站(哨)30 a(1961—1990 年)历年各月、年平均气温数据集^[10-11]。

1.2.2 地形

利用地理信息系统软件 MapInfo 对仙居县 1:1 万地形图(包含等高线和高程点)和行政区划图进行数字化和统一的投影转换,并在地理信息系统软件 ARC/INFO 中生成矢量化的地形不规则三角网

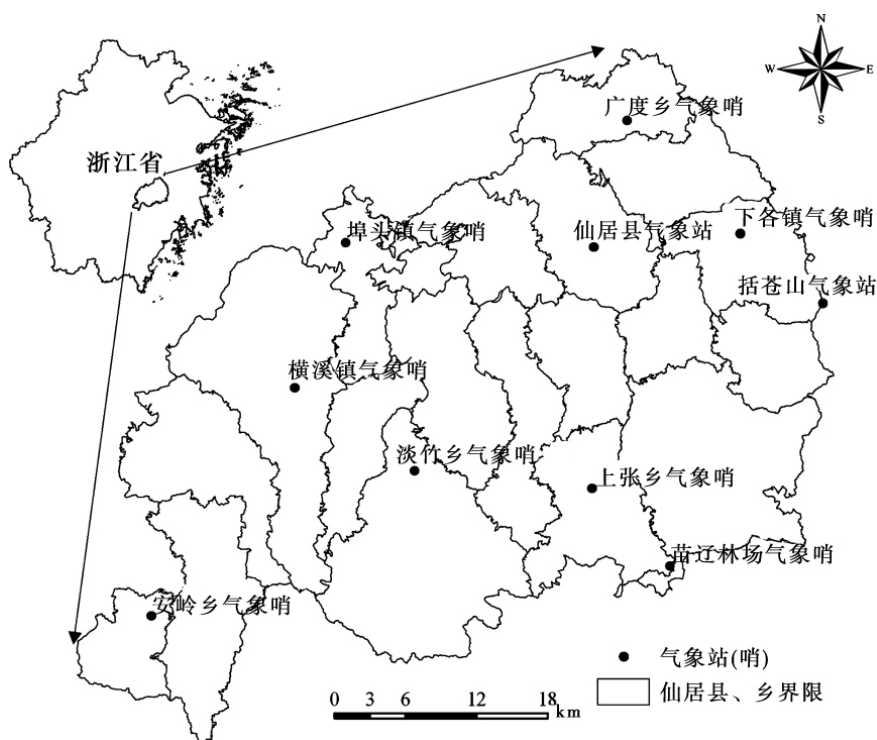


图 1 仙居县气象站(哨)点的空间位置

Fig. 1 Locations of 10 meteorological stations in Xianju County

(TIN) ,再进行格式转换内插 ,按照我国测绘部门关于 1: 1 万数字高程模型的生产技术规定 ,建立了 12.5 m × 12.5 m 的数字高程模型(图 2) ,栅格数为 4675 × 5100 个 ,并将 12.5 m × 12.5 m 的网格(Cell) 作为本文推算山区气温的最小分析单元。

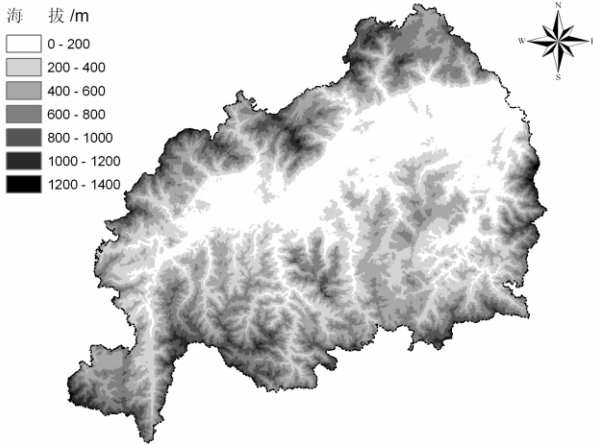


图 2 仙居县 12.5 m × 12.5 m 数字高程模型(DEM)

Fig. 2 Digital Elevation Model(DEM) with 12.5 meter resolution in Xianju County

2 基于不同空间尺度 DEM 的山区气温空间分布模拟

2.1 山区气温空间分布模拟模型

本文在考虑了经度、纬度和海拔对气温空间分布影响的前提下 ,采用了进一步考虑坡度、坡向等微观地形因子的地形调节统计模型^[6,9] ,即在考虑微观地形(坡度、坡向) 特征的情况下 ,根据面辐射与地形的函数关系 ,气温可由函数公式(1) 得到

$$T_T = T_H \cos i / \cos z \quad (1)$$

式中 T_T 为地形调节统计模型模拟的气温; T_H 为常规统计模型模拟的气温 ,可利用公式(2) 求得; i 为地球表面法线与太阳光线之间的角度 ,可利用公式(3) 求得; z 为太阳天顶角

$$T_H = a_0 + a_1 \lambda + a_2 \varphi + a_3 h \quad (2)$$

式中 λ 为经度 , φ 为纬度 , h 为海拔 , a_0 为常数 , a_1 、 a_2 、 a_3 为偏回归系数

$$\cos i = \cos \alpha \cos z + \sin \alpha \sin z \cos(\phi - \beta) \quad (3)$$

式中 α 为坡度 , z 为太阳天顶角 , ϕ 为太阳方位角 , β 为坡向。

对于我国的地理位置特点和气温模拟方法^[6] ,可把太阳天顶角设为 45° ,太阳方位角设为 180°(约

为正午时间) ,以此 ,上述的地形调节模型可归纳为公式(4)

$$T_T = T_H(\cos \alpha - \sin \alpha \cos \beta) \quad (4)$$

本文利用仙居县 10 个气象站(哨) 30 a(1961—1990 年) 历年平均气温数据及各站点的经度、纬度和海拔等 ,进行多元线性逐步回归分析(信度 5%) ,建立了年平均气温空间分布的常规统计模型(表 1) 。

表 1 仙居县年平均气温与经度、纬度和海拔之间的回归关系

Table 1 Regression relationship of annual temperature dependent on longitude , latitude , and elevation in Xianju county

回归系数				复相关系数	F
a_0	a_1	a_2	a_3		
74.64		-1.98	-0.005 5	0.997 5	686.52

由表 1 看出: 利用常规统计模型模拟的仙居县年平均气温值与纬度、海拔均呈显著负相关关系 ,而与经度的相关不显著。

2.2 不同空间分辨率 DEM 的生成

DEM 的空间分辨率在很大程度上反映了对真实地形的概括程度 ,空间分辨率越大 ,越能更好地反映真实的地形特征 ,地形因子的误差相对较小; 反之 ,空间分辨率越小 ,对真实地形的概括程度越低 ,地形因子的误差相对较大。由于根据 1: 1 万数字化地形图生成的 12.5 m × 12.5 m 的 DEM 在一定程度上较真实地反映了地形 ,因此 ,以 12.5 m × 12.5 m 的 DEM 为基准 ,然后分别以 3 × 3、5 × 5、7 × 7 等窗口依次类推重采样到 112.5 m ,在 112.5 m 以上 ,由于地形因子的计算结果对于 DEM 空间分辨率的敏感性显著降低 ,采用 125 m 采样间隔 ,逐次采样到 1 112.5 m。因此 ,共生成了 13 种不同空间分辨率的 DEM。

2.3 不同空间分辨率山区气温空间分布的模拟

在仙居县气温空间分布常规统计模型的基础上 ,结合上述 13 种不同空间分辨率的 DEM 以及由 DEM 提取的坡度、坡向 ,利用地理信息系统软件 ARC/INFO 中的空间分析模块进行空间数据代数运算 ,得到了 13 种不同空间尺度下仙居县年平均气温的空间分布 ,以 12.5 m、237.5 m、487.5 m 和 987.5 m 的年平均气温空间分布为例 ,如图 3 所示。

由图 3 可见: 随着 DEM 空间分辨率的减小 ,地形的描述精度越差 ,年平均气温空间分布随地形分布

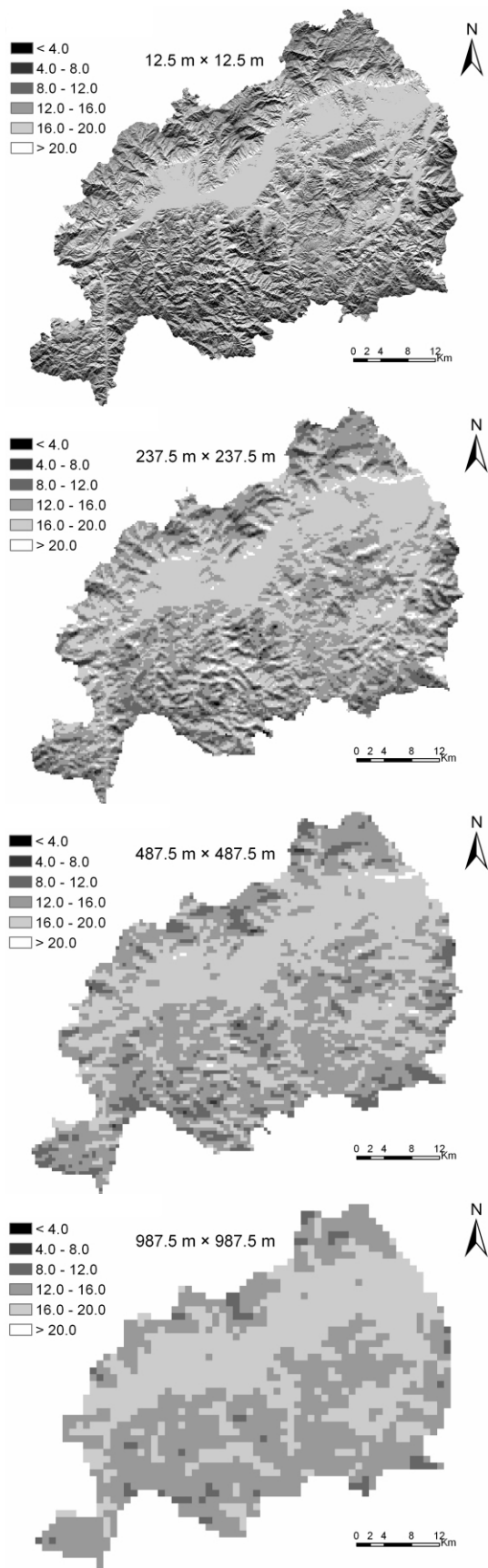


图 3 仙居县 4 种空间尺度下年平均气温的空间分布图

Fig. 3 The spatial distribution map of annual temperature in Xianju County (12.5 m , 237.5 m , 487.5 m and 987.5 m resolution)

体现的逐渐不明显 ,特别是坡度和坡向等微观地形因子对气温的影响 ,到达 987.5 m 分辨率时 ,几乎已经体现不出坡度和坡向上气温的差异性。

3 模拟结果的分析

3.1 不同空间分辨率的年平均气温

分析仙居县年平均气温的空间分布随 DEM 空间分辨率的变化 ,以 12.5 m 分辨率的气温空间分布为基准 ,统计其他 12 种不同空间分辨率气温模拟的误差 ,见表 2。

表 2 不同空间分辨率的年平均气温分布的统计分析

Table 2 Annual temperature statistics in different spatial resolutions

空间分辨率 /m	年平均气温 /℃	绝对误差 /℃	相对误差 /%	标准差 /℃
12.5	13.51	0.00	0.00	5.28
37.5	13.82	0.31	2.29	5.14
62.5	14.08	0.57	4.22	4.74
87.5	14.28	0.77	5.70	4.41
112.5	14.43	0.92	6.81	4.13
237.5	14.96	1.45	10.73	3.04
362.5	15.10	1.59	11.77	2.70
487.5	15.24	1.73	12.81	2.35
612.5	15.33	1.82	13.47	2.11
737.5	15.39	1.88	13.92	1.94
862.5	15.45	1.94	14.36	1.82
987.5	15.49	1.98	14.66	1.74
1 112.5	15.55	2.04	15.10	1.67

由表 2 看出: 随着 DEM 空间分辨率的减小 ,年平均气温的绝对误差和相对误差逐渐增加 ,最大的绝对误差为 2.04℃ ,相对误差为 15.10% ;其次 ,年平均气温的空间差异性降低(标准差逐渐减小) 。而且 ,仙居县年平均气温(T) 与 DEM 空间分辨率(X) 之间存在显著的对数关系: $T = 0.0491 \ln(X) + 12.14$,其中 $0 < X \leq 1112.5$, $R^2 = 0.990$ 。年平均气温的标准差($Tstd$) 与空间分辨率(X) 之间也存在显著的对数关系: $Tstd = -0.95 \ln(X) + 8.349$,其中 $0 < X \leq 1112.5$, $R^2 = 0.963$ 。

3.2 不同空间分辨率年平均气温的地形要素分析

由于在山区气温空间分布模型中 ,经度、纬度、海拔、坡度、坡向和地形遮蔽等地理和地形因子直接

表 3 不同空间分辨率的 DEM 中不同海拔范围内的平均气温

Table 3 Annual temperature in 10 different elevation classes from DEM with different spatial /℃

海拔 /m	空间分辨率 /m												
	12.5	37.5	62.5	87.5	112.5	237.5	362.5	487.5	612.5	737.5	862.5	987.5	1 112.5
< 100	17.0	17.0	17.0	17.1	17.1	17.1	17.1	17.2	17.2	17.2	17.1	17.2	17.2
100 ~ 200	15.7	15.9	16.1	16.2	16.3	16.6	16.7	16.7	16.7	16.7	16.7	16.8	16.8
200 ~ 300	14.1	14.4	14.7	15.0	15.2	15.7	15.9	15.9	16.1	16.1	16.2	16.1	16.2
300 ~ 400	13.3	13.7	14.1	14.3	14.5	15.0	15.3	15.4	15.6	15.5	15.6	15.7	15.7
400 ~ 500	12.9	13.3	13.6	13.8	14.0	14.5	14.8	14.9	14.9	15.0	15.1	15.1	15.0
500 ~ 600	12.4	12.7	13.0	13.3	13.4	13.9	14.2	14.3	14.4	14.3	14.5	14.4	14.5
600 ~ 700	11.8	12.2	12.5	12.7	12.8	13.3	13.5	13.7	13.8	14.0	13.8	14.0	14.1
700 ~ 800	11.3	11.6	11.9	12.1	12.3	12.7	13.0	13.2	13.3	13.2	13.4	13.5	13.4
800 ~ 900	10.8	11.1	11.4	11.6	11.7	12.2	12.5	12.5	12.8	12.9	12.9	12.7	12.8
> 900	10.3	10.6	10.8	10.9	11.1	11.4	11.6	11.8	11.9	12.0	11.9	12.0	12.0

或间接地来源于 DEM 数据 ,因此 随着 DEM 空间分辨率的不同 ,上述地理和地形因子将发生或大或小的变化 ,进而影响气温模拟的精度。本文从宏观地形(海拔) 以及微观地形(坡度和坡向) 两个方面分析不同空间分辨率 DEM 对气温模拟的影响。

3.2.1 不同空间分辨率 DEM 提取的海拔对气温空间分布的影响

将不同空间分辨率 DEM 的范围按照 100 m 的海拔间隔分了 10 类(>900 m 以上所占的面积较小 ,故将 >900 m 以上的归为一类) ,利用 GIS 的空间数据统计分析得到了不同空间分辨率 DEM 中每类海拔对应的年平均气温(表 3) 。

由表 3 看出: 无论 DEM 的空间分辨率如何变化 ,海拔对山区气温的影响都是一样的 ,即随着海拔的升高 ,气温均逐渐减小 ,只是随着 DEM 空间分辨率的减小 ,气温随海拔的递减率(气温直减率) 减小 ,但是 ,在 DEM 空间分辨率 >487.5 m 后 ,气温直减率基本没有变化。此外 ,DEM 空间分辨率的变化对 <100 m 区域内平均气温的变化影响最小 ,仅在 0.2℃ 之内 ,其次为 100 ~ 200 m 区域 ,为 1.1℃ ,而在 200 ~ 900 m 区域 ,影响的程度在 2.1 ~ 2.4℃ , >900 m 区域 ,为 1.7 ~ 1.8℃。主要原因在于: 随着 DEM 空间分辨率的减小 ,DEM 的精度减小 ,主要表现在海拔较高的区域 ,因此 ,当海拔较大时 ,DEM 的空间分辨率对气温的影响较大。

3.2.2 不同空间分辨率 DEM 提取的坡度和坡向对气温空间分布的影响

除了海拔对山区气温空间分布的影响外 ,微观

地形(坡度和坡向) 对气温空间分布的影响不能忽略。特别是坡度和坡向这些微观地形因子随着 DEM 空间分辨率变化是非常大^[7-8]。为了比较不同空间分辨率的仙居县年平均气温随坡度的变化 ,选取了三种具有代表性的空间分辨率: 12.5 m 为基准值 ,237.5 m 约为平均坡度变化相对平缓的初始值 ,987.5 m 为平均坡度相对稳定的代表值。按照三种空间分辨率(12.5 m、237.5 m 和 987.5 m) 分别统计了年平均气温随坡度的变化(图 4) 。

由图 4 看出: 山区年平均气温随坡度的增加减小 ,且这种减小趋势类似于线性分布。而且 ,随空间分辨率减小 ,坡度的相对误差越大 ,标准差越小 ,那些坡度较高的区域由于空间分辨率的减小不断被平

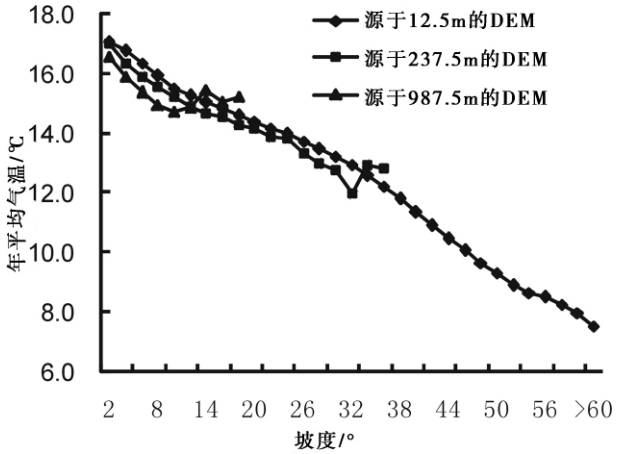


图 4 不同空间分辨率的年平均气温随坡度的变化

Fig. 4 Variation of annual temperature with different resolutions along with different slopes

滑,不能揭示真实的气温空间分布差异。在 237.5 m 空间分辨率的气温模拟图上,坡度约大于 30° 区域内的平均气温,如果要考虑坡度对其的影响是不准确的;而在 987.5 m 空间分辨率的气温模拟图上,坡度约 $>8^{\circ}$ 区域内的平均气温,如果要考虑坡度对其的影响也是不准确的;而且,在坡度较小的区域内,随着空间分辨率的减小,气温的模拟值也减小。

其次,由于在山区气温空间分布中,东坡和西坡对山区气温的影响,东南坡和西南坡对山区气温的影响以及西北坡和东北坡对山区气温的影响是相同的^[2],本文中的计算结果也是与之相符合的,因此,在统计不同坡向的平均气温时,将东西坡的气温、东南坡和西南坡的气温以及西北坡和东北坡的气温做了平均值处理,也就是将常用的 8 类坡向分成了 5 类坡向,即南坡、北坡、东坡(西坡)、东南坡(西南坡)、西北坡(东北坡)。按照这 5 类坡向以及平地,统计了不同空间分辨率仙居县年平均气温在不同坡向和平地上的平均值(图 5)。

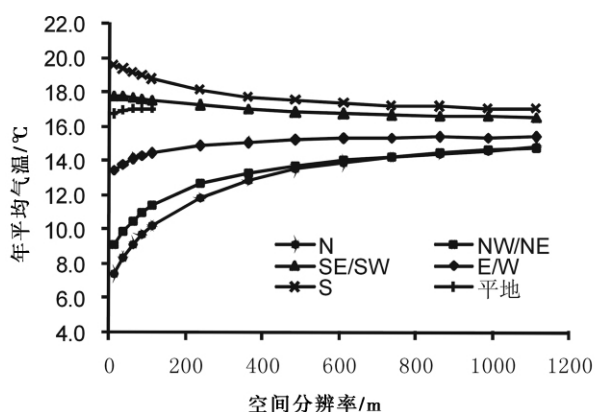


图 5 不同坡向的年平均气温随空间分辨率的变化

Fig. 5 Variation of annual temperature with different resolutions at different aspects

由图 5 看出:由于随着 DEM 空间分辨率的减小,坡向的多样性减小,不同坡向的平均气温趋向于一致性,即与平地的气温接近。不同坡向的气温的分布为:南坡(阳坡)由于受到太阳辐射最多而气温最高,北坡(阴坡)由于受到太阳辐射最少而气温最低,其他坡向气温的分布是这样的:东南坡(西南坡) $>$ 东坡(西坡) $>$ 西北坡(东北坡)。此外,南坡和东南坡(西南坡)的气温随着空间分辨率的减小不断减小而趋于一致,而北坡、西北坡(东北坡)和东坡(西坡)的气温随着空间分辨率的减小不断增加而趋于一致。而且,随着空间分辨率的减小,不同

坡向对气温的影响逐渐减弱,对于 12.5 m 的气温分布,不同坡向对气温的影响是最大的,南北坡之间的温差可达到 12.2°C ;而对于 1 112.5 m 的气温分布,南北坡之间的温差仅为 2.4°C 。

4 结论与讨论

1. 我国高空间分辨率 DEM 数据库的不断建立以及基于 DEM 数字地形分析方法的不断成熟,为基于 DEM 的山区气温空间分布模拟提供了较好的条件。但是由于我国山区气象站点稀疏,气象资料匮乏,导致高空间分辨率的 DEM 难以应用到山区小气候资源的研究中,无法满足山区复杂地形条件下气候资源的精细化及其相关的生态环境研究的需要。

2. 在基于 DEM 的山区气温空间分布模拟研究中,不同空间分辨率的 DEM 影响山区气温空间分布模拟的精度。本文的研究结果表明:基于不同空间分辨率 DEM 模拟的气温呈现较大的空间分布差异性;随着 DEM 空间分辨率的减小,气温空间分布模拟的绝对误差和相对误差逐渐增加,且空间差异性降低,而且随微观地形(坡度和坡向)的分布特征逐渐不明显。

3. 随着 DEM 空间分辨率的减小,气温随海拔的递减率(气温直减率)减小,对于仙居县,在空间分辨率 >487.5 m 后,气温直减率基本没有变化。此外,DEM 空间分辨率的变化对海拔在 200 ~ 900 m 的区域内气温的影响是最大的,在 $2.1 \sim 2.4^{\circ}\text{C}$;而对于 <100 m 区域内气温基本没有影响。

4. 山区年平均气温随坡度的增加而减小,减小趋势类似于线性分布。而且,随着空间分辨率的减小,提取的坡度相对误差越大,那些坡度较高的区域的气温空间分布差异不能被体现出来。对于仙居县 237.5 m 分辨率的气温空间分布模拟,坡度约 $>30^{\circ}$ 区域内的平均气温,如果要考虑坡度对其的影响是不准确的;而对于 987.5 m 分辨率的气温空间分布模拟,坡度约大于 8° 区域内的平均气温,如果要考虑坡度对其的影响也是不准确的;而且,在坡度较小的区域内,随着空间分辨率的减小,气温的模拟值也减小。

5. 随着 DEM 空间分辨率的减小,坡向的多样性减小,不同坡向的气温趋向于平地的气温。而且,不同坡向的气温呈现出:南坡最高,北坡最低,其次是东南坡(西南坡) $>$ 东坡(西坡) $>$ 西北坡(东北

坡)。此外,南坡和东南坡(西南坡)的气温随着空间分辨率的减小而减小,且趋于一致;北坡、西北坡(东北坡)和东坡(西坡)的气温随着空间分辨率的减小而增加,且趋于一致。不同坡向之间的年平均气温差最大为 12.2°C (12.5 m 分辨率),最小为 2.4°C (112.5 m 分辨率)。

6. DEM 的精度是影响山区气温模拟精度的重要因素,因此,后续研究需进一步分析不同空间分辨率 DEM 的精度及其对气温模拟的影响;此外,可考虑结合下垫面的性质对气温的影响完善山区气温模拟模型,提高山区气温分布模拟精度。

致谢:仙居县气象局的朱寿燕高级工程师在气温数据方面进行了审核和校对,在此表示感谢!

参考文献(References)

- [1] Fu Baopu. Mountain climate[M]. Beijing: Science Press, 1983 [傅抱璞. 山地气候[M]. 北京: 科学出版社, 1983]
- [2] Weng Duming, Luo Zhexion. Topographical climate in mountainous areas[M]. Beijing: China Meteorological Press, 1990 [翁笃鸣, 罗哲贤. 山区地形气候[M]. 北京: 气象出版社, 1990]
- [3] Fu Baopu, Yu Jingming, Lu Qiyao. Climate sources, development and utilization in mountainous areas[M]. Nanjing: Nanjing University Press, 1996 [傅抱璞, 虞静明, 卢其尧. 山地气候资源与开发利用[M]. 南京: 南京大学出版社, 1996]
- [4] Shi Zhou, Wang Renhao, Wu Honghai. GIS - based simulating and mapping of annual mean temperature in mountain area [J]. Mountain Research, 1997, 15(4): 264 - 268 [史舟, 王人潮, 吴宏海. 基于 GIS 的山区年均温分布模拟与制图[J]. 山地研究(现山地学报), 1997, 15(4): 264 - 268]
- [5] Chen Xiaofeng, Liu Jiuyan, Zhang Zengxiang, et al. Using GIS to establish temperature distribution model in mountain area [J]. Journal of Image and Graphics, 1998, 3(3): 234 - 238 [陈晓峰, 刘纪远, 张增祥, 等. 利用 GIS 方法建立山区温度分布模型[J]. 中国图象图形学报, 1998, (3): 234 - 238]
- [6] Zhang Hongliang, Ni Shaoxiang, Deng Ziwang, et al. A method of spatial simulating of temperature based Digital Elevation Model (DEM) in mountain area [J]. Journal of Mountain Science, 2002, 20(3): 360 - 364 [张洪亮, 倪绍祥, 邓自旺, 等. 基于 DEM 的山区气温空间模拟方法[J]. 山地学报, 2002, 20(3): 360 - 364]
- [7] Li Zhilin, Zhu Qing. Digital elevation model. Wuhan: Wuhan University Press, 2001 [李志林, 朱庆. 数字高程模型. 武汉: 武汉大学出版社, 2001]
- [8] Tang Guoan, Cheng Zhengjiang, Zhao Mudan, et al. ArcView Spatial Analysis Method of Geographical Information System. Beijing: Science Press, 2002 [汤国安, 陈正江, 赵牡丹, 等. ArcView 地理信息系统空间分析方法. 北京: 科学出版社, 2002]
- [9] Yang Xin, Tang Guoan, Wang Chun, et al. Terrain revised model for air temperature in mountainous area based on DEMs: a case study in Yaoxian county [J]. Geography Science, 2007, 27(4): 525 - 530. [杨昕, 汤国安, 王春, 等. 基于 DEM 的山区气温地形修正模型——以陕西省耀县为例[J]. 地理科学, 2007, 27(4): 525 - 530]
- [10] Li Jun, Huang Jingfeng, Wang Xiuzhen, et al. Research on adjusting methods of monthly average temperature series in mountainous area [J]. Journal of Zhejiang University: Agricultural and Life Sciences, 2002, 31(2): 165 - 170 [李军, 黄敬峰, 王秀珍, 等. 山区月平均气温的短序列订正方法研究[J]. 浙江大学学报: 农业与生命科学版, 2002, 31(2): 165 - 170]
- [11] Li Jun, Huang Jingfeng, Wang Xiuzhen. Distribution model and mapping of monthly average temperature with high space resolution in mountainous areas [J]. Transactions of Chinese Society of Agricultural Engineering, 2002, 20(3): 19 - 23 [李军, 黄敬峰, 王秀珍. 山区月平均气温的高空间分辨率分布模型与制图[J]. 农业工程学报, 2002, 20(3): 19 - 23]
- [12] Yang Xin, Tang Guoan, Xiao Chenchao. Effect of DEM resolution on simulation of solar radiation [J]. Geo-information Science, 2007, 9(2): 14 - 19 [杨昕, 汤国安, 肖晨超. 太阳辐射模拟的 DEM 尺度影响要素分析[J]. 地球信息科学, 2007, 9(2): 14 - 19]
- [13] Zhang Yong, Chen Liangfu, Liu Xinhua, et al. Topographic and Spatial-scaling Effects on the Sunlit Time of the Different Terrains [J]. Journal of Remote Sensing, 2005, 9(5): 521 - 530 [张勇, 陈良富, 柳钦火, 等. 日照时间的地形影响与空间尺度效应[J]. 遥感学报, 2005, 9(5): 521 - 530]

Spatial-scaling Effect of DEM on the Simulation of Spatial Distribution of Temperature in Mountain Area

LI Jun

(College of Geography Science , Key Laboratory of GIS Application , Chongqing Normal University , Chongqing 400047 , China)

Abstract: In mountainous areas , the terrain factors are the main factors that affect the spatial distribution of air temperature. DEM and digital terrain analysis of GIS technology provide the very good technical method for the research on spatial distribution of temperature in mountainous areas. The terrain factors derived from DEM with different spatial resolutions have obvious difference because of the effect of DEM scale , and then it will have great effect on spatial distribution simulation of temperature. In this paper , we take Xianju County in Zhejiang province as test area. After that we apply topography-adjusted statistical model to simulate annual temperature with different resolutions based on temperature data from 10 meteorological stations and different resolution DEM data from 1: 10 000 digital topographic map. We hypothesize the temperature map with 12.5 m resolution is accurate and the errors between the other temperature map with different resolutions and 12.5 m temperature map are analyzed. Moreover , the temperatures with different grid cell sizes differ significantly with topography in macro and micro scale. The results show that the spatial distribution of the simulated temperature based on different resolution DEM has great different characteristics. The simulated temperature error increases gradually with the decrease of DEM resolution and the spatial heterogeneity decreases. The maximum absolute error is 2.04℃ and the maximum relative error is 15.10% . The terrain factors such as slope gradient and aspect in micro topography scale have significant change with DEM resolution and then have great effect on the spatial distribution of temperature. The maximum temperature difference in different slope gradient is 9.5℃ , while the minimum difference is only 1.8℃ . The maximum temperature difference in different aspect may reach 12.4℃ , while the minimum difference is 2.4℃ .

Key words: DEM; spatial-scaling; mountainous area; temperature