

基于 GIS 的秦岭山系气候适宜性评价

齐增湘^{1,2}, 熊兴耀¹, 徐卫华^{2*}, 甘德欣¹

(1. 湖南农业大学 园艺园林学院, 湖南 长沙 410128; 2. 城市与区域生态国家重点实验室, 北京 100085)

摘 要: 基于温湿指数和风效指数模型, 利用地理信息系统(GIS)技术分析秦岭山系温湿指数和风效指数的时空分布规律及逐月气候的适宜性, 评价秦岭山系的气候适宜期。结果表明: 秦岭山系月均温湿指数(*THI*)的空间分布呈由中部向南北两向、自西向东递增趋势, 月均风效指数(*K*)总体趋势与温湿指数的一致; 秦岭山系气候适宜期差异显著, 整体分布趋势由南、北向中部, 由东向西逐渐变短; 全年气候适宜期最长为 7 个月, 面积 11 242.31 km², 占全区总面积的 19.50%; 全年气候不适宜区主要分布在太白山山地等高寒地区, 面积仅有 86 km², 不足全区面积的 0.2%; 随着海拔高度的升高, 气候适宜期逐渐缩短。建议将秦岭山系的旅游活动集中安排在 4—10 月, 景观规划和建设重点应集中在海拔 2 395 m 以下的重要景区景点内。

关 键 词: 温湿指数; 风效指数; 地理信息系统; 气候适宜性; 秦岭山系

中图分类号: S162.3 文献标志码: A 文章编号: 1007-1032(2011)03-0321-04

Evaluation of climate suitability in Qinling mountains based on GIS

QI Zeng-xiang^{1,2}, XIONG Xing-yao¹, XU Wei-hua^{2*}, GAN De-xin¹

(1. College of Horticulture and Landscape, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China; 2. State Key Laboratory of Regional and Urban Ecology, Beijing 100085, China)

Abstract: The spatial and temporal distribution of temperature humidity index (*THI*) and wind chill index (*K*) as well as monthly climate suitability were analyzed and the climate suitability period were evaluated based on geographic information system technology and climate suitability analysis models such as *THI* and *K*. Results showed: The monthly *THI* of Qinling increased gradually from central to north and south and from west to east; the monthly *K* trend of Qinling was consistent with *THI*; there was significant differences in climate suitability period of Qinling. In general, the annual suitable climate period became shorter gradually from south and north to central and from east to west; the longest climate suitability period is seven months, covering an area of 11 242.31 km² or 19.50% of the total area; annual unsuitable climate area was located in Taibaishan hilly regions, which occupied 86 km², less than 0.2% of the region's total area and the climate suitability period decreased with the increasing altitude. It was suggested tourism should be arranged between April and October and landscape planning and construction should be carried out at the tourism scenic spots below the elevation of 2 395 m.

Key words: temperature humidity index; wind chill index; geographic information system(GIS); climate suitability; Qinling mountains

气候变化不仅影响农作物的产量^[1-2], 还影响所有户外旅游活动^[3]。气候适宜度^[4]分析对旅游、区域景观规划具有重要意义。1966 年, W. H. Terjung^[5]最先开始从事气候适宜度评价的研究, 提出气候适宜性指数(comfort index)的概念; 随后的研究建立了风寒指数量表^[6]、标准模型^[7]和有效温度^[8]等模型。

中国学者^[3]对人体适宜度的研究始于 20 世纪 90 年代, 主要从不同空间尺度对国内的气候适宜度进行了分析和评价。从前人研究^[9-11]的内容和方法来看, 综合考虑地理位置、海拔高度、温度、光照、风速、空气相对湿度来研究山系尺度气候适宜度及其空间分布的还少见报道。笔者以高分辨率栅格为评价单

收稿日期: 2010-11-12

基金项目: 国家自然科学基金项目(40901289); 国家“973”项目(2009CB421104)

作者简介: 齐增湘(1979—), 男, 湖南道县人, 博士研究生, 主要从事园林规划与设计研究, qizengxiang@126.com; *通信作者, xuweihua@rcees.ac.cn

元,运用地理信息系统(GIS)技术,计算了秦岭山系的温湿指数和风效指数,并对其空间分布规律及各月气候的适宜性进行了分析。在此基础上,计算了秦岭山系的气候适宜期,并分析了其高程分布特征,旨在为秦岭山系区域景观规划和发展生态旅游提供科学依据。

1 研究区概况

秦岭山系位于陕西省南部, $E105^{\circ}30' \sim 110^{\circ}05'$, $N32^{\circ}40' \sim 34^{\circ}35'$ 。北部以秦岭北坡山脚线为界,南部以汉江北岸为界,东西长 400~500 km,南北宽 150~200 km。在行政区划上,秦岭山系范围涉及西安、宝鸡、渭南、汉中、安康、商洛 6 市(地区)13 个县的全部和 22 个县的部分区域,总面积约 57 646 km^2 。秦岭山地起伏,气候垂直分异明显,从山麓到山顶形成了丰富的生物景观资源,大熊猫、金丝猴、羚牛、朱鹮等栖息在此^[12],是全球生物多样性最具代表性的重点区域。此外,秦岭还有如蓝田猿人遗址、楼观台(老子讲学处)、华山道教场、姜子牙钓鱼台、千年古刹草堂寺等众多珍贵的人文景观;溶洞、冰川遗迹等地质地貌景观类型;瀑布、高山湖泊、温泉等水体景观类型;冰雪、烟雨、云雾等气候景观类型^[13]。自然景观与人文景观交相辉映,为旅游者休闲娱乐、避暑、探险提供了优良场所。

2 研究内容与方法

2.1 气候适宜度指数与计算方法

鉴于数据的可获得性和计算结果的准确性,笔者采用温湿指数(THI)和风效指数(K)对秦岭山系气候适宜度进行评价。

温湿指数(THI)是通过对温度和湿度的综合来反映人体与周围环境的热量交换^[14]。计算式为:

$$THI = (1.8t + 32) - 0.55(1 - f)(1.8t - 26) \quad (1)$$

式中: t 为气温($^{\circ}\text{C}$); f 为相对湿度(%)。

风效指数(K)由Bedford提出, Siple、Court以及Thomas-Boyd等对其进行了改进^[14],它表征了在寒冷环境条件下,风速与气温对裸露人体的影响,其物理意义是指皮肤温度为 33°C 时,体表单位面积的散热量。计算式为:

$$K = -(10\sqrt{V} + 10.45 - V)(33 - t) + 8.55S \quad (2)$$

式中: t 为月均温度($^{\circ}\text{C}$); V 为地面上 10 m 高度处的平均风速(m/s); S 为日照时数(h/d)。

2.2 数据来源与处理

计算使用的数据:秦岭山系及周边30个基准台站点的标准月值数据(1955—2001年),包含了月平均温度、相对湿度、风速、光照等气象资料以及各台站点的地理坐标和高程;DEM数据来源于中国科学院科学数据库,分辨率为 $90\text{ m} \times 90\text{ m}$;秦岭山系的行政区划数据。

鉴于相对湿度和风速的空间扩展难度较大,笔者采用回归方法建立了秦岭山系月均气温,月均相对湿度,月均风速,日照与经度、纬度、海拔的回归模型,将气象数据和GIS的空间分析功能耦合,使气候适宜度的计算栅格化,以便更加精确地进行适宜度的评价,较好地反映秦岭山系气候适宜性分布的空间格局与区内差异。以秦岭山系12月的气候为例,12月的气温、相对湿度、风速和日照的空间分布回归模型如下:

$$MT_{12} = 86.649 - 0.126Lon - 2.033Lat - 0.004Alt \\ (n=30, R=0.928, P<0.001);$$

$$RH_{12} = 277.077 - 0.797Lon - 3.569Lat - 0.006Alt \\ (n=30, R=0.761, P<0.001);$$

$$V_{12} = -31.232 + 0.244Lon + 0.169Lat + 0.001Alt \\ (n=30, R=0.675, P=0.001);$$

$$S_{12} = -43.228 + 0.210Lon + 0.719Lat + 0.001Alt \\ (n=30, R=0.908, P<0.001)。$$

式中: MT_{12} 、 RH_{12} 、 V_{12} 、 S_{12} 分别表示12月的气温、相对湿度、风速和日照; Lon 表示经度; Lat 表示纬度; Alt 表示海拔高度。回归效果达到极显著水平,结果较好地反映了秦岭山系月均气温、月均相对湿度、月均风速和日照的分布趋势。因地形等对相对湿度和风速影响较大,对地形特殊地区的模拟有一定偏差,但模拟达到的精度完全能满足气候适宜性分析的要求。

2.3 秦岭气候适宜性评价标准

采用各月的月均气温、月均相对湿度、月均风速和日照回归模型,根据公式(1)、(2),运用GIS的空间分析模块,计算了秦岭山系12个月温湿指数和风效指数及空间分布,根据生理气候分级标准^[15],并结合月均温生理气候指标^[9],将秦岭山系的气候适宜程度划分为极不适宜、不适宜、较不适宜、适宜和高度适宜5级(表1)。

表 1 秦岭气候适宜性评价标准

Table 1 The criterion for evaluation of climate suitability in Qinling mountains

级别	THI	K	人体生理感觉程度
	<40或>80	<-1 200或>80	极不适宜
	40 ~ 45或75 ~ 80	>-1 200 ~ -1 000或-50 ~ 80	不适宜
	>45 ~ 55或70 ~ <75	>-1 000 ~ -800或-200 ~ <-50	较不适宜
	>55 ~ 60或65 ~ <70	>-800 ~ -600或-300 ~ <-200	适宜
	60 ~ <65	>-600 ~ <-300	高度适宜

由于温湿指数考虑的是温度和相对湿度对人体适宜性的影响，风效指数侧重反映风速、温度和日照时数对人体的作用；因此，笔者在参考生理气候适宜指标分级标准(表1)的基础上，认为在某个月份中，温湿指数和风效指数等级同为高度适宜、适宜或较适宜时，该月方为气候适宜月，适宜月的持续时间即为气候适宜期^[15]。按以上分类标准，确定秦岭山系基于温湿指数和风效指数的各月气候适宜性空间分布区域，根据各月的气候适宜性区域空间分布，计算秦岭地区全年的气候适宜期，并统计气候适宜期的分布状况。

3 结果与分析

3.1 温湿指数的空间分布及其适宜性分析

月均温湿指数(THI)计算结果表明：秦岭山系 THI变化范围为25.43 ~ 78.60，总体分布趋势呈由秦岭中部向南北两向、自西向东递增。根据表1温湿指数的气候适宜性评价标准，全区12月和1月均为气候不适宜区，其中1月全区极不适宜区和不适宜区面积分别为14 518 km²和43 128 km²；7月秦岭山系气候适宜区面积25 432 km²，占全区面积的44.12%，主要分布于秦岭南北坡中高山地区。全区的不适宜类型主要为冷不适宜型，但在7月局部地区出现了热不适宜类型，面积为4 646 km²，占全区面积的8.06%，主要

分布在石泉县、汉阴县、安康市市辖区、旬阳县、商南县、洋县等南部低海拔地区。

3.2 风效指数的空间分布及其适宜性分析

月均风效指数(K)计算结果表明：秦岭山系K值变化范围为 - 1 134.44 ~ - 56.42，总体呈由秦岭中部向南北两向、自西向东递增的分布趋势。根据表1风效指数的气候适宜性评价标准，全区没有气候极不适宜区；1月的气候不适宜区分布最广，占全区面积的74.82%；7月秦岭气候适宜区分布最广，面积14 890 km²，占全区面积的25.83%，主要集中在中等海拔的山地地区。

3.3 秦岭山系气候适宜期分析

由封3图1可以看出，秦岭山系气候适宜期差异显著，整体分布趋势由南北向中部，由东向西逐渐变短。由表2可知，全年气候适宜期最长为7个月，面积11 242.31 km²，占全区总面积的19.50%，主要分布于秦岭南坡的宁强县、略阳县、勉县、洋县、城固县、汉中市辖区、石泉县汉阴县、安康市辖区、镇安县、旬阳县、商南县、丹凤县等低山丘陵区，秦岭北坡的西安市辖区等研究区北部边缘；气候适宜期为5个月的区域面积最大；气候适宜期为6个月的地区次之；全年气候不适宜区主要分布在太白山山地等高寒地区。

表 2 秦岭山系气候适宜期

Table 2 Climate suitability period analysis in Qinling mountains

气候适宜月数/个	气候适宜土地面积/km ²	占全区面积比例/%	海拔范围/m
0	86.05	0.15	3 130~3 763
1	97.79	0.17	2 891~3 135
2	55.07	0.10	2 811~2 926
3	1 325.72	2.30	2 116~2 816
4	3 506.71	6.08	1 807~2 395
5	28 448.06	49.35	195~2 025
6	12 884.50	22.35	413~1 480
7	11 242.31	19.50	530~1 218

由表2还可看出,秦岭山系气候适宜期在4个月以上的地区主要分布在海拔195~2 395 m的地区,总的趋势是随着海拔的升高,气候适宜期逐渐缩短。在海拔高于3 130 m的地区为全年气候不适宜区,但在195~530 m的低海拔地区,随着海拔高度的升高,气候适宜期却变长。

4 讨 论

对一个地区的气候适宜性分析应考虑的因素很多,以往多用气温、相对湿度、风速等因子,采用空间插值来分析气候适宜性^[16],其准确性往往受到样本点的数量和空间位置分布均匀度的制约^[17]。笔者提出利用月均温、月均相对湿度、风速、日照等气象因素与经度、纬度、海拔高度建立回归关系模型,综合考虑了地理位置、海拔高度、温度、光照、风速、空气相对湿度等气候因素,克服了相对湿度和风速空间扩展难和扩展精度的问题,使气候适宜度的评价空间化,不仅能反映不同地理位置和海拔高度的气候适宜度的渐变效果,而且能较精细地反映秦岭山系的气候适宜程度,定量揭示秦岭山系的气候适宜程度及其空间格局,研究结果对国内其他类似地区的气候适宜性评价也有借鉴意义。由于没有考虑地形、地表覆盖类型等因素对空间围合形成局部小气候环境的影响,在实际应用(景点及旅游规划、聚落建设用地的选址)中可能会发生偏差;因此,针对局部区域的具体情况,还应考虑其他一些因素对气候适宜性的影响。

参考文献:

- [1] 陆魁东,屈右铭,张超,等.湖南气候变化对农作物生产潜力的响应[J].湖南农业大学学报:自然科学版,2007,33(1):9-13.
- [2] 范燕萍,刘国斌,颜育民,等.气候生态因子对水稻品种产量的影响[J].湖南农业大学学报:自然科学版,1995,21(4):327-331.
- [3] 王金亮,王平.香格里拉旅游气候的适宜度[J].热带地理,1999,19(3):235-239.
- [4] 刘梅,于波,姚克敏.人体适宜度研究现状及其开发应用前景[J].气象科技,2002,30(1):11-14.
- [5] Terjung W H. Physiological climates of the contentious united states: A bioclimatic classification based on man[J]. Annals of the American Meteorological Society, 1966, 5(1): 141-179.
- [6] Oliver J E. Climate and Man's Environment: An Introduction to Applied Climatology[M]. New York: John Wiley & Sons Inc, 1973.
- [7] David D H. Handbook of Applied Meteorology[K]. New York: John Wiley & Sons Inc, 1985.
- [8] 陆鼎煌,崔森.北京城市绿化夏季小气候条件对人体的适宜度影响[C]//中国农学会农业气象研究会,中国林学会.林业气象论文集.北京:气象出版社,1984:144-152.
- [9] 唐焰,封志明,杨艳昭.基于栅格尺度的中国人居环境气候适宜性评价[J].资源科学,2008,30(5):648-653.
- [10] 马丽君,孙根年,李馥丽,等.陕西省旅游气候适宜度评价[J].资源科学,2007,29(6):40-44.
- [11] 武建勇,王德利,高卫红,等.庞泉沟自然保护区人体适宜度研究[J].河北林果研究,2003,18(增刊):212-215.
- [12] 刘康,马乃喜,胥艳玲,等.秦岭山地生态环境保护与建设[J].生态学杂志,2004,23(3):157-160.
- [13] 刘宇峰,孙虎,原志华.陕西秦岭山地旅游资源特征及开发模式探讨[J].山地学报,2008,26(1):113-119.
- [14] 范业正,郭来喜.中国海滨旅游地气候适宜性评价[J].自然资源学报,1998,13(4):304-310.
- [15] 刘清春,王铮,许世远.中国城市旅游气候适宜性分析[J].资源科学,2007,29(1):133-141.
- [16] 徐军昶,王永丽,王菁,等.陕西人居环境气候适宜度评价及人口分布[J].陕西气象,2009(1):9-13.
- [17] 朱会义,刘述林,贾绍凤.自然地理要素空间插值的几个问题[J].地理研究,2004,23(4):425-432.

责任编辑:刘目前