

基于 GIS 的接坝山地太阳直接辐射空间分布规律研究

程复¹, 李婧¹, 常丹东², 赵廷宁¹

(1. 北京林业大学 水土保持学院, 北京 100083; 2. 水利部水土保持监测中心, 北京 100055)

摘要: 基于 ViewGIS 下的太阳直接辐射模拟计算功能, 以河北省丰宁满族自治县小坝子乡为例, 对该地区太阳直接辐射空间分布规律进行了研究, 以期当地的区域规划和生态环境建设提供基础资料和科学依据。通过 DEM 模拟计算太阳直接辐射的方法和原理, 结合 ViewGIS 系统建立的数据库进行统计分析。结果表明, 地貌对太阳直接辐射分布的影响比较明显, 太阳直接辐射随海拔高度升高而增大; 太阳直接辐射随坡度的增加逐渐递减; 一年中各月份太阳直接辐射随坡向的变化规律为: 阳坡 > 半阳坡 > 半阴坡 > 阴坡。

关键词: GIS; DEM; 太阳直接辐射; 空间分布

文献标识码: B

文章编号: 1000-288X(2011)05-0196-04

中图分类号: S214

Characterizing Spatial Distribution Patterns of Direct Solar Radiation in Jieba Mountain Using GIS

CHENG Fu¹, LI Jing¹, CHANG Dan-dong², ZHAO Ting-ning¹

(1. College of Soil and Water Conservation, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China;

2. Soil and Water Conservation Monitor Centre of MWR, Beijing 100055, China)

Abstract: The spatial distribution patterns of direct solar radiation were investigated in Jieba mountain based on the function of solar radiation calculation in ViewGIS. The purpose of this study is to provide preliminary data and scientific evidences for regional planning and environmental construction. The results of spatiotemporal distribution analysis show that the direct radiation increased with the elevation. Greater amount of radiation were found at plantation and less at lower parts of the hills. The calculated radiations were found in descending order at the locations of plantation, flood land, summit, middle and upper part of hill, gully, and lower part of hill. On the other hand, direct radiation decreased with the increase of slope degree. The direct radiation also varied with slope aspects; sunny slope, semi-sunny slope, semi-shady slope, and shady slope had direct radiation in descending order.

Keywords: GIS; DEM; direct solar radiation; spatial distribution

接坝山地地处内蒙高原和燕山丘陵山地的连接地带, 属于半干旱农牧交错区, 是典型的生态过渡带和生态环境脆弱区, 同时又是京津地区重要的生态屏障, 具有极为重要的生态位势。长期以来, 在全球气候变化和人为不合理的经济开发活动双重压力和干扰下, 植被破坏严重, 土地荒漠化加剧, 局部生态系统濒临崩溃的边缘。该地区的丰宁满族自治县小坝子乡已成为距首都北京最近的沙源之一^[1]。本研究以丰宁小坝子乡为研究区域, 基于 VIEWGIS 软件平台, 计算了小坝子全乡的太阳直接辐射值, 分析了太阳辐射的空间分布规律及特征, 为接坝山地防沙治沙和生态环境建设提供基础依据。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

小坝子乡位于丰宁满族自治县西北部, 地处丰宁县城以北 45 km 的坝缘山地, 是高原与山区的过渡地带。地理坐标为北纬 41°22'8"—41°34'6", 东经 116°12'49"—116°29'30"。全乡土地总面积 310.02 km²。该乡属大陆性季风型半干旱气候, 年均无霜期 105 d, 年平均气温 2.5~3.4 °C, ≥0 °C 积温 2 648~3 067 °C, ≥10 °C 积温 2 095~2 564 °C。年 4 级以上风日数 210 d 左右, 其中 8 级以上大风的日数最高可达 65 d。地带性植被属暖温带落叶阔叶林区, 北部呈

现干旱草原景观。现有植被多为原始森林破坏后经过封育或天然更新发展起来的次生林。土壤以棕壤为主,褐土、潮土为辅,以北梁为中心到小坝子村以及河谷滩地分布有风沙土。小坝子乡共有 6 个行政村,总人口为 4 824 人,主要经济来源为牧业,2001 年人均年收入为 618 元。经济发展滞后,人民生活水平低下^[2]。

1.2 研究方法

本研究基于中国林业科学研究院地理信息系统研究室开发研制的 ViewGIS,利用数字高程模型 (DEM) 建立的一个能够适用于各种坡度、坡向、地形遮蔽度,不需要局地参数,适用范围较广的太阳直接辐射模型^[3],计算了小坝子全乡的太阳直接辐射值,同时结合实地调查与长期太阳直接辐射观测对模型的精度进行了检验^[4],并分析了太阳辐射的空间分布规律及特征,研究框架见图 1。

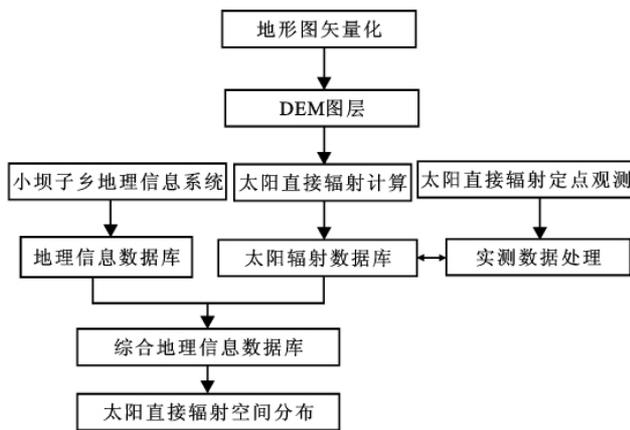


图 1 研究框架图

1.3 数据获取与处理

1.3.1 DEM 的生成 数字高程模型 (DEM) 是提取高程、坡度、坡向等地形基本特征参数的基础。

将小坝子乡 1:50 000 纸质地形图扫描数字化,并矢量化。通过对等值线栅格化和高程值的内插,划分规则网格,生成 DEM (数字高程模型) 图层^[5],其分辨率为 10 m×10 m。

1.3.2 水热状况典型年份的确定 利用 ViewGIS 进行太阳辐射模拟时,需要输入年、月、日等详细的时间参数,因此在模型计算之前首先要确定时间,即年、月、日,且所确定的时间应该具有一定的代表性。为此,以典型气象年的原理作为确定时间的依据^[6]。

通过分析研究地区 1956—1999 共 44 a 的气温和降水量资料得出,小坝子乡多年日平均气温为 6.61 ℃,年平均降水量为 480.5 mm (表 1)。

表 1 多年气温和降水量统计

年份	气温		降水量	
	平均值/ ℃	高出多年 平均值/%	年降水量/ mm	高出多年 平均值/%
1956	4.67	-29.32	632.6	31.66
1957	4.78	-27.67	477.8	-0.56
1958	6.21	-6.02	577.9	20.28
1959	6.51	-1.48	704.7	46.67
1960	6.58	-0.47	444.4	-7.51
1961	7.25	9.58	470.7	-2.04
1962	6.21	-6.12	343.3	-28.55
1963	6.93	4.83	517.3	7.66
1964	6.25	-5.49	595.7	23.98
1965	6.38	-3.47	520.4	8.31
1966	6.26	-5.30	505.7	5.25
1967	6.17	-6.63	603.8	25.67
1968	6.35	-3.90	399.2	-16.92
1969	5.31	-19.74	517.3	7.66
1970	5.81	-12.14	483.6	0.65
1971	5.99	-9.31	420.8	-12.42
1972	6.33	-4.34	383.9	-20.10
1973	6.71	1.45	658.6	37.07
1974	5.86	-11.42	461.4	-3.97
1975	7.49	13.36	342.1	-28.80
1976	5.99	-9.27	451.6	-6.01
1977	6.69	1.18	473.5	-1.46
1978	6.91	4.46	571.9	19.03
1979	6.34	-4.14	476.8	0.77
1980	6.21	-6.02	387	-19.46
1981	6.57	-0.65	365.7	-23.89
1982	7.15	8.11	525.7	9.41
1983	7.24	9.53	344.2	-28.36
1984	6.3	-4.72	289.5	-39.75
1985	5.94	-10.24	470.1	-2.16
1986	6.42	-2.91	510.7	6.29
1987	6.79	2.62	536.2	11.60
1988	6.96	5.33	370.4	-22.91
1989	7.42	12.16	387.7	-19.31
1990	7.28	10.16	575.5	19.78
1991	6.79	2.71	451.2	-6.09
1992	6.74	1.90	528.3	9.95
1993	6.91	4.43	400.2	-16.71
1994	7.97	20.54	506.3	5.37
1995	7.46	12.85	518.2	7.85
1996	6.85	3.61	551.3	14.74
1997	7.68	16.21	377.6	-21.41
1998	8.24	24.60	696.4	44.94
1999	8.01	21.19	381.3	-20.64
多年平均值	6.61	—	480.5	—

分析结果表明,当年气温值同多年平均气温值较为接近的年份主要有 1959,1960,1973,1977 和 1981 年,当年降水量同多年平均降水量值较为接近的年份有 1957,1961,1970,1977 和 1979 年,考虑到所确定

的典型年要同时兼顾气温和降水量因子的最大接近,最终选定 1977 年作为水热因子的典型年份,该年分的水热状况基本可以代表研究区域多年的平均水热状况,具有普遍意义。

1.3.3 太阳辐射模拟值的计算与提取 经过计算后所得太阳直接辐射值的数据是基于 DEM 图上以栅格形式显示的,对于数据的统计和分析存在一定难度,故必须将数据以数据库的形式提取出来以方便数据统计和分析^[7]。

利用小坝子乡地理信息系统中的地块属性图与计算后的太阳辐射图层进行叠加,通过数据提取功能,以地块小斑为单位,提取出该小斑内的平均太阳

辐射值,同时将提取出来的太阳直接辐射值($V_{\text{特征值}}$)添加到地块属性数据库中。

2 结果与分析

2.1 太阳直接辐射随地貌类型的变化规律

表 2 中表示了不同地貌部位下一年中各月份的太阳直接辐射月均量的变化,由于太阳直接辐射受太阳高度角的影响较大,因此从表 2 中可以看出地貌对直接辐射分布的影响比较明显:从山顶、山中上部以及山下部的太阳直接辐射量来看,山顶最高,其次是山中上部和山下部,呈现出太阳直接辐射随海拔高度升高而增大的变化规律。

表 2 月太阳直接辐射量随地貌的变化

MJ/m²

月份	地貌部位					
	山顶	山中上部	山下部	沟台地	河滩地	沟道
1	142.57	159.78	159.55	193.55	191.27	158.25
2	241.23	243.82	241.20	287.47	280.41	239.99
3	458.03	433.78	428.84	497.22	484.36	433.93
4	613.13	585.93	578.61	653.67	641.76	590.26
5	744.19	729.79	719.34	799.91	790.71	736.27
6	763.35	758.12	746.34	824.58	817.86	765.43
7	768.53	759.13	747.75	827.91	820.05	765.98
8	681.24	658.88	650.07	729.12	718.06	664.51
9	519.56	489.92	484.35	554.28	541.53	492.35
10	342.02	333.18	329.18	388.12	377.89	329.99
11	174.59	188.69	187.47	225.54	221.57	185.25
12	112.43	129.69	130.30	159.79	159.35	130.72
平均	463.40	455.89	450.25	511.76	503.74	457.75

从以上分析可以看出,山顶、山中部、山下部等不同地貌条件的太阳直接辐射的动态变化规律差异不大,但其空间分布的差异较大,说明地貌对太阳直接辐射的空间分布的影响比较显著,它们的太阳直接辐射月均量依次为:沟台地>河滩地>山顶>山中上部>沟道>山下部。

2.2 太阳直接辐射随坡度的变化规律

表 3 反映不同坡度下一年中各月份的太阳直接辐射月均量的变化,从表 3 中可以看出随着坡度的不同太阳直接辐射量的变化规律也是明显的:各月份随着坡度的增加其太阳直接辐射量是递减的。其中,以坡度为 8°和 35°为界变化最为明显,3°~8°坡比 8°~15°坡平均变化量高 29.87 MJ/m²,15°~35°坡比 ≥35°坡平均变化量高 27.81 MJ/m²。5 种不同的坡度类型随各月太阳直接辐射的动态变化幅度以 5—8 月份这 4 个月为最大。

表 3 月太阳直接辐射量随坡度的变化

MJ/m²

月份	坡度				
	≤3°	3°~8°	8°~15°	15°~35°	≥35°
1	188.31	181.39	161.94	159.72	135.90
2	274.76	270.25	243.42	242.06	220.44
3	476.69	471.08	433.81	429.23	407.89
4	635.62	626.81	590.22	578.44	552.51
5	787.26	773.66	740.25	719.01	681.61
6	816.52	800.79	771.71	745.94	703.89
7	817.63	802.67	771.45	747.42	707.00
8	713.07	702.03	665.96	649.80	618.39
9	534.38	527.92	491.11	484.45	463.64
10	370.73	365.90	332.57	330.05	307.29
11	217.26	211.71	189.36	188.21	164.87
12	157.86	149.55	133.46	129.65	106.80
平均	499.17	490.31	460.44	450.33	422.52

2.3 太阳直接辐射随坡向的变化规律

表 4 反映不同坡向一年中各月份的太阳直接辐射月均量的变化,从表 4 可以看出,坡向对直接辐射分布的影响非常明显:阳坡、半阳坡、阴坡、半阴坡的月平均太阳直接辐射从大到小排列为阳坡(483.21 MJ/m^2)>半阳坡(468.51 MJ/m^2)>半阴坡(432.93 MJ/m^2)>阴坡(416.40 MJ/m^2)。阳坡比阴坡的月平均太阳直接辐射量高 66.81 MJ/m^2 ,半阳坡比半阴坡的月平均太阳直接辐射量高 35.58 MJ/m^2 。从整体上看,在 4 种不同的坡向类型条件下,各月太阳直接辐射的动态变化幅度不是很大,即太阳直接辐射的动态变化规律差异不大,但其空间分布的差异较大,说明坡向对太阳直接辐射的空间分布的影响是比较显著的。

表 4 太阳直接辐射量随坡向的变化 MJ/m^2

月份	坡 向			
	阳坡	半阳坡	半阴坡	阴坡
1	171.60	164.10	150.23	140.64
2	273.67	253.62	225.96	211.76
3	479.96	452.42	405.79	386.39
4	626.03	604.54	555.99	536.09
5	755.02	744.83	699.54	679.21
6	771.53	769.92	729.80	710.59
7	778.16	772.41	729.58	709.70
8	693.42	676.38	628.17	607.67
9	534.99	509.21	461.30	442.15
10	372.84	347.56	309.38	291.78
11	208.76	194.76	175.80	164.09
12	132.50	132.37	123.65	116.72
平均	483.21	468.51	432.93	416.40

3 结 论

(1) 地貌对太阳直接辐射分布的影响比较明显,沟台地和河滩地的太阳直接辐射量高于山顶等其它地貌部位,山下部的直接辐射量最低,分布规律依次是沟台地>河滩地>山顶>山中上部>沟道>山下

部,呈现出太阳直接辐射随海拔高度升高而增大的变化规律。

(2) 随着坡度的不同太阳直接辐射量的分布变化规律也是明显的:各月份各随着坡度的增加其太阳直接辐射量是递减的。其中,以坡度为 8° 和 35° 为界变化最为明显, $3^\circ \sim 8^\circ$ 坡比 $8^\circ \sim 15^\circ$ 坡平均变化量高 29.87 MJ/m^2 , $15^\circ \sim 35^\circ$ 坡比 $\geq 35^\circ$ 坡平均变化量高 27.81 MJ/m^2 。

(3) 不同坡向一年中各月份的太阳直接辐射月均量的变化非常明显:阳坡、半阳坡、阴坡、半阴坡的月平均太阳直接辐射从大到小排列为阳坡(483.21 MJ/m^2)>半阳坡(468.51 MJ/m^2)>半阴坡(432.93 MJ/m^2)>阴坡(416.40 MJ/m^2)。阳坡比阴坡的月平均太阳直接辐射量高 66.81 MJ/m^2 ,半阳坡比半阴坡的月平均太阳直接辐射量高 35.58 MJ/m^2 。

本研究采用的模型是只适用于晴空条件下的太阳直接辐射模型,因此本文只计算研究了晴空条件下太阳直接辐射的分布规律。而对于在少云、多云条件下太阳直接辐射和任意气象条件下的散射辐射则没有涉及,以后的研究应向这个方向努力。

[参 考 文 献]

- [1] 田佳,郭宏忠,邹受益,等.近 50 a 来接坝山地气候变化和人为活动对土地沙化的影响[J].水土保持通报,2007,27(5):28-31.
- [2] 丰宁满族自治县地方志编纂委员会.丰宁满族自治县志[M].北京:中国和平出版社,1994:144-152,366.
- [3] 谢阳生,唐小明,黄水生.基于 GIS 太阳直接辐射模型的研究[J].林业科学研究,2003,16(1):8-12.
- [4] 吴林荣,王娟敏,刘海军,等.陕西省太阳辐射及其日照时数的时空变化特征[J].水土保持通报,2010,30(2):212-214.
- [5] 胡晋山,康建荣.地图扫描数字化误差分析及控制[J].测绘科学,2005,30(2):90-92.
- [6] 贺庆棠.气象学[M].北京:中国林业出版社,1998:241-248.
- [7] 北京林学院.数理统计[M].北京:中国林业出版社,1980:262-270.