

基于遥感和GIS的甘肃省森林生态面积调查与价值评估

郭晓宁^{1,2}, 祁元³, 王建³, 刘宝康⁴, 王发科¹, 陈正华⁵, 谢虹⁶

(1. 青海省格尔木市气象局, 青海 格尔木 816000; 2. 兰州大学大气科学学院, 甘肃 兰州 730000;
3. 中国科学院寒区旱区环境与工程研究所, 甘肃 兰州 730000;
4. 青海省气象科学研究所, 青海 西宁 810001; 5. 浙江大学理学院, 浙江 杭州 310007;
6. 兰州大学资源环境学院, 甘肃 兰州 730000)

摘要:利用遥感(Remote Sensing)和地理信息系统(GIS)技术并结合森林的生态系统服务功能,以甘肃省的森林资源为研究对象,进行了地理信息系统空间分析和各类森林资源的生态价值评估。通过甘肃省归一化植被指数(NDVI)与甘肃省10个林区森林生态系统价值的比较分析,得出各林区单位面积生态价值中河西地区林区最低,陇南地区林区则较高。各林区的生态价值决定于林区地理位置,气候条件和人类影响程度等因素。

关键词:遥感;GIS;森林;NDVI;价值评估

中图分类号:TP 79 **文献标志码:**A **文章编号:**1004-0323(2009)02-0217-06

1 引言

森林资源是自然资源中可再生的一种。不同的利用方式、管理方式对森林资源可持续利用有重要影响。森林资源在社会生产中提供大量的原料,在生态环境中有保持水土、净化空气、涵养水源等功能。生态系统服务功能的研究是近几年才发展起来的生态学研究领域。目前被普遍认可的是1997年Daly和Costanza等^[1]提出的,生态系统服务是指“自然生态系统及其物种所提供的能满足和维持人类生活所需要的条件和过程”。森林生态系统的服务功能是指森林生态系统及其生态过程为人类提供的自然环境条件与效用^[2,3]。甘肃省是一个森林资源相对缺乏的地区,森林覆盖率仅为3.9%。由于甘肃所处的特殊地理环境,森林资源价值,特别是生态系统服务价值对实现甘肃经济的可持续发展相当重要。因此,研究甘肃森林资源的分布以及对森林资源的生态系统服务价值进行评估,具有很大的现实意义和前瞻性。

2 研究区概况

甘肃省位于我国中北部,全省面积约45.3

万km²,占国土总面积的4.7%。在地貌上处于我国青藏高原、黄土高原、内蒙古高原及中部山岳地带的交接带,是一个多山的高原省。地跨亚热带、暖温带、温带和高山寒漠带。境内高山、高原、河谷、盆地、丘陵、平原、沙漠、戈壁等地貌兼而有之。由于深居内陆,海拔较高,境内地貌变化复杂,气候干旱寒冷,降水较少且分布极不平衡。气候类型多样,自然灾害频繁。甘肃河西与其中部地区属我国干旱和半干旱地区的一部分。这种特定的地理位置、地貌和气候条件,就构成全省森林植被的复杂性与多样性的特点。其地带性森林植被,除存有北亚热带常绿、落叶阔叶林、暖温带针叶、阔叶混交林,寒温带针叶林外,还有广阔的干旱荒漠植被,是我国森林植被类型比较复杂的省(区)之一^[4]。甘肃省森林资源具有以下特点:

2.1 森林资源少,覆盖率低

全省包括1949年后造林和封山育林面积在内,森林面积(指有林地面积)仅有176.89万hm²,占全省总土地面积的3.9%,为全国森林面积的1.53%。按人口平均,每人不足0.1hm²,与世界人均森林面

收稿日期:2008-06-23;修订日期:2009-03-03

基金项目:国家高技术研究发展计划(2002AA133062);国家自然科学基金(40501069)。

作者简介:郭晓宁(1982-),男,助理工程师,现从事天气气候及生态研究等工作。E-mail:xnkwok@163.com。

积 1.3 hm^2 的水平相比差距很大,也低于全国人均森林面积 0.12 hm^2 的水平,在国内居于第 19 位,就蓄积量而言,全省活立木蓄积 $17\,429.36 \text{ 万 m}^3$,仅为全国的 1.69% ,居全国第 15 位。全省有林地蓄积虽然占省总蓄积的比重较大,占 94.8% ,但占全国有林地蓄积的比重仍然很小,仅占 1.82% ,居全国第 14 位。人均占有森林蓄积只有 8.7 m^3 ,低于全国人均 9.1 m^3 的水平。

2.2 林种结构不尽合理

从满足国民经济建设和充分发挥森林的多种功能及效益来看,全省林种比例有所失调,结构不够合理,用材林比重大,薪炭林、经济林比重小,防护林比重不够理想。众所周知,本省属“三北”防护林建设地区,气候干旱,降雨稀少,风沙、水土流失对农业的威胁仍在加剧,粮食产量低而不稳。省内长江流域自然生态环境较好,但由于森林资源的过度利用和毁林开荒等,造成滑坡、泥石流接踵而来,生态环境日趋恶化。因此,调整林种结构,增大防护林的比重,改善本省日趋恶化的生态环境,保证农业稳产高产是十分必要的。

2.3 森林分布不平衡

由于自然地理条件和社会经济发展水平的不

同,全省森林资源的分布很不平衡,东南部多,西北部少。特别是由于强烈的农业开发史和人口的剧增,导致森林退缩到省境东南和西南的边远山区,如子午岭、关山、小陇山、康南、白龙江、洮河、大夏河、祁连山等林区。

省境东南部的天水市、陇南地区、甘南自治州总土地面积 864.5 万 hm^2 ,占全省总面积的 19.0% ,而林地面积为 222 万 hm^2 ,占到全省林地面积的 64.2% ;占全省土地面积 80% 以上的其它地、州、市,森林面积却很少,甚至无林。在人口密集,工农业发达的兰州地区有林地面积不足 3 万 hm^2 ,森林覆盖率约 2% ,人均有林地面积 0.01 hm^2 ,为全省人均有林地面积的 $1/10$ 。此外,长达千余公里的河西走廊,由于自然条件的限制,降水稀少,森林资源更为缺乏。河西总土地面积占全省的一半以上,而林地面积只有 63 万 hm^2 ,占全省的 18.2% ,其中有林地面积更少,仅占全省的 9.2% 。

经济林的分布也不平衡。天水、陇南两地市,气候温和,雨量充沛,树种繁多,经济林面积大,约占全省经济林面积的 65% 以上,尤其是特种经济林,如油桐、漆树、杜仲、栓皮栎、厚朴等,几乎全部集中分布在这里(表 1)。

表 1 甘肃省各地、州、市森林面积、蓄积统计表 (单位:万 hm^2 ;万 m^3)

Table 1 The forest area and cumulation Statistics of each district in Gansu Province

统计单位	林业用地 面积	活立木总 蓄积	有林地		疏林地		灌木林 面积	未成林造 林地面积	散生木 蓄积
			面积	蓄积	面积	蓄积			
全省合计	613.15	17 429.26	176.89	16 528.83	38.75	744.39	130.57	13.71	156.03
庆阳地区	82.62	1 154.27	20.29	938.37	8.93	164.06	5.18	1.29	51.84
平凉地区	27.40	259.35	4.84	241.15	0.46	7.41	1.80	1.95	10.78
天水地区	106.36	3 454.69	49.60	3 307.86	9.15	119.77	19.95	2.65	27.06
定西地区	74.48	83.15	3.62	78.60	0.40	1.92	1.94	1.81	2.64
武都地区	96.79	2 863.32	33.90	2 746.63	4.59	83.74	26.45	0.68	32.96
武威地区	43.62	406.93	7.79	371.96	1.54	33.14	17.33	0.54	1.83
张掖地区	35.98	790.67	7.38	731.09	2.81	54.12	14.16	0.68	5.45
酒泉地区	19.16	11.39	1.12	10.99	0.23	0.28	10.88	0.24	0.12
临夏州	20.28	83.69	2.67	71.18	0.39	8.29	4.52	2.55	4.22
甘南州	89.57	8 119.27	42.79	7 843.70	9.46	257.79	26.08	1.00	17.77
兰州市	15.48	201.46	2.87	186.81	0.60	13.29	2.28	0.31	1.36
嘉峪关市	1.41	1.07	0.02	0.49	0.01	0.58	-	0.01	-

2.4 林地生产力低,次生林多,可利用资源少

林地生产力低的表现特征是有林地面积比重小。全省林业用地 $61\,300 \text{ km}^2$ 中,有林地面积仅

占 28.9% ,远远低于全国有林地面积占林业用地面积 42.2% 的水平。省内定西、酒泉、嘉峪关等地区(市)有林地面积更少,仅占林业用地的 5% 左

右。此外,单位面积生长量小,全省林分综合生长率为 2.06%,林分年生长量为 $1.9 \text{ m}^3/\text{hm}^2$,也低于全国林分综合生长率 2.88% 和林分生长量 $2.4 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ 的水平。

在现有森林资源中,天然次生林的比重很大,约占全省森林面积的 70% 以上。各林区交通方便,人为活动频繁的浅山地带和河流下游,原始森林已被采伐和破坏。子午岭、关山、西秦岭、马啣山等地区已经沦为天然次生林,形成林相残败,林木稀疏,单位面积蓄积量很低的残次林分。仅在祁连山、白龙江林区的后山地带、河流源地分布有一些原始林。这些原始林单位面积蓄积量大,但生长率低,枯损率高。

据统计,全省用材林中,郁闭度在 0.5 以上的成熟林面积为 13.5 万 hm^2 ,蓄积为 4 070 万 m^3 ,其中部分林分已处于过熟阶段,生长衰退,病腐严重。还有相当面积的林分生长在峡谷陡坡,采伐十分困难,即使采伐后更新也很困难,目前处于自生自灭状态。所以说全省可利用森林资源并不多^[5]。

由以上可以看出,甘肃省的森林资源的数量和质量与社会经济发展很不相适应。一方面,经济的快速发展要向自然界索取大量的森林资源,而甘肃森林资源不能满足这种需求;另一方面,甘肃的森林资源在生态系统服务方面具有非常重要的生态价值,对保护甘肃的生态环境,实现甘肃可持续发展都有至关重要作用。

3 研究方法

3.1 数据来源与处理

3.1.1 数据来源

本研究所用的数据包括 1:100 万甘肃森林专题图、甘肃省 NDVI 图、1:500 万甘肃省天然林专题图和 1:300 万甘肃森林资源图。遥感 NDVI 数据基于 NOAA/AVHRR 卫星资料,包括甘肃省 1990 年、1992 年、1994 年、1996 年及 1999 年 NDVI 及其平均值。

3.1.2 数据处理

NDVI 即归一化植被指数(又称绿度值),是利用 NOAA 气象卫星的 AVHRR 图像的近红外波段与红光波段之差除以二者之和。NDVI 与植物的叶面指数、生长量、叶绿素含量等有很好的相关关系,植物的长势覆盖度季相动态变化等直接对应着植被指数的数量变化,因而该指标在遥感动态监测以及生物量估算上占有特殊的地位,可以很好地反映植

被的生长状况。其值越小,代表覆盖度小或没有植被覆盖。通过甘肃省 NDVI 图,可以基于栅格进行空间分析并确切地反映甘肃森林在空间上的分布与长势情况。

对甘肃全省 5 年的 NDVI 数据在 ArcInfo 里的 ArcTools 模块中处理得到这 5 年的平均数据,以此平均数据为基础的 NDVI 如图 1(见图版 X)所示。

利用 ArcInfo、ArcViewGIS 等地理信息系统软件以及 ERDAS IMAGINE、PHOTOSHOP 等图像处理工具,对 1:100 万甘肃森林专题图,1:500 万甘肃省天然林专题图及 1:300 万森林资源图进行以下处理:

(1)将 3 幅专题图扫描输入计算机,在 PHOTOSHOP 软件中对其进行拼接、锐化等图像处理。

(2)然后在 ERDAS IMAGINE 图像处理软件中的 DATA/PREP 模块中进行图像几何校正,使 3 幅专题图的边界趋于一致。

(3)再在 ArcViewGIS 中进行投影转换,投影转换类型全部采用 ALBERS,中央经线为 105;标准纬度为 25 和 47;东偏和北偏均为 0。

(4)完成以上步骤后在 ArcInfo 中生成 Coverage,对地图上需要研究的地理信息进行数字化、查错修改和建立拓扑等数字化处理,最终形成天然林专题图和森林资源图。

(5)最后在 ArcView 中对森林资源空间分布图(图 2,见图版 X)和天然林空间分布图(图 3,见图版 X)叠加后进行空间分析,可以得到每个林区包含的森林类型,然后再对它们的面积进行统计,(由 ArcView 中 Theme table 属性可以得到每个多边形的面积),可以得到每个林区包含的各种森林的面积如表 2 所示。

3.2 甘肃省森林生态系统服务及功能

本研究选取 Constanze 等人划分的生态系统服务功能中的一部分:大气调节、气候调节、干扰调节、防风固沙、涵养水源、水土保持、生物多样性保护、食物生产、原材料、娱乐文化^[6]。国内的多位生态专家在参照 Constanze 等人划分的生态系统服务功能的基础上结合甘肃森林资源的特点,采取专家打分的方式得出了一个价值当量因子(表 3),此价值当量因子与活立木价值相乘就可得到生态价值。

3.3 森林生态资源的价值评估方法

根据表 2 中统计出的每个林区的面积,再结合各林区的森林蓄积量以及当前的木材价格(以 350 元/ m^3 计算),由以下公式可以计算出各林区林类资

源的活立木价值。

$$P_i = S_i \times V_i \times P_w$$

其中: P_i 为第 i 类林区的活立木价值; S_i 为第 i 类林区的面积; V_i 为第 i 类林区的蓄积量 (m^3); P_w 为木

材价格 (元 / m^3)

把得到的活立木价值与各林区对应的价值当量相乘就可以得到生态价值量。经过计算得出了甘肃各林区价值评估信息表 (表 4)。

表 2 甘肃各林区各林类面积表 (单位: km^2)

Table 2 The area tables of each forest zone and category in Gansu Province

林区	类型									
	人工 经济林	迹林	云杉 冷杉	华山松、油 松、柏属	落叶 松	阔叶 松	针阔 混交林	疏林	灌木 林地	总面积
河西北山荒漠草原区	40.4	-	-	12.2	-	-	-	4.14	94.77	151.53
河西走廊农田防护林区	42.7	-	22.15	31.8	-	162.56	-	173.62	295.44	1 112.2
西祁连山—阿尔金山荒漠草原护牧林区	-	-	-	-	-	105.76	-	-	104.08	209.84
东祁连山水源涵养林区	-	-	897.62	617	-	48.50	5.89	5.00	974.44	2 548.8
中部黄土丘陵沟壑水土保持区	3	0.77	31.26	78.2	-	1 109.6	40.91	324.10	1 287.8	3 115.3
陇东黄土高原沟壑水土保持林区	39.3	-	9.67	6.01	-	573.44	-	-	48.13	676.51
子午岭水源涵养林区	-	-	1.24	2.12	-	1 109.4	-	431.55	455.93	2 000.2
甘南高原防护用材林区	38.2	-	807.07	563	-	292.96	251.73	73.81	633.19	2 659.9
陇南山地水源涵养经济林区	-	3.34	162.28	727	-	2 384.8	443.42	375.63	1 810.4	5 907.3
白龙江水源涵养用材林区	42.9	55.5	1 109.3	328	1.4	722.60	370.04	108.12	1 353.5	4 092.1

表 3 甘肃省各林区价值当量表

Table 3 The value equivalent of each forest district in Gansu Province

林区	河西北山 荒漠草原 区	河西走廊 农田防护 林区	西祁连 山—阿尔 金山荒漠 草原护牧 林区	东祁连山 水源涵养 林区	中部黄土 丘陵沟壑 水土保持 区	陇东黄土 高原沟壑 水土保持 林区	子午岭水 源涵养林 区	甘南高原 防护用材 林区	陇南山地 水源涵养 经济林区	白龙江水 源涵养用 材林区
当量	10.4608	15.7774	14.1235	22.2865	16.4862	17.1443	22.3853	18.9065	21.5457	23.9630

表 4 各林区评估信息表

Table 4 The assessment information of each forest district in Gansu Province

林区	面积 (km^2)	蓄积 (m^3/km^2)	当量	活立木价值 (亿元)	生态价值 (亿元)	单位面积 生态价值 (万元/ km^2)
河西北山荒漠草原区	151.53	8 930	10.4608	4.73	49.52	5.86
河西走廊农田防护林区	1 112.23	6 682	15.7774	2.65	41.89	5.03
西祁连山—阿尔金山荒漠草原护牧林区	209.84	2 000	14.1235	1.48	20.94	6.20
东祁连山水源涵养林区	2 548.80	4 900	22.2865	43.81	976.48	315.70
中部黄土丘陵沟壑水土保持区	3 115.27	870	16.4862	9.52	156.92	22.58
陇东黄土高原沟壑水土保持林区	676.51	4 900	17.1443	11.62	199.16	80.72
子午岭水源涵养林区	2 000.22	5 300	22.3853	37.35	836.01	763.63
甘南高原防护用材林区	2 659.89	7 380	18.9065	68.66	1 298.10	403.56
陇南山地水源涵养经济林区	5 907.25	5 480	21.5457	113.21	2 439.11	1 084.41
白龙江水源涵养用材林区	4 092.09	17 900	23.9630	256.59	6 148.66	4 966.58

4 结 语

本研究对甘肃省的森林资源价值进行了评估,其中对活立木价值的评估计算是采用了类似活立木生产量的方法,最终得到甘肃省 10 个林区森林资源的货币价值。货币价值最高的是白龙江水源涵养用材林区,约为 256.59 亿元,最低的是西祁连山—阿尔金山荒漠草原护牧林区,约为 1.48 亿元。生态价值最高的白龙江水源涵养用材林区约为 6 148.66 亿元,最低的是西祁连山—阿尔金山荒漠草原护牧林区为 20.94 亿元。

对各林区的生态价值以及各林区单位面积的生态价值比较可知:甘肃河西地区森林覆盖低,森林生态系统服务功能主要是防风固沙,其生态价值理论上应该较高,但研究数据结果却偏低。这就从一个角度反映了该地区生态环境破坏严重,气候条件恶劣等现象。中部地区森林资源的生态系统服务功能是涵养水源,防止水土流失,其实际生态价值与理论也有很大矛盾,故中部黄土地区水土流失现象较严重。陇南地区气候条件较好,且大都在自然保护区内,人为影响相对较少,故蓄积量高,活立木价值和生态价值都很高。

通过数据可以看出,甘肃地域辽阔,森林少而分布不均,有限的森林生态系统提供的服务功能在发挥着重要的作用。由于地域差异造成目前的森林生态系统提供的生态服务功能与区域的实际需要还有很大差距,因此要在可持续发展战略思想的指导下,采取生态和经济并举的方式,大力发展林业资源,为西部大开发和甘肃省的大发展提供生态保障。

本研究中采用的森林价值评估方法对各林区的林类资源有了详细的定量统计,在更客观的进行生态服务的价值评估中仍有缺陷。目前针对森林生态系统服务功能的方法主要有:涵养水源价值评估方法;保护土壤价值评估方法;固定 CO₂ 和释放 O₂ 价值评估法;营养循环价值评估方法;净化空气价值评估方法等^[7-11]。

遥感和 GIS 技术的结合对甘肃省的森林生态系统的研究,不仅迅速准确地提供了近年来森林植被的动态数据,也为量化、准确地评估甘肃省的森林资源及其生态服务功能提供了良好的技术支持。GIS 是分析多层空间数据的有效工具,在生态价值评估方面可以发挥重要作用。本文的研究表明:利

用遥感和 GIS 技术可以快捷准确地对某区域的森林资源在空间上作出分析,从而为进一步区域可持续发展战略的制定提供科学的依据。

参考文献:

- [1] Costanza R. The Value of the World's Ecosystem Services and Natural Capital[J]. *Nature*, 1997, 387(15): 253-260.
- [2] Xiao Han, Ouyang Zhiyun, Zhao Jingzhu, et al. Forest Ecosystem Services and Their Ecological Valuation [J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2000, 11(4): 481-484. [肖寒, 欧阳志云, 赵景柱, 等. 森林生态系统服务功能及其生态经济评估初探[J]. *应用生态学报*, 2000, 11(4): 481-484.]
- [3] Xie Gaodi, Lu Chunxia, Leng Yunfa, et al. Ecological Assets Valuation of the Tibetan Plateau[J]. *Journal of Natural Resources*, 2003, 18(2): 189-196. [谢高地, 鲁春霞, 冷允发, 等. 青藏高原生态资产的价值评估[J]. *自然资源学报*, 2003, 18(2): 189-196.]
- [4] Gansu Forest[M]. Beijing: Gansu Forestry Department, 1998, 1-3. [甘肃森林[M]. 北京: 甘肃省林业厅出版, 1998. 1-3.]
- [5] Gansu Forest[M]. Beijing: Gansu Forestry Department, 1998, 1-3. [甘肃森林[M]. 北京: 甘肃省林业厅出版, 1998. 59-63.]
- [6] Sun Gang, Sheng Lianxi, Feng Jiang. The Functions and Value Kinds of Ecosystem Services[J]. *Environmental Science Development*, 2000, 1: 19-22. [孙刚, 盛连喜, 冯江. 生态系统服务的功能分类与价值分类[J]. *环境科学动态*, 2000, 1: 19-22.]
- [7] Xue Dayuan, Bao Haosheng, Li Wenhua. A Valuation Study on the Indirect Values of Forest Ecosystem in Changbaishan Mountain Biosphere Reserve of China[J]. *China Environmental Science*, 1999, 19(3): 247-252. [薛达元, 包浩生, 李文华. 长白山自然保护区森林生态系统间接经济价值评估[J]. *中国环境科学*, 1999, 19(3): 247-252.]
- [8] Anderson D. Carbon Fixing from an Economic Perspective [R]. Forestry Commission's First Economics Research Conference. York University, 1990.
- [9] Pearce D W. Assessing the Returns of Economy and to Society from Investments in Forestry[C]. Whiteman A (ed.). Forestry Expansion. Forestry Commission. Edinburgh, 1990.
- [10] Yang Hanxi. Distribution Patterns of Main Tree Species in Broadleaf Korean Pine Forest on Northern Slope of Changbai Mountains [M]. Beijing: China Forestry Publishing House, 1985, 1-14. [阳含熙. 长白山北坡阔叶红松林主要树种的分布格局[M]. 北京: 中国林业出版社, 1985. 1-14.]
- [11] Qian Hong. Research of Forest Ecosystem [M]. Beijing: Knowledge Press, 1995, 1-15. [钱宏. 森林生态系统研究[M]. 北京: 知识出版社, 1995. 1-15.]

The Research of Forest Ecosystem and their Valuation of Gansu Province Based on Remote Sensing and GIS

GUO Xiao-ning^{1,2}, QI Yuan³, WANG Jian³, LIU Bao-kang⁴,
WANG Fa-ke¹, CHEN Zheng-hua⁵, XIE Hong⁶

(1. Golmud Meteorology Bureau of Qinghai Province, Golmud 816000, China;

2. College of Atmosphere Science, Lanzhou University, Lanzhou 730000, China;

3. Cold and Arid Regions Environmental and Engineering Research Institute, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000, China; 4. Meteorological Institute of Qinghai Province, Xining 810001

5. Science School of Zhejiang University, Hangzhou 310007, China;

6. College of Resource and Environment, Lanzhou University, Lanzhou 730000, China)

Abstract: By using remote sensing and GIS technologies and forest ecosystem services function, this paper discusses the forest resources of Gansu province. Make some GIS spatial analyses and forestry capital valuation, then get the NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) of Gansu and the forest valuation of 10 forest areas. By comparing them, the results indicate that the lowest of valuation is in Hexi area, and Longnan area highest. The results also illuminate the ecology valuation is affected by geographic position, climate and human influence.

Key words: Remote sensing; GIS; Forest; NDVI; Valuation