

伐区采集作业综合效益评价

周新年¹, 沈宝贵¹, 游明兴², 吴远彬³, 林海明²

(1 福建农林大学林学院, 福建 南平 353001; 2 福建省建瓯市林业委员会, 福建 建瓯 353001;

3 福建省林业生产力促进中心, 福建 福州 350012)

摘 要: 在计算各伐区作业模式的经济效益指标和定位测定由诸作业造成的土壤肥力和蓄水保土等指标变化量的基础上, 采用集对分析法对各伐区作业模式的综合效益(经济效益和生态效益)进行计算和评价, 为确定伐区生产工艺提供科学的决策依据。计算结果表明, “皆伐作业—全悬索道集材”是目前伐区采集作业的优化作业模式, 但对常绿阔叶林经营的基本方针是保护, 生态效益为主, 从长远利益考虑, 则“择伐作业—人力集材”为最优作业模式。

关键词: 伐区; 采集作业; 综合评价; 优化模式; 集对分析法

中图分类号: S782

文献标识码: A

关于伐区作业综合效益定量评价至今还少见报道^[1~2]。为此, 通过实际计算伐区作业的作业成本和定位研究伐区作业对环境子的影响程度, 并应用集对分析方法评价我国南方集体林区现行各种伐区作业模式的综合效益, 从中选择优化作业模式, 为森工企业进行伐区作业提供科学决策依据。为了定量评价伐区作业的综合效益, 必须划分综合效益的评价范围和确定评价指标以及方法。从伐区作业看, 由于作业对象为某一伐区, 综合效益主要由经济和生态两部分效益组成, 其社会效益不明显而被忽略。经济效益可用伐区直接生产费用和短期收益进行分析; 生态效益可通过其评价体系的各指标进行分析。

1 试验地自然概况

试验地位于福建省建瓯市大源林业采育场和墩阳林业采育场, 中心区域位于建瓯市东峰镇与东游镇境内(建瓯市位于 $117^{\circ}45'58''E \sim 118^{\circ}57'11''E$, $26^{\circ}38'54''N \sim 27^{\circ}20'26''N$), 该地处武夷山脉的东南部, 鹫峰山脉的西北侧。属中亚热带季风性气候, 年均温度为 $18.7^{\circ}C$, 1 月平均气温 $8^{\circ}C$, 7 月平均气温 $28.5^{\circ}C$, 极端最低气温 $-7^{\circ}C$, 极端最高气温 $41.4^{\circ}C$, 年无霜期 $270d \sim 290d$ 。年均降水量 $1890mm$ 左右, 年蒸发量 $1327.3mm \sim 1605.4mm$, 相对湿度 83% 。伐区为低山丘陵地形, 海

拔 $600mm \sim 800m$, 坡度 $25^{\circ} \sim 35^{\circ}$, 土壤为花岗片麻岩发育成的黄红壤, 土层厚度中、疏松。采伐作业迹地前茬优势树种为常绿阔叶林, 乔木层主要为甜槠(*Castanopsis eyrei*)、米槠(*Castanopsis carlesii*)、虎皮楠(*Daphniphyllumoldhamii*)、木荷(*Schinusuperba*)等。林下植被主要有: 黄瑞木(*Adinandra millettii*)、石栎(*Lithocarpus glaber*)、少叶黄杞(*Engelhardtia fenzelii*)、芒萁(*DSicranopteria dichotoma*)、黑莎草(*Gahnia fristis*)等。

2 研究方法

2.1 试验设计

为了探索伐区作业模式对伐区综合效益的影响, 主要考虑福建省国有林业采育场的典型自然条件和适宜的各种作业方式, 选取组成伐区作业模式的 2 个主要因素作为试验因子, 根据所选的因素和水平, 确定伐区的 6 种作业模式(表 1)。表 1 中的皆伐, 综合考虑经济效益与生态效益的影响, 提倡隔带小面积绵伐, 推荐 $10hm^2 \sim 15hm^2$ 为宜^[9]。

2.2 伐区作业经济效益分析

在分析各伐区作业模式(均为 1996 年采伐)的经济效益时, 把试验地所在伐区的木材直接生产成本分为采造段成本(包括采伐、打枝、造材、检尺、剥皮)、集材段成本、归装段成本和其余项成本(包括准

收稿日期: 2001-05-18; 改回日期: 2002-02-28。

基金项目: 福建省自然科学基金资助项目(E99001)、福建省教育委员会科学基金资助项目(K96034)。

作者简介: 周新年(1951—), 男(汉族), 福建浦城人, 教授, 博士生导师。长期从事规划设计、生态采运、工程索道、县索理论、微机技术等研究, 独立完成的项目获省部级科技进步二等奖 2 项、三等奖 4 项; 公开出版专著 7 部, 其中独著 2 部; 单独或第 1 作者署名在国内核心期刊上发表论文百余篇。1993 年起享受国务院政府特殊津贴; 1995 年被确认为福建省高等院校首批中青年优秀骨干教师。2001 年获“福建省有突出贡献的科学家”称号。联系电话: (0599)8508082。

备作业、不可预见费和物料消耗费用等)4个作业成本作为经济效益指标。为了便于计算各伐区作业模式的经济效益指标,列出6个伐区作业的试验区所

在伐区的木材生产有关数据(单位面积出材量较接近,为 $150.00\text{m}^3/\text{hm}^3\sim 161.51\text{m}^3/\text{hm}^3$),各生产费用按《福建省林业生产统一定额》计算,见表2、表3。

表 1 试验设计安排
Table 1 Arranement of test design

作业模式	I	II	III	IV	V	VI
主伐方式	皆伐	皆伐	皆伐	皆伐	皆伐	择伐
集材方式	全悬索道	半悬索道	手扶拖拉机	手拉板车	土滑道	人力

表 2 试验区所在伐区概况
Table 2 Conditions of cutting areas

作业模式	林班/小班	采伐面积 (hm^2)	蓄积量 (m^3)	出材量 (m^3)	树种组成	平均胸径 (cm)
I	84/19	9.00	1756	1350	3马7阔	阔20马24
II	84/24	8.01	1526	1202	3马7阔	阔20马24
III	56/14	16.55	3575	2673	2马8阔	阔20马23
IV	53/27	13.59	2700	2087	2马8阔	阔20马25
V	53/28	6.01	1185	925	2马8阔	阔20马25
VI	9/6、7	0.18	36	27.5	2马8阔	阔20马20

表 3 伐区木材生产需工数(工日)
Table 3 Works of wood in cutting areas (wording day)

作业模式	采伐方式	实际采伐强度 (%)	采造段	集材段	归装段	其余项
I	皆伐	100	353	492	454	1150
II	皆伐	100	162	391	384	1120
III	皆伐	100	1023	1185	962	916
IV	皆伐	100	773	649	825	587
V	皆伐	100	342	96	366	214
VI	30%择伐	31.5	12	15	7	19

下面以作业模式I(皆伐作业—全悬索道集材)为例,说明其各经济效益指标的计算方法。其它作业模式的经济效益指标的计算按同样方法求得。

2.2.1 短期收益 V_1

伐区短期收益 V_1 是指伐区各材种的实际出材量按现行价格销售所得的总金额(元/ hm^2)。因此,伐区的单位面积出材量 $A(\text{m}^3/\text{hm}^2)$ 按(1)式计算。

$A=\text{立木出材量}\times\text{树种比例}\div\text{伐区面积}$ (1)

作业模式I皆伐面积为 9hm^2 ,立木出材量为 $1\,350\text{m}^3$,树种组成为3马7阔。则

$A_1=1350\times 0.3\div 9=45$

$A_2=1350\times 0.7\div 9=105$

式中 A_1 、 A_2 分别为马尾松和阔叶树的实际单位面积出材量。

据1996年建瓯市国有林业采育场木材销售价格,马尾松平均胸径20cm~26cm的木材单位为516

元/ m^3 ,阔叶树平均胸径20cm~22cm的木材单价为358元/ m^3 ,所以,作业模式I的短期收益 V_1 为

$$V_1=\sum_{i=1}^n(A_i\times i)=45\times 516+105\times 358=60810$$

式中 i 为销售单价。

计算择伐时,除了考虑择伐的阔叶树材(作业模式VI的择伐强度为31.5%)的收益。还须考虑山上库存立木价值,根据森林资源价的概念,按林价计算^[10]。由福建省物委(89)闽价(农)字第115文林价为:马尾松、乙级杂木70元/ m^3 。

$V_1=\text{择伐收益}+\text{山上库存立木价值}$ (2)

则作业模式VI的短期收益 V_1 为

$$V_1=(27.5\times 0.315\div 0.18\times 358)+(27.5\times 0.685\div 0.18\times 70)=24554$$

2.2.2 采造段成本 V_2

采造成本包括采伐、打枝、造材、检尺、剥皮等项费用之和。采造段单位材积成本 V_2 (元/ m^3) 按(3)式计算(1996 年日工资按 24 元计, 下同)。

$$V_2 = \text{采造段需工} \times \text{日工资} \div (\text{蓄积量} \times \text{实际采伐强度}) \quad (3)$$

则作业模式 I 的采造段单位材积成本 V_2 为

$$V_2 = 353 \times 24 \div (1756 \times 100\%) = 4.82$$

2.2.3 集材段成本 V_3

集材段单位材积成本(元/ m^3)按(4)式计算。

$$V_3 = \text{集材段需工} \times \text{日工资} \div (\text{出材量} \times \text{实际采伐强度}) \quad (4)$$

则作业模式 I 的集材段单位材积成本 V_3 为

$$V_3 = 492 \times 24 \div (1350 \times 100\%) = 8.75$$

2.2.4 归装段成本 V_4

归装段单位材积成本(元/ m^3)按(5)式计算。

$$V_4 = \text{归装段需工} \times \text{日工资} \div (\text{出材量} \times \text{实际采伐强度}) \quad (4)$$

则作业模式 I 的集材段单位材积成本 V_4 为

$$V_4 = 454 \times 24 \div (1350 \times 100\%) = 8.07 \quad (5)$$

2.2.5 其余项成本 V_5

其余项单位成本(元/ m^3)为准备作业费(劈道影、简易道、工棚、道路养护、设计)、不可预见费、物料消耗和设备折旧等费用之和。按(6)式计算。

$$V_5 = \text{其余项需工} \times \text{日工资} \div (\text{蓄积量} \times \text{实际采伐强度})$$

则作业模式 I 的其余项单位材积成本 V_5 为

$$V_5 = 1150 \times 24 \div (1756 \times 100\%) = 15.72 \quad (6)$$

2.3 伐区作业生态效益分析

森林经营的生态效益可用以下指标评价^[10]: 1) 抗拒作用指标; 2) 涵养水源指标; 3) 土壤肥力指标; 4) 气候指标; 5) 大气质量指标; 6) 土地自然生产力指标等。

以上指标体系是针对林业生产规划活动而言。对某个具体伐区, 可从中筛选出一些易于量化的指标来分析伐区作业模式的生态效益。依据主成分分析^[9], 其中第一主成分的累计贡献率已达 90.58%。它们综合了原有 15 个指标的绝大部分信息, 基本上能反映不同采伐、集材方式林地土壤理化性质变化情况。为此在选取第一主成分的前 8 个指标的基础上再增加 3 个指标(速效 K、容重、最小持水量)来分析伐区作业的生态效益。共 11 个指标(贡献率已达 95%)分别是土壤肥力指标(有机质、速效 N、速效 K 和全 N)和蓄水保土指标(总孔隙度、毛管持水量、最大持水量、结构体破坏率、

容重、最小持水量和非毛管孔隙度)。

不同作业模式对林地土壤主要理化指标含量的影响见表 4^[9]。

不同作业模式对林地土壤主要理化指标的变化速度见表 5^[9]。

3 伐区作业优化方案的选择

3.1 决策模型分析^[13 14]

根据上述 6 种可行作业模式的经济效益和生态效益指标(共 16 个), 选择适合于类似试验区条件的伐区优化作业模式, 实际上是一个多属性决策问题。采用集对分析法, 对 6 种可行的作业模式和“理想作业模式”进行同、异、反决策分析, 从中寻找与“理想作业模式”最接近的方案, 即为“优化方案”。其决策思路为: 设作业模式决策问题的方案集为 $S = \{s_1, s_2, \dots, s_{16}\}$, 指标集为 $E = \{e_1, e_2, \dots, e_{16}\}$, 考虑作业模式的指标 e_r 有效益型和成本型之分, 且不同指标的量纲不同, 为了便于计算, 可将成本型化为效益型指标, 即令

$$d_{kr} = \begin{cases} \bar{d}_{kr}, & k=6, r=6, \text{当 } e_r \text{ 为效益型} \\ -\tilde{d}_{kr}, & k=6, r=6, \text{当 } e_r \text{ 为成本型} \end{cases}$$

这样所有指标均可按收益型计算, 然后进行各指标无量纲化, 为此, 令

$$\bar{d}_{kr} = \frac{\bar{d}_{kr}}{\sqrt{\sum_{k=1}^6 \bar{d}_{kr}^2}}, k=1, 2, \dots, 6; r=1, 2, \dots, 16$$

得到规范化决策矩阵

$$D = \begin{bmatrix} d_{11} & d_{12} & \dots & d_{16} \\ d_{21} & d_{22} & \dots & d_{26} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ d_{61} & d_{62} & \dots & d_{66} \end{bmatrix}$$

由给出的 6 个方案, 确定最优方案 U 和最劣方案 V , 根据系统目标和客观条件确定, 记最优方案和最劣方案对应 e_r 的指标值分别为 \bar{u}_r 和 \bar{v}_r 。考虑到所有指标均为效益型, 显然有

$$\bar{u}_r \geq \bar{d}_{kr}$$

和

$$\bar{v}_r \leq \bar{d}_{kr} (r=1, 2, \dots, 16)$$

对 \bar{u}_r 和 \bar{v}_r 进行无量纲化, 可得最优方案

$$U = (u_1, u_2, \dots, u_{16})$$

和最劣方案

$$V = (v_1, v_2, \dots, v_{16})$$

表 4 不同作业模式对林地土壤主要理化指标含量的影响¹⁾

Table 4 Impact on the contents of the physical and chemical pperities of soil after different operational models

作业土 模式层 ²⁾		有机质	速效 N	全 N	速效	最 大 持水量	最 小 持水量	结构体 破坏率	容重 ³⁾	毛 管 持水量	总 孔 隙 度	非毛管 孔隙度
		(%)	(mg/ kg)	(%)	K(%)	(%)	(%)	(%)	(g/ cm ³)	(%)	(%)	(%)
I	A	3.223	147. 94	0. 1128	109. 00	42. 40	26. 80	12. 39	1. 060	32. 90	44. 94	10. 07
		3.614	165. 00	0. 1265	134. 00	51. 80	31. 90	9. 30	0. 940	38. 90	48. 70	12. 13
	B	2.270	107. 26	0. 0835	83. 00	37. 70	24. 10	20. 48	1. 180	29. 80	44. 48	9. 32
		2.471	118. 74	0. 0865	140. 00	42. 00	29. 10	17. 51	1. 140	32. 10	47. 88	11. 29
II	A	1.476	86. 92	0. 0648	67. 00	34. 06	25. 51	18. 59	1. 140	27. 52	38. 83	7. 46
		2.399	108. 36	0. 0864	92. 00	44. 63	30. 27	9. 25	0. 970	33. 85	43. 9	10. 46
	B	1.510	74. 04	0. 0527	79. 00	33. 69	25. 43	17. 02	1. 170	27. 25	38. 24	6. 36
		1.978	90. 20	0. 0692	103. 00	36. 82	26. 90	15. 91	1. 120	29. 32	41. 24	8. 40
III	A	1.828	74. 46	0. 0709	64. 00	30. 05	26. 67	24. 76	1. 400	30. 45	46. 87	3. 65
		3.200	137. 10	0. 1018	137. 00	54. 82	37. 78	11. 38	0. 960	41. 02	52. 49	11. 32
	B	1.720	72. 01	0. 0676	57. 00	34. 98	26. 55	23. 20	1. 340	27. 44	42. 07	6. 07
		2.750	113. 60	0. 0970	113. 00	49. 99	36. 30	17. 36	1. 050	43. 04	52. 64	9. 42
IV	A	1.465	61. 53	0. 0513	87. 00	32. 59	24. 54	27. 60	1. 420	27. 22	46. 28	7. 63
		1.818	75. 87	0. 0687	131. 00	49. 15	39. 48	15. 67	1. 100	36. 90	53. 62	13. 48
	B	0.802	36. 09	0. 0305	77. 00	35. 22	26. 08	29. 82	1. 370	29. 78	48. 23	7. 45
		1.063	41. 12	0. 0371	80. 00	42. 39	28. 75	22. 98	1. 240	34. 00	52. 57	10. 40
V	A	1.557	66. 10	0. 0635	89. 00	36. 16	21. 36	27. 66	1. 160	29. 60	42. 09	7. 64
		2.776	110. 13	0. 1050	162. 00	58. 83	35. 54	10. 98	0. 880	43. 17	51. 74	13. 58
	B	1.326	59. 81	0. 0521	100. 00	32. 82	27. 41	28. 77	1. 130	27. 41	37. 18	6. 13
		2.476	96. 78	0. 0857	134. 00	46. 96	35. 82	18. 88	0. 950	35. 82	44. 75	10. 61
VI	A	3.039	132. 26	0. 1178	73. 00	65. 20	24. 80	15. 30	0. 846	47. 80	55. 16	14. 72
		3.333	136. 84	0. 1217	77. 00	62. 80	30. 40	20. 40	0. 843	47. 10	52. 94	13. 23
	B	2.872	120. 62	0. 0986	64. 00	49. 10	21. 80	24. 90	1. 010	40. 60	49. 60	8. 59
		2.957	121. 24	0. 0909	68. 00	51. 80	23. 60	22. 41	0. 927	43. 00	48. 02	8. 16

1)除容重外, 分子为伐后迹地土样, 分母为代表前对照土样。
2)A 为表层 0cm ~ 10cm, B 为底层 10cm ~ 20cm, 下同。
3)容重分母单位为比值。

表 5 不同作业模式对林地土壤主要理化指标的变化程度

Table 5 The change levels of the physical and chemical properties of soil after different operational models

作业土 模式层 ²⁾		有机质	速效 N	全 N	速效	最 大 持水量	最 小 持水量	结构体 破坏率	容重 ³⁾	毛 管 持水量	总 孔 隙 度	非毛管 孔隙度
		(%)	(mg/ kg)	(%)	K(%)	(%)	(%)	(%)	(g/ cm ³)	(%)	(%)	(%)
I	A	- 0. 391	- 17. 06	- 0. 0137	- 25. 00	- 9. 04	- 5. 10	3. 09	0. 120	- 6. 00	- 3. 76	- 2. 06
	B	- 0. 201	- 11. 48	- 0. 0030	- 57. 00	- 4. 30	- 5. 00	2. 97	0. 040	- 2. 30	- 3. 40	- 1. 97
II	A	- 0. 653	- 21. 44	- 0. 0216	- 25. 00	- 10. 57	- 4. 76	9. 34	0. 170	- 6. 33	- 4. 46	- 3. 00
	B	- 0. 468	- 16. 16	- 0. 0165	- 24. 00	- 3. 13	- 1. 53	1. 11	0. 050	- 2. 07	- 3. 00	- 2. 04
III	A	- 1. 372	- 62. 64	- 0. 0309	- 73. 00	- 24. 77	- 11. 11	13. 38	0. 440	- 15. 6	- 10. 57	- 7. 67
	B	- 1. 030	- 41. 59	- 0. 0294	- 56. 00	- 15. 01	- 9. 75	5. 84	0. 290	- 10. 57	- 5. 62	- 3. 35
IV	A	- 0. 353	- 14. 34	- 0. 0174	- 44. 00	- 16. 56	- 4. 94	11. 93	0. 320	- 9. 68	- 7. 34	- 5. 85
	B	- 0. 261	- 5. 03	- 0. 0066	- 3. 000	- 7. 17	- 2. 67	6. 84	0. 130	- 4. 22	- 4. 34	- 2. 95
V	A	- 1. 219	- 44. 03	- 0. 0415	- 73. 00	- 22. 37	- 14. 18	16. 68	0. 280	- 13. 57	- 6. 65	- 5. 94
	B	- 1. 150	- 36. 97	- 0. 0336	- 34. 00	- 14. 14	- 9. 73	9. 89	0. 180	- 8. 41	- 7. 57	- 4. 48
VI	A	- 0. 294	- 4. 58	- 0. 0039	- 4. 00	2. 40	- 5. 60	- 5. 10	0. 003	0. 70	2. 22	1. 48
	B	- 0. 085	- 0. 62	- 0. 0077	- 4. 00	- 2. 70	- 1. 80	2. 49	0. 083	- 2. 40	1. 58	0. 43

由[v_r, u_r] 构成指标 e_r 的比较区间, 由[V, U] 构成方案 S_k 的比较空间。

在指标 e_r 的比较区间[v_r, u_r] 中确定集对{ d_{kr}, u_r } 的联系度。若 $d_{kr} > 0$, 则 $d_{kr}/u_r \in [0, 1]$ 表示 d_{kr} 与 u_r 的接近程度, $v_r/d_{kr} \in [0, 1]$ 表示 d_{kr} 与 v_r 的接近程度。在 $d_{kr} \in [v_r, u_r]$ 时, 数值上 $\frac{d_{kr}}{u_r} + \frac{v_r}{d_{kr}}$, 当 d_{kr}

$= u_r$ 或 v_r 时, 取极大值 $1 + v_r/u_r$ 。故为使 $\frac{d_{kr}}{u_r} + \frac{v_r}{d_{kr}} \in [0, 1]$, 进行归一化, 即用 $1 + v_r/u_r$ 除 d_{kr}/u_r 和 v_r/d_{kr} , 分别得到 $d_{kr}/(u_r + v_r)$ 、 $u_r v_r / [(u_r + v_r) d_{kr}]$, 二者可视为对 d_{kr} 与 u_r 接近程度的肯定和否定, 因而将它们分别定义为集对{ d_{kr}, u_r } 的同一度 a 和对立度 c 。

根据集对理论, 同一度 a 、对立度 c 和差异度 b 的关系为: $a+b+c=1$, 可计算集对 $\{d_{kr}, u_r\}$ 的差异度 b , 和集对 $\{d_{kr}, u_r\}$ 的联系度 $m\{d_{kr}, u_r\}$ 。由差异度 b 可知, 当 $d_{kr}=u_r$ 或 v_r 时, 差异度 b 最小, 即 $b=0$; 当 $d_{kr}=\sqrt{u_r v_r}$ 时, 差异度 b 最大, 即 $b=1-\frac{\sqrt{u_r v_r}}{u_r+v_r}$ 。

在 S_k 比较空间中, 集对 $\{S_k, u\}$ 的联系度
$$m\{S_k, u\}=a_k+b_k i+c_k j$$
 当 $d_{kr}>0$,

$$a_k=\frac{1}{n}\sum_{r=1}^n\frac{d_{kr}}{(u_r+v_r)d_{kr}},$$
$$b_k=\frac{1}{n}\sum_{r=1}^n\frac{(u_r-d_{kr})(d_{kr}+v_r)}{(u_r+v_r)d_{kr}},$$
$$c_k=\frac{1}{n}\sum_{r=1}^n\frac{u_r v_r}{(u_r+v_r)d_{kr}};$$

当 $d_{kr}<0$, a_k 式与 c_k 式对调, b_k 式不变。计算 S_k 与 U 的相对贴近度

$$v_k=a_k/(a_k+c_k)$$
 根据 v_k 的大小, 可进行各方案的排序, v_k 值最大者为理想方案。

3.2 伐式作业模式优化选择

对各伐区作业模式的 16 个量化指标归为 3 类, 即经济效益、土壤肥力和蓄水保土。经济效益分别为短期收益 V_1 (元/ hm^2)、采造段单位材积成本 V_2 (元/ m^3)、集材段单位材积成本 V_3 (元/ m^3)、归装段单位材积成本 V_4 (元/ m^3)、其余项单位材积成本 V_5 (元/ m^3)。短期收益分马尾松和阔叶树 2 类, 按各木材材级 1996 年的实际销售价格计算。采造段、集材段、作业准备、归装、物燃料和设备折旧费用按《福建省林业生产统一定额》计算。设 V_6 、 V_7 、 V_8 、 V_9 为土壤肥力, 分别表示有机质 V_6 、速效 N V_7 、全 N V_8 、速效 K V_9 。设 V_{10} 、 V_{11} 、 V_{12} 、 V_{13} 、 V_{14} 、 V_{15} 、 V_{16} 为蓄水保土指标, 分别表示容重 V_{10} 、结构体破坏率 V_{11} 、毛管孔隙度 V_{12} 、总孔隙度 V_{13} 、非毛管孔隙度 V_{14} 、最大持水量 V_{15} 、最小持水量 V_{16} , 见表 6。

表 6 伐区作业模式各效指标

Table 6 Every benefit and costs of different operational models in cutting areas

作业模式	短期收益 V_1	采造段成本 V_2	集材段成本 V_3	归装段成本 V_4	其余成本 V_5	土层	有机质变化量 V_6	速效 N 变化量 V_7	全 N 变化量 V_8	速效 K 变化量 V_9	容重变化量 V_{10}	结构体破坏率 V_{11}	毛管持水变化量 V_{12}	总孔隙度变化量 V_{13}	非毛管孔隙度变化量 V_{14}	最大持水变化量 V_{15}	最小持水变化量 V_{16}
I	60810	4.82	8.75	8.07	15.72	A	-0.391	-17.06	-0.0817	-25.00	0.120	3.09	-6.00	-3.76	-2.06	-9.40	-5.10
						B	-0.201	-11.48	-0.0030	-57.00	0.040	2.97	-2.30	-3.40	-1.97	-4.30	-5.00
II	60835	2.55	7.81	7.67	17.61	A	-0.663	-21.44	-0.0216	-25.00	-0.070	9.34	-6.33	-4.46	-3.00	-10.57	-4.76
						B	-0.468	-16.16	-0.0165	-24.00	0.030	1.11	-2.07	-3.00	-2.04	-3.13	-1.47
III	62925	6.87	10.64	8.64	6.15	A	-1.372	-62.64	-73.00	-0.0809	0.440	13.38	-15.06	-10.57	-7.67	-24.77	-11.11
						B	-1.080	-41.59	-56.00	-0.0294	0.290	5.84	-10.57	-5.62	-3.35	-15.01	-9.75
IV	59830	6.87	7.46	9.49	5.22	A	-0.353	-14.34	-0.0174	-44.00	0.320	11.98	-9.68	-7.34	-5.85	-16.56	-14.94
						B	-0.261	-5.03	-0.0066	-3.000	0.130	6.84	-4.22	-4.34	-2.95	-7.17	-2.67
V	59968	6.98	2.49	9.50	4.33	A	-1.219	-44.08	-0.0415	-73.00	0.280	16.68	-13.57	-9.65	-5.94	-22.37	-14.18
						B	-1.150	-36.97	-0.0336	-34.00	0.180	9.89	-8.41	-7.57	-4.48	-14.14	-9.73
VI	24554	25.40	41.56	19.39	40.21	A	0.294	-4.58	-0.0039	-4.00	0.008	-5.10	0.70	2.22	1.49	2.40	-5.60
						B	0.085	-6.02	-0.007	-4.00	0.083	2.49	-2.40	1.38	0.43	-2.70	-1.80

除表 6 的 16 个指标中有 5 个成本指标需进行转换成效益型外, 其余 11 个均为效益型指标, 其决

策矩阵借助计算机运算后得到

$$D=\begin{bmatrix}0.440 & -0.169 & -0.194 & -0.294 & -0.331 & A & -0.192 & -0.206 & -0.227 & -0.218 & -0.246 & -0.236 & +0.115 & -0.172 & +0.186 & -0.212 & -0.204 \\0.440 & -0.089 & -0.173 & -0.279 & -0.371 & B & -0.122 & -0.194 & -0.062 & -0.297 & -0.157 & -0.190 & +0.213 & -0.284 & +0.105 & -0.632 & -0.332 \\0.455 & -0.240 & -0.236 & -0.315 & -0.130 & A & -0.320 & -0.259 & -0.358 & -0.259 & -0.259 & -0.265 & +0.348 & -0.230 & +0.263 & -0.212 & -0.190 \\0.433 & -0.240 & -0.615 & -0.346 & -0.110 & B & -0.284 & -0.273 & -0.339 & -0.262 & -0.141 & -0.138 & +0.079 & -0.294 & +0.132 & -0.266 & -0.098 \\0.433 & -0.243 & -0.055 & -0.346 & -0.091 & A & -0.673 & -0.758 & -0.512 & -0.613 & -0.638 & -0.621 & +0.498 & -0.640 & +0.681 & -0.620 & -0.444 \\0.177 & -0.889 & -0.920 & -0.706 & -0.846 & B & -0.625 & -0.702 & -0.608 & -0.492 & -0.720 & -0.663 & +0.418 & -0.483 & +0.766 & -0.621 & -0.647 \\0.177 & -0.889 & -0.920 & -0.706 & -0.846 & A & -0.173 & -0.173 & -0.288 & -0.426 & -0.396 & -0.415 & +0.444 & -0.488 & +0.495 & -0.374 & -0.396 \\0.177 & -0.889 & -0.920 & -0.706 & -0.846 & B & -0.158 & -0.085 & -0.135 & -0.380 & -0.288 & -0.317 & +0.490 & -0.425 & +0.342 & -0.083 & -0.177 \\0.177 & -0.889 & -0.920 & -0.706 & -0.846 & A & -0.598 & -0.532 & -0.687 & -0.559 & -0.555 & -0.560 & +0.621 & -0.495 & +0.433 & -0.620 & -0.566 \\0.177 & -0.889 & -0.920 & -0.706 & -0.846 & B & -0.698 & -0.624 & -0.689 & -0.662 & -0.573 & -0.625 & +0.708 & -0.645 & +0.474 & -0.377 & -0.646 \\0.177 & -0.889 & -0.920 & -0.706 & -0.846 & A & -0.144 & -0.055 & -0.065 & +0.129 & +0.029 & +0.060 & -0.190 & +0.124 & +0.005 & -0.034 & -0.224 \\0.177 & -0.889 & -0.920 & -0.706 & -0.846 & B & -0.052 & -0.011 & -0.158 & +0.138 & -0.164 & -0.119 & +0.178 & +0.062 & +0.218 & -0.044 & -0.120\end{bmatrix}$$

由集对分析决策步骤,取 $\bar{u}_r=\max_k\{\bar{d}_{kr}\}$, $\bar{v}_r=\min_k\{\bar{d}_{kr}\}$,进行规范化后有

1. 0cm~10cm;
 $u_1=(0.455,-0.089,-0.055,-0.279,-0.091,-0.144,-0.055,-0.062,0.129,0.029,0.060,0.708,0.124,0.692,-0.034,0.204)$
 $v_1=(0.177,-0.889,-0.920,-0.706,-0.846,-0.673,-0.758,-0.687,-0.613,-0.638,-0.621,-0.190,-0.640,0.134,-0.620,-0.620)$
2. 10cm~20cm;
 $u_2=(0.455,-0.089,-0.055,-0.279,-0.091,-0.052,-0.011,-0.135,0.138,-0.141,-0.119,0.708,0.062,0.767,-0.267,-0.089)$
 $v_2=(0.177,-0.889,-0.920,-0.706,-0.846,-0.698,-0.702,-0.689,-0.662,-0.720,-0.663,0.079,-0.645,0.079,-0.631,-0.647)$

由联系度计算式求出各方案集对 $\{S_k,u\}$ 相应的联系度 $m\{S_k,u\}$ 中 $a_k、b_k、c_k$ 等值,再根据相对贴

近度 v_k 计算式,计算出各作业模式的相对贴近度(表 7)。从表 7 分析可看出,对表层 0cm~10cm,作业模式 I 的相对贴近度(0.595)最高;对底层 10cm~20cm,作业模式 VI 的相对贴近度(0.555)最高;但综合考虑 0cm~20cm 时,作业模式 I 的综合评价价值(0.509)最高,即为最优作业模式;作业模式 IV 为次优作业模式(0.507);而作业模式 III、V 为较差。

若仅考虑生态效益,根据相对贴近度 v_k 计算式,计算出各作业模式的相对贴近度,见表 8。

表 7 各作业模式的计算结果

Table 7 The results of different operation models

模式	土层	计算项目			
		<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>v</i>
I	A	0.178	0.701	0.121	0.595
	B	0.305	0.278	0.417	0.422
II	A	0.254	0.487	0.259	0.496
	B	0.319	0.273	0.408	0.430
III	A	0.298	0.121	0.581	0.339
	B	0.253	0.153	0.594	0.298
IV	A	0.312	0.317	0.370	0.458
	B	0.376	0.324	0.301	0.555
V	A	0.339	0.122	0.538	0.387
	B	0.325	0.080	0.594	0.354
VI	A	0.336	0.004	0.629	0.368
	B	0.385	0.078	0.538	0.417

表 8 各作业模式的计算结果

Table 8 The results of different operation models

	I		II		III		IV		V		VI	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
<i>v</i>	0.432	0.319	0.296	0.300	0.216	0.153	0.330	0.480	0.208	0.172	0.462	0.548

从表 8 可知,作业模式 VI 最优,作业模式 I 次之,而作业模式 III、V 为较差。

4 结 论

采用集对分析法评价我国南方集体林区伐区采集作业模式,可得以下结论:

1. 从经济效益看,因“择伐作业—人力集材”的短期收益差和择伐作业单位材积成本高,其短期经济效益最差;从生态效益看,皆伐引起的地力衰退和土壤侵蚀比择伐严重得多,同时集材作业带走部分表土并对土壤产生压实作用,使迹地土壤孔隙减少,土壤变得紧实,持水性恶化。而“择伐作业—人力集材”因保留部分林木,其土壤理化性质的变化程度要比皆伐作业小,除了容重略有上升,其它多项指标均

比伐前略有改善。

2. 不同的集材方式对土壤 0cm~20cm 的破坏程度不一致,全悬索道集材与土壤表面的接触少,对土壤 0cm~10cm 的破坏较少,且其经济效益高,其在 0cm~10cm 为最优;由于表层 0cm~10cm 的土壤没有被疏松,养分无法渗入,底层 10cm~20cm 比人力集材方式、半悬索道集材略差。试验地是在同等条件下,综合考虑 0cm~20cm 时,全悬索道集材综合价值最高,则其作业模式仍为最优。

3. 对类似试验区的伐区,皆伐侧重考虑伐区采集作业经济效益,同时计及生态效益的影响,则“皆伐作业—全悬索道集材”是目前伐区作业的优化模式。但对常绿阔叶林经营的基本方针是保护,生态效益为主,从长远利益考虑,则“择伐作业—人力集

材”为最优作业模式。为了实现林业可持续发展, 森林可持续经营, 建议改变林区传统的皆伐方式, 以择伐代替皆伐, 使森林更好地发挥其综合效益。

参考文献:

[1] 邱仁辉, 周新年, 杨玉盛, 等. 架空索道集材对林地土壤影响的研究[J]. 福建林学院学报, 1997, 17(2): 102~106.

[2] 史济彦, 周新年, 涂庆丰, 等. 中国森林采运技术及其发展[M]. 哈尔滨: 东北林业大学出版社. 1998. 1~353.

[3] 张良弓, 周新年. 阔叶林不同采育方式生态经济效益的试验研究[J]. 森林工程, 1997, 13(4): 1~5.

[4] 周新年, 郭建钢. 伐区采育作业系统综合效益评价的研究[J]. 林业科学, 2000, 36(6): 28~34.

[5] 周新年, 林圣万, 吴沂隆. 影响伐区作业的生态因子分析研究[J]. 森林工程, 1996, 12(3): 1~4.

[6] 周新年, 邱仁辉, 杨玉盛, 等. 不同采伐、集材方式对林地土壤理化性质影响的研究[J]. 林立科学, 1998, 34(3): 18~25.

[7] 周新年, 邱仁辉. 福建省天然林择伐研究[J]. 福建林业科技, 1992, 19(4): 56~60.

[8] 周新年. 架空索道理论与实践[M]. 北京: 中国林业出版社, 1996. 111~112.

[9] 周新年. 考虑生态的伐区作业探讨[J]. 中南林学院学报, 1996, 16(3): 71~75.

[10] 周新年. 林业生产规划[M]. 北京: 北京科学技术出版社. 1994. 195~218.

[11] 周新年. 林业索道设计系统[J]. 林业科学, 1992, 28(1): 47~51.

[12] 周新年. 三角形集材索道[J]. 福建林学院学报, 1998, 8(3): 300~308.

[13] 刘金福, 洪伟, 何宗明, 等. 应用集对分析法优选杉木复合经营模式研究[J]. 福建林学院学报, 2000, 20(1): 52~55.

[14] 赵克勤. 集对分析及其应用[J]. 大自然探索. 1994, 13(1): 67~72.

Study on the Comprehensive Benefits of
Harvesting and Skidding Operation in Xutting Area

ZHOU Xin-nian, SHENG Bao-gui, YOU Ming-Xing, WU Yuan-bin and LIN Hai-ming
(1. Fujian Agriculture and Forestry Universiu, Nanping, 353001 China;
2. Jinaou Foretry Country Vammittee, Jinaou, Fujian, 353100 Chian;
3. Fujian forest Productivity Center, Fuzhou 350012 China)

Abstract: Based on the calulation of economical benefits and ecological benefits of different operational models, which include economical benefits and ecological benefits, wer calculated and evaluated in this paper, which provides the scientific scheme for detemining the productive etchnology in cutting area. The results showed that the clear cutting operation by suspended cableway sidding is presently the optimum mldol, which is suitable to be used in the north of Fujina province and other areas. But the selection cutting with manual skidding is the opeimum model for long-range advantage.

Key words: cutting area; harvesting and skidding operation; comprehensive evaluation; optimum mldel; set -pair analysis