

网络出版时间:2012-12-21 17:30

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1390.S.20121221.1730.029.html>

基于空间约束的村级森林收获调整研究

邵卫才, 邓华锋, 胡丽秋

(北京林业大学 林学院, 省部共建森林培育与保护教育部重点实验室, 北京 100083)

【摘要】 **【目的】**探索建立具有空间相邻约束的森林收获调整模型的方法, 为制定乡村集体林的采伐规划、实现森林资源的可持续利用提供方法和依据。**【方法】**以福建省永安市洪田村的杉木用材林为研究对象, 利用森林资源档案数据, 将空间相邻约束纳入到森林采伐作业中, 运用混合整数规划方法, 构建村级森林收获调整的空间优化模型。**【结果】**在未来 10 年内, 洪田村杉木用材林的最大允许采伐量为 $8\,623.5\text{ m}^3$; 根据最优可行解可以确定各小班的采伐决策和具体地点, 有效阻止采伐相邻斑块, 保证利用成熟林、过熟林而避免采伐未成熟林; 2 个分期的木材收获量分别为 $4\,106.5$ 和 $4\,517\text{ m}^3$, 实现了木材的均衡生产。**【结论】**村级森林收获调整的空间优化模型在保证最优采伐量的同时, 有效保护了当地生态环境, 促进了森林保护与利用的良性循环。

【关键词】 空间相邻约束; 收获调整; 混合整数规划; 村级森林

【中图分类号】 S757.4

【文献标志码】 A

【文章编号】 1671-9387(2013)01-0149-06

Harvest regulation of village-level forests based on space constraints

SHAO Wei-cai, DENG Hua-feng, HU Li-qiu

(Key Laboratory for Forest Silviculture and Conservation of Ministry of Education, College of Forestry,
Beijing Forestry University, Beijing 100083, China)

Abstract: **【Objective】** To formulate a cutting planning for rural collective forestry and achieve the sustainable utilization of forest resources, a harvest regulation model of forest resources with spatial adjacency constraints was established. **【Method】** Taking Chinese fir timber in Hongtian village, Yong'an City, Fujian Province as the object, the research combined archive data of forest resources, considered space adjacency constraints, and established an optimizing spatial model of village-level forest resources utilization by means of mixed-integer programming. **【Result】** The results showed that the largest allowable forest felling volume in Hongtian village was $8\,623.5\text{ m}^3$ in the following 10 years. The optimal feasible solution were helpful to plan the cutting decision and the specific location of each subplot, which prevented cutting in adjacent patches and ensured the use of the mature and overmature forest rather than the immature forest. Moreover, the balanced production was obtained with the scheduled volumes of the two cutting stages of $4\,106.5\text{ m}^3$ and $4\,517\text{ m}^3$, respectively. **【Conclusion】** The optimizing spatial model of village-level forest harvest regulation not only helps to obtain the optimal forest felling volumes but also protects the local ecological environment and enhances the protection and utilization of forest.

Key words: space adjacency constraints; forest harvest regulation; mixed-integer programming; village-level forests

【收稿日期】 2012-04-27

【基金项目】 林业公益性行业科研专项(201004008)

【作者简介】 邵卫才(1986—), 男, 河南修武人, 在读硕士, 主要从事森林可持续经营研究。E-mail: shaoweicail68@163.com

【通信作者】 邓华锋(1966—), 男, 湖南涟源人, 副教授, 博士, 硕士生导师, 主要从事森林可持续经营理论与技术研究。
E-mail: denghuafeng@bjfu.edu.cn

在森林生态系统中,空间因素的重要性越来越受到人们的重视^[1]。自 20 世纪 80 年代末起,西方一些学者开始将空间约束纳入到森林收获调整中,并就建立相应的空间优化模型进行了大量的研究工作^[2-5]。Snyder 等^[6]指出,森林采伐活动的时间管理决策必须与空间安排相结合,并建立一种大面积、多时间分期、具有收获相邻约束的 0-1 型收获安排模型。Murray^[7]提出了单元约束模型和面积约束模型 2 种收获安排模型,并探讨了有关模型建立和求解的方法。目前,国内关于森林收获调整的研究主要是运用林龄空间理论,考虑主伐年龄、林分材积生长量以及森林面积与蓄积按龄级的分布等因素,借助数学规划方法计算木材的采伐量^[8-10],并不重视森林采伐作业中的空间约束。

随着我国集体林权制度改革的深入以及我国林业由采伐天然林为主向以采伐人工林为主转变的加快,加强乡村集体林的采伐管理显得日益重要。森林收获调整作为森林资源管理的中心环节,其合理与否直接关系到森林质量的高低以及经营者的切身利益。长期以来,乡村集体林的采伐多以林农自发进行为主,为了提高木材生产效率,降低成本,一些地方采取大面积皆伐的方式。由于较少考虑采伐作业在空间上的约束,对森林本身以及生态环境造成了不利影响,制约了森林多种功能在空间配置上的协调。集中皆伐形成的大面积裸露斑块,不仅对森林美观和动植物生境产生了负面影响,而且还会加

剧水土流失等自然灾害的发生。

本研究以福建省永安市洪田村的杉木用材林为对象,基于森林资源档案数据,在考虑空间相邻约束的基础上,运用混合整数规划方法构建村级森林收获调整模型,以期为乡村集体林的科学采伐规划提供理论依据。

1 材料收集与整理

福建永安市 2011 年森林资源档案数据表明:洪田村林业用地面积 1 786 hm²,占土地总面积的 87.9 %,其中公益林 434.3 hm²,商品林 1 351.7 hm²,商品林中杉木用材林面积 762.7 hm²,占商品林总面积的 56.4 %;蓄积量为 63 240 m³,占商品林总蓄积量的 64.6 %。

以洪田村 122 个杉木小班的档案资料为基础,探寻杉木各年龄单位面积蓄积量的理论模型。本研究根据各小班的现实每公顷蓄积量与年龄的关系,选用不同回归方程式对其进行拟合,经过检验、比较,确定下式为最优回归方程:

$$\ln Y=6.078-17.443/A,r=0.939\ 0。$$
 (1)

式中:Y 表示每公顷蓄积量,A 表示年龄。

按上述方程分别计算各年龄杉木理论每公顷蓄积量(表 1),并计算各年龄杉木未来 5 年的理论蓄积增量。将各小班的现实每公顷蓄积量加上其未来 5 年的蓄积增量,可求得各小班 5 年后的理论每公顷蓄积量,用作建立收获调整模型的参数。

表 1 福建省永安市洪田村杉木用材林各个年龄的资源分布状况

Table 1 Distribution of *Chinese fir* timber resources for all ages in Hongtian village,Yong'an City,Fujian Province

年龄/年 Age	面积/hm ² Area	理论每公顷蓄积量/m ³ Theoretical mean growing stock	小班数目 Number of stands	年龄/年 Age	面积/hm ² Area	理论每公顷蓄积量/m ³ Theoretical mean growing stock	小班数目 Number of stands
4	6.20	5.57	2	18	1.33	165.50	1
5	20.80	13.32	5	19	9.27	174.16	3
6	77.73	23.83	14	20	29.40	182.34	4
7	54.00	36.09	17	21	12.27	190.07	4
8	9.80	49.29	3	22	7.33	197.38	2
9	5.20	62.80	1	23	7.87	204.30	3
10	24.67	76.23	5	25	23.00	217.08	6
11	6.40	89.32	3	26	7.47	222.99	2
12	15.47	101.94	4	27	13.33	228.60	2
13	156.73	114.00	14	28	4.87	233.93	1
14	19.53	125.47	2	31	2.33	248.47	2
15	54.93	136.34	10	34	0.47	261.12	1
16	20.33	146.62	3	40	4.20	282.01	2
17	12.20	156.33	6				

2 研究方法

2.1 空间相邻约束

空间相邻约束是指当一个空间单位完成更新之后,相邻空间单元才可以采伐^[11]。它主要用于控制采伐作业的位置,禁止采伐相邻林分,防止收获面积过大。

林分之间的相邻关系主要分为 3 种:1)2 个林分共有一条边;2)2 个林分共有一条边或只共有一个点;3)2 个林分相距在一定距离之内。本研究使用的相邻关系是指 2 个林分共有一条边的情况,如图 1 所示的 1 号与 2 号林分、2 号与 3 号林分以及 3 号与 5 号林分等。

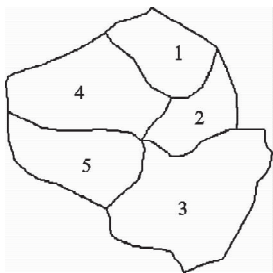


图 1 林分间不同类型的相邻关系

Fig. 1 Different adjacency relationships between stands

一些学者提出了多种用于表达相邻关系的约束公式^[12-15]。本研究采用成对组合的方法来表示相邻关系。假设有 2 个林分 i 和 j , $\forall j \in \{N_i\}$, 其中 N_i 表示与林分 i 相邻的所有林分集合。空间相邻约束的成对组合表达形式如下:

$$S_i P_t + S_j P_t \leq 1, \forall j \in \{N_i\}, \forall t = 1, 2, \dots, T. \quad (2)$$

式中: $S_i P_t$ 和 $S_j P_t$ 是二进制整数决策变量, 分别表示林分 i 和 j 在分期 t 时潜在的收获; T 表示所有分期的总数。

2.2 模型的建立

本研究以一个经理期(10 年)内木材最大收获量为目标函数,应用混合整数规划方法建立具有空间相邻约束的收获调整优化模型。在建立收获调整模型时考虑以下条件:

1)根据《国家森林采伐作业规程》以及《福建省森林采伐技术规范》等文件的相关条例,规定杉木的

主伐年龄为 26 年;

2)采伐方式为皆伐;

3)以 5 年为 1 个分期,整个采伐计划期分为 2 个分期;

4)采伐后在同一分期内造林更新;

5)为实现各分期具有均衡收获量,允许 2 个分期预定收获量的浮动范围为 $\pm 10\%$;

6)禁止所有相邻林分在同一分期内进行采伐。

综上所述,建立的杉木收获调整的数学模型如下:

目标函数:

$$Z = \text{Max} \sum_{i=1}^I \sum_{t=1}^T a_i v_{it} S_i P_t. \quad (3)$$

约束条件:

$$\sum_{t=0}^T S_i P_t \leq 1, \forall i = 1, 2, \dots, I; \quad (4)$$

$$\sum_{i=1}^I a_i v_{it} S_i P_t = H_t, \forall t = 1, 2, \dots, T; \quad (5)$$

$$\beta^L H_{(t-1)} \leq H_t \leq \beta^H H_{(t-1)}, t = 2, 3, \dots, T; \quad (6)$$

$$S_i P_t + S_j P_t \leq 1, \text{ 如果 } i, j \text{ 彼此相邻}, \forall t = 1, 2, \dots, T; \quad (7)$$

$$S_i P_t \in [0, 1], \forall i = 1, 2, \dots, I, \forall t = 1, 2, \dots, T; \quad (8)$$

$$H_t \geq 0, \forall t = 1, 2, \dots, T. \quad (9)$$

式中: i 表示某个林分; I 表示所有林分的总数; t 表示某个分期; T 表示所有分期的总数; a_i 表示林分 i 的面积; v_{it} 表示分期 t 时林分 i 的单位面积蓄积量; $S_i P_t$ 表示分期 t 时林分 i 的采伐决策变量, 即当 $S_i P_t = 1$ 时, 表示林分 i 在分期 t 采伐, 当 $S_i P_t = 0$ 时, 表示未采伐; H_t 表示分期 t 时的木材收获量; β^L 表示木材收获量的浮动下限; β^H 表示木材收获量的浮动上限。

2.3 模型的求解

2.3.1 最大木材收获量的目标函数 本研究以洪田村的 122 块(分别记为 1~122 号)杉木用材林小班作为分析对象,从杉木资源数据库中分别提取各小班的现实每公顷蓄积量以及 5 年后的理论每公顷蓄积量,再根据小班面积求得各小班蓄积量,作为决策变量的系数,建立如下目标函数:

$$\begin{aligned} 1) \text{Max } Z = & 760 S_{14} P_1 + 913.8 S_{14} P_2 + 941.2 S_{15} P_2 + 787.5 S_{16} P_1 + 957.5 S_{16} P_2 + 30.4 S_{20} P_1 + \\ & 34.1 S_{20} P_2 + 1420.2 S_{26} P_2 + 1033.5 S_{28} P_1 + 1143.9 S_{28} P_2 + 115.9 S_{29} P_2 + 391.1 S_{42} P_2 + \\ & 782.6 S_{43} P_2 + 359.9 S_{44} P_2 + 654.9 S_{47} P_1 + 710 S_{47} P_2 + 205.1 S_{48} P_2 + 1678.8 S_{82} P_2 + \\ & 181.9 S_{85} P_2 + 759 S_{89} P_2 + 1644.8 S_{90} P_2 + 619.2 S_{96} P_2 + 712.1 S_{97} P_2 + 463.6 S_{98} P_2 + \\ & 112 S_{113} P_1 + 120.3 S_{113} P_2 + 170.5 S_{115} P_1 + 185.3 S_{115} P_2 + 247.2 S_{116} P_1 + 279.5 S_{116} P_2 + \\ & 869.5 S_{117} P_1 + 949.3 S_{117} P_2 + 1241 S_{118} P_1 + 1353.7 S_{118} P_2 + 167.9 S_{120} P_2. \end{aligned}$$

由于杉木林分的主伐年龄为 26 年,所以在每一个分期开始时,年龄低于 26 年的林分将不参与模型的计算,这样不仅可以排除没有实际意义的决策变量,避免产生不可行解;同时还能满足适时采伐利用的原则,保证及时利用成熟林、过熟林和避免采伐未成熟林分,以免造成资源浪费。

2.3.2 林分收获次数约束 本研究制定的采伐计划期小于杉木的主伐年龄,所以每个林分只能采伐 1 次。

$$2) S_{14} P_1 + S_{14} P_2 \leq 1;$$

$$3) S_{16} P_1 + S_{16} P_2 \leq 1;$$

$$4) S_{20} P_1 + S_{20} P_2 \leq 1;$$

$$12) 760 S_{14} P_1 + 787.5 S_{16} P_1 + 30.4 S_{20} P_1 + 1\,033.5 S_{28} P_1 + 654.9 S_{47} P_1 + 112 S_{113} P_1 + 170.5 S_{115} P_1 + 247.2 S_{116} P_1 + 869.5 S_{117} P_1 + 1\,241 S_{118} P_1 - H_1 = 0;$$

$$13) 913.8 S_{14} P_2 + 941.2 S_{15} P_2 + 957.5 S_{16} P_2 + 34.1 S_{20} P_2 + 1\,420.2 S_{26} P_2 + 1\,143.9 S_{28} P_2 + 115.9 S_{29} P_2 + 391.1 S_{42} P_2 + 782.6 S_{43} P_2 + 359.9 S_{44} P_2 + 710 S_{47} P_2 + 205.1 S_{48} P_2 + 1\,678.8 S_{82} P_2 + 181.9 S_{85} P_2 + 759 S_{89} P_2 + 1\,644.8 S_{90} P_2 + 619.2 S_{96} P_2 + 712.1 S_{97} P_2 + 463.6 S_{98} P_2 + 120.3 S_{113} P_2 + 185.3 S_{115} P_2 + 279.5 S_{116} P_2 + 949.3 S_{117} P_2 + 1\,353.7 S_{118} P_2 + 167.9 S_{120} P_2 - H_2 = 0;$$

$$14) -0.9 H_1 + H_2 \geq 0;$$

$$15) -1.1 H_1 + H_2 \geq 0.$$

2.3.4 邻近约束 为了降低大面积皆伐对森林非木材利用方面产生的不利影响,充分发挥森林多功能效益,同一分期内禁止采伐空间相邻的林分。

$$16) S_{14} P_2 + S_{15} P_2 \leq 1;$$

$$17) S_{15} P_2 + S_{16} P_2 \leq 1;$$

$$18) S_{14} P_1 + S_{16} P_1 \leq 1;$$

$$19) S_{14} P_2 + S_{16} P_2 \leq 1;$$

$$20) S_{26} P_2 + S_{118} P_2 \leq 1;$$

$$21) S_{97} P_2 + S_{98} P_2 \leq 1;$$

$$22) S_{89} P_2 + S_{98} P_2 \leq 1;$$

$$23) S_{44} P_2 + S_{120} P_2 \leq 1;$$

$$24) S_{28} P_1 + S_{117} P_1 \leq 1;$$

$$25) S_{28} P_2 + S_{117} P_2 \leq 1;$$

$$26) S_{115} P_1 + S_{116} P_1 \leq 1;$$

$$27) S_{115} P_2 + S_{116} P_2 \leq 1.$$

$$S_{14} P_1 = 0, S_{14} P_2 = 0, S_{15} P_2 = 0, S_{16} P_1 = 1, S_{16} P_2 = 0, S_{20} P_1 = 1, S_{20} P_2 = 0, S_{26} P_2 = 0, S_{28} P_1 = 1, S_{28} P_2 = 0, S_{29} P_2 = 0, S_{42} P_2 = 1, S_{43} P_2 = 1, S_{44} P_2 = 0, S_{47} P_1 = 1, S_{47} P_2 = 0, S_{48} P_2 = 0, S_{82} P_2 = 0, S_{85} P_2 = 1, S_{89} P_2 = 0, S_{90} P_2 = 1, S_{96} P_2 = 1, S_{97} P_2 = 1, S_{98} P_2 = 0, S_{113} P_1 = 1, S_{113} P_2 = 0, S_{115} P_1 = 0, S_{115} P_2 = 1, S_{116} P_1 = 1, S_{116} P_2 = 0, S_{117} P_1 = 0, S_{117} P_2 = 0, S_{118} P_1 = 1, S_{118} P_2 = 0, S_{120} P_2 = 0.$$

结果表明,在空间相邻约束条件下,参与计算的 25 个杉木小班中,有 7 个小班将在第 1 分期采伐,采伐面积为 22.5 hm²;另外 7 个小班将在第 2 分期采伐,采伐面积为 23.7 hm²;其余 11 个小班将作为保护生境而保留至以后分期采伐,面积为 36.9

$$5) S_{28} P_1 + S_{28} P_2 \leq 1;$$

$$6) S_{47} P_1 + S_{47} P_2 \leq 1;$$

$$7) S_{113} P_1 + S_{113} P_2 \leq 1;$$

$$8) S_{115} P_1 + S_{115} P_2 \leq 1;$$

$$9) S_{116} P_1 + S_{116} P_2 \leq 1;$$

$$10) S_{117} P_1 + S_{117} P_2 \leq 1;$$

$$11) S_{118} P_1 + S_{118} P_2 \leq 1.$$

2.3.3 均衡木材流约束 12)和 13) 2 个统计行分别表示 2 个分期的木材收获量。为了使 2 个分期的木材收获量相对均匀,允许 2 个分期的预定收获量在 10%范围内变动。

3 结果与分析

根据上述目标函数以及相关约束条件建立收获调整的空间优化模型,利用 LINDO 软件进行求解,结果如下。

1)目标函数值: $Z=8\,623.5\text{ m}^3$,这是在满足一定约束条件下,洪田村杉木用材林在未来 10 年内所允许的最大收获量,即年允许采伐量为 862.35 m³,其可以作为确定标准年伐量的依据,为洪田村编制森林经营方案以及合理组织林业生产活动提供参考。

2)2 个分期的木材收获量分别为: $H_1=4\,106.5\text{ m}^3$; $H_2=4\,517\text{ m}^3$ 。计算可知,2 个分期的木材收获量变动大小为 9.1%,符合上述均衡木材流约束,保证了森林资源的均衡利用。

3)最优可行解:

hm²。根据每个分期采伐小班的具体地点,绘制 2 个分期森林采伐的空间配置图(图 2)。如图 2 所示,每个分期采伐的小班彼此均不相邻,有效控制了皆伐面积,实现了森林采伐斑块在空间上的合理配置。

乡镇林业站可以根据上述计算结果制定合理的年度木材采伐规划,将采伐指标分年度落实到山头地块,具体指导林业生产实践活动。这不仅有利于

加强采伐区域的监管,确保森林资源的安全,而且还可以让林农对自己林地的采伐做到“5 年、10 年早知道”,提高其生产经营的积极性。

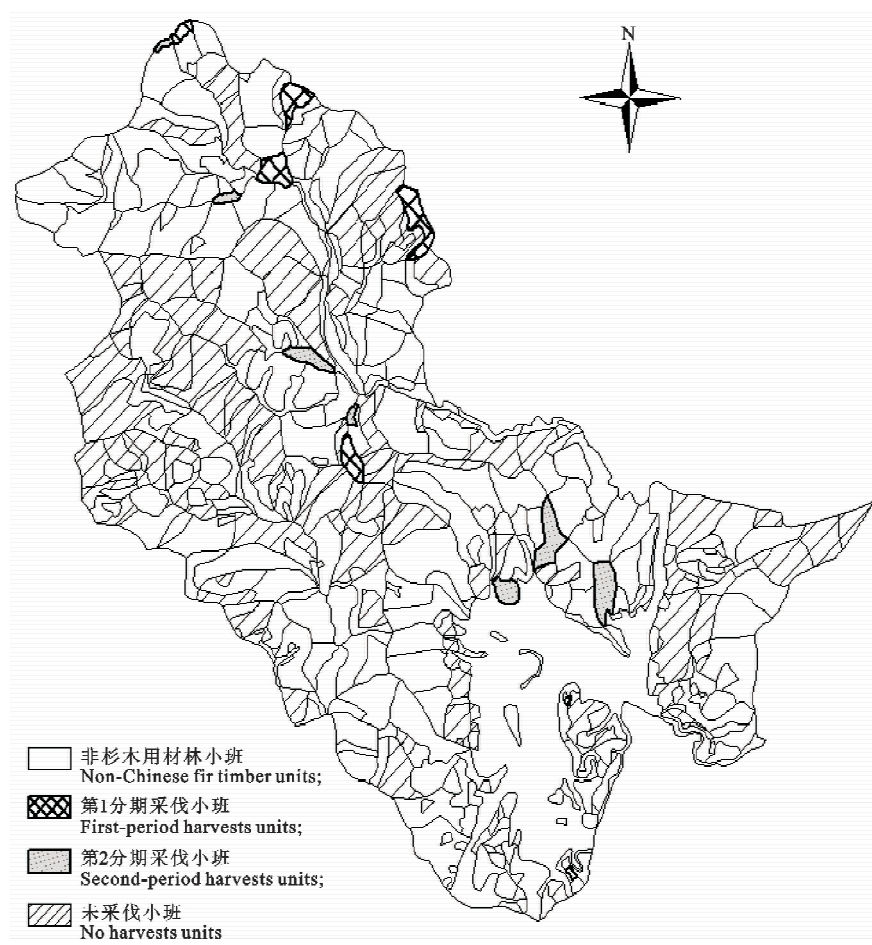


图 2 福建永安市洪田村杉木用材林采伐空间的配置
Fig. 2 Spatial arrangement of harvests for *China fir* timber in Hongtian village, Yong'an City, Fujian Province

4 结论与讨论

1)在满足空间相邻约束的条件下,利用混合整数规划方法进行森林收获调整,既能获得最大木材收获量,又能确定不同分期各小班的采伐决策和具体地点,避免采伐相邻斑块;同时可保证各分期木材收获量尽可能相对均匀,体现了森林收获的最适原则,是一种相对理想的收获调整优化方法。

2)运用混合整数规划方法求解模型,可以保证每个小班作为一个完整的经营单元进行采伐,相对于具有连续决策变量的线性规划方法更加实用、有效。此外,允许不同分期的预定木材收获量存在一定的变动范围,而并非追求木材流的绝对均匀,符合林业生产的实际情况,进一步提高了模型的灵活性和实用性。

3)在集体林权制度改革的新形势下,乡村集体

林业发展面临着新问题和新的挑战。建立村级森林收获调整空间优化模型,通过合理的采伐活动,调整优化森林结构,保护生态环境,为编制村级森林经营方案及实现森林资源的可持续利用提供科学依据。

4)随着森林经营目标的多样化、复杂化,更多的空间约束条件将被纳入到森林经营管理之中,森林采伐规划也将变得更加复杂,如何建立合理化的收获调整模型,还有待于进一步探讨。

[参考文献]

[1] Hof J, Bevers M. Spatial optimization for managed ecosystems [D]. New York: Chichester, West Sussex, 1998.

[2] Murray A, Church R. Measuring the efficiency of adjacency constraint structure in forest planning models [J]. Canadian Journal of Forest Research, 1995, 25: 1416-1424.

[3] Yoshimoto A, Brodie J D, Sessions J. A new heuristic to solve spatially constrained long-term harvest scheduling problem

[J]. Forest Science,1994,40(3):365-396.

[4] Murray A T,Snyder S.Spatial modeling in forest management and natural resource planning [J]. Forest Science, 2000, 46 (2):153-156.

[5] McDill M E,Braze J. Comparing adjacency constraint formulations for randomly generated forest planning problems with four age-class distributions [J]. Forest Science, 2000, 46 (3): 423-436.

[6] Snyder S,ReVelle C. Dynamic selection of harvests with adjacency restrictions: The SHARE Model [J]. Forest Science, 1997,43(2):213-222.

[7] Murray A T. Spatial restrictions in harvest scheduling [J]. Forest Science,1999,45(1):45-52.

[8] 周国模. 目标规划在同龄林收获调整中的应用 [J]. 北京林业大学学报,1989,11(4):39-46.
Zhou G M. An application of goal programming on even-aged forest harvesting regulation [J]. Journal of Beijing Forestry University,1989,11(4):39-46. (in Chinese)

[9] 陈伯贤,陈霖生,陆静英,等. 森林资源管理中线性规划和目标规划联合应用的研究 [J]. 东北林业大学学报,1991,19(2):36-41.
Chen B X,Chen L S,Lu J Y,et al. Study on the application of incorporating linear programming and goal programming in forest resource management [J]. Journal of Northeast Forestry University,1991,19(2):36-41. (in Chinese)

[10] 黄健儿,林 杰,陈平留. 应用林龄空间理论和线性规划方法建立森林收获调整模型 [J]. 福建林学院学报,1987,7(3):43-54.
Huang J E,Lin J,Chen P L,et al. Establishing a model of forest yield by applying the spatial forest age-grade and linear programming [J]. Journal of Fujian College of Forestry, 1987,7(3):43-54. (in Chinese)

[11] Wilkinson C F,Anderson H M. Land and resource planning in the national forest [M]. Covelo,CA: Island Press,1987:396.

[12] Jones J G,Meneghin B J,Kirby M W. Formulating adjacency constraints in linear optimization models for scheduling projects in tactical planning [J]. Forest Science, 1991, 37 (5): 1283-1297.

[13] Murray A T,Church R L. Measuring the efficacy of adjacency constraint structure in forest planning models [J]. Canadian Journal of Forest Research,1995,25(9):1416-1424.

[14] McDill M E,Rebain S A,Braze J. Harvest scheduling with area-based adjacency constraints [J]. Forest Science, 2002, 48 (4):631-642.

[15] Goycoolea M,Murray A T,Barahona F,et al. Harvest scheduling subject to maximum area restrictions: Exploring exact approaches [J]. Operations Research,2005,53(3):490-500.

(上接第 148 页)

[44] Wu B,Wu S W, Qu H B,et al. Secondary metabolites from *Viburnum erosum* [J]. Biochemical Systematics and Ecology, 2008,36:817-819.

[45] Mu J X,Wu B. A phytochemical and chemotaxomic study on *Viburnum lancifolium* [J]. Biochemical Systematics and Ecology,2011,39:857-860.

[46] 朱 颖,董玉芝,咎少平,等. 15 种忍冬属植物的数量分类研究 [J]. 新疆农业科学,2009,46(4):691-695.
Zhu Y,Dong Y Z,Zan S P,et al. Study on numerical taxonomy of 15 species of *Lonicera* L. [J]. Xinjiang Agricultural Science,2009,46(4):691-695. (in Chinese)

[47] 吕金顺. 香荚蒾花挥发性化学成分分析[J]. 食品科学,2005,26(8):310-312.
Lü J S. Constituent analysis of volatile oil of flower of *Viburnum farreri* W. T. steam [J]. Food Science,2005,26(8):310-312. (in Chinese)

[48] Shang X F,Hu P,Li M X,et al. *Lonicera japonica* Thunb.: Ethnopharmacology,phytochemistry and pharmacology of an important traditional Chinese medicine [J]. Journal of Ethnopharmacology,2011,138:1-21.