

林火管理经济学的研究与探讨*

——单一可变防火要素的最佳投入

林其钊 任晓宇 李雯 王清安

(中国科学技术大学火灾科学国家重点实验室 合肥 230026)

摘 要

用经济学的观点分析了其它防火要素的投入量不变,仅改变某种可变防火要素的投入时,减灾效益 E 、边际减灾效益 E_M 、平均减灾效益 E/F_i 与单一可变防火要素 F_i 的关系。提出了如何采用边际分析的方法确定单一防火要素的最佳投入问题。

关键词 边际分析 最佳投入 林火管理 减灾效益

1 引言

在某些短期防火计划中,由于受条件所限,只能改变某一种防火要素来达到减少灾害的目的。这时如何合理选择森林防火要素的最佳投入,达到有效的利用防火资源,使其发挥最大的经济效益,就是单一防火要素的最佳投入问题。

通常认为,任何防火要素 F_i 的投入,都可以使火灾损失降低,从而提高减灾效益 E 。而实际上,在减灾效益 E 和防火投入要素 F_i 之间并不是存在简单的正比关系,在防火要素投入量的某些阶段,有可能增加防火要素的投入会使减灾效益降低。表述 E 和 F_i 之间关系的函数称为减灾效益函数。关于减灾效益函数的研究,作者在以后的工作中将做进一步的探讨。

关于单一可变防火要素的最佳投入问题,就是假定其它防火要素不变,只有一种防火要素的投入数量是可变的,研究这种要素的最优使用量,使其在这种使用量下产生最大的减灾效益 E 。这类问题在短期防火决策中是经常遇到的,例如,在防火期内,防火设施和监测设备在短时间内无法改变,只有依靠投入较大的人力来达到提高减灾效益的目的。增加多少人力才是最合理的呢?这就是本文所要探讨的单一可变防火要素的最佳投入量的问题。

本文采用边际分析的方法^[1,2,3],分析了在其它防火要素的投入量不变,仅改变某种可变防火要素的投入时,减灾效益 E 、边际减灾效益 E_M 、平均减灾效益 E/F_i 与单一可变防火要素 F_i 的关系。提出了如何确定单一防火要素的最佳投入问题。

* 国家教委博士点基金资助

2 最佳投入量确定的基本原理

2.1 减灾效益的边际分析

减灾效益 E 定义为:由于投入防火要素,使火灾损失降低的数量。边际减灾效益 E_M 的定义是:当其它条件不变的情况下,在投入某种防火要素 F_i 的一定数量中,最后投入的那一单位防火要素使得减灾效益的变化量。平均减灾效益可由 E/F_i 表示。下面举例说明它们之间的关系,例如某林区在其它防火要素投入量不变时,靠增加扑救力量来达到减少火灾损失,提高减灾效益的目的,在没有扑救队员的情况下,火灾损失肯定是最小的,当只有 50 人的扑救队伍时,火灾损失肯定会减少,从而提高了减灾效益。如果再增加扑救力量到 100 人时,由于扑救及时使火灾损失进一步降低。可以设想,继续增加扑火队员,由于增加的人数太多,人们对环境的破坏,以及太多的人力有可能相互推诿,反而降低了扑火效率。同时增加了防火成本的投入,使减灾效益的提高与防火投入相互抵消,从而使净减灾效益降低。

为说明边际减灾效益的作用,表 1 给出了不同的扑救队员数量所对应的减灾效益 E 、表 1

扑救队员人数 F_i (人)	减灾效益 E (万元)	边际减灾效益 $\Delta E/\Delta F_i$ (万元/人)	平均减灾效益 E/F_i (万元/人)
0	0	2.6	
50	130	3.4	2.6
100	300	6.0	3.0
150	600	8.8	4.0
200	1040	6.0	5.2
250	1340	4.4	5.4
300	1560	2.4	5.2
350	1680	1.6	4.8
400	1760	0.8	4.4
450	1800	0	4.0
500	1800	-0.8	3.6
550	1760		3.2

边际减灾效益 E_M 和平均减灾效益 E/F_i 。平均减灾效益为减灾效益除以投入的扑救人力。为进一步说明这个问题,以投入人力 F_i 为横坐标,将减灾效益 E 、边际减灾效益 E_M 、平均减灾效益 E/F_i 以及火灾损失定性描述在图 1 中。如果假定:

$$E=f(F_i) \quad (1)$$

$$E_M = dE/dF_i \quad (2)$$

随着投入防火要素的增加,在一定的范围内, $E_M = dE/dF_i > 0$,随着 F_i 的增加或减少, E_M 也相应地增加或减少,即 dE 和 dF_i 的变化方向相同。但当 F_i 增加到某一程度,再增加防火要素的投入时, $E_M < 0$, dE 与 dF_i 的变化方向相反,从边际减灾效益变化率看:

$$\frac{dE_M}{dF_i} = \frac{d(dE/dF_i)}{dF_i} = \frac{d^2E}{dF_i^2} < 0 \quad (3)$$

上式说明了随着 F_i 的增加边际减灾效益递减。

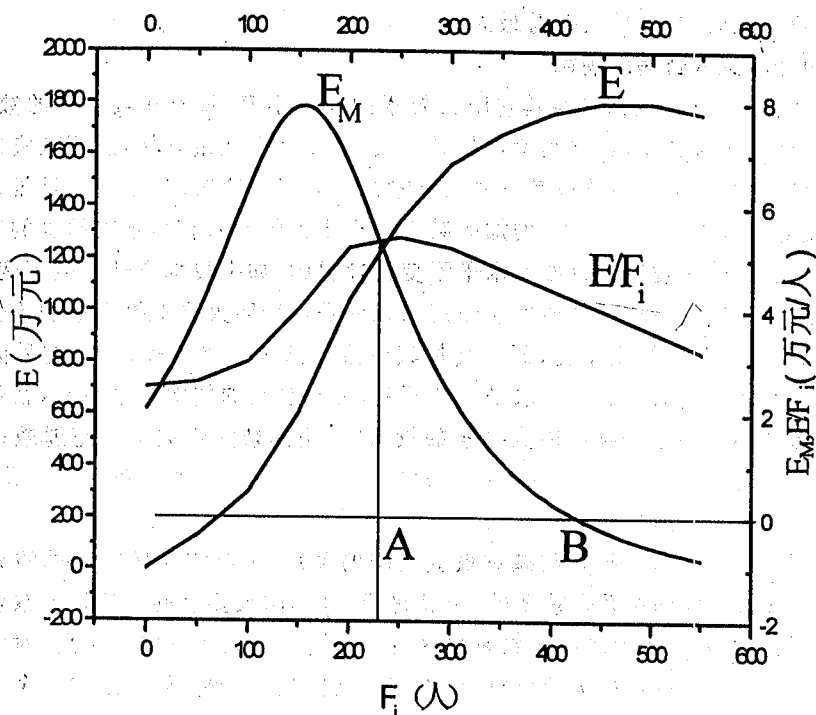


图1 E 、 E/F_i 和 E_M 之间的关系

通过上述分析,并由图1可以看出, E 、 E/F_i 和 E_M 之间存在着下面三种关系:

(1) 扑救队员数量取某值时,边际减灾效益等于总减灾效益曲线上该点切线的斜率。依据边际减灾效益的定义, $E_M = \Delta E / \Delta F_i$,当 ΔF_i 很小时, $E_M = dE/dF_i$ 。由微分学可知, dE/dF_i 即为减灾效益曲线上,当扑救人员数为某值时,该点切线的斜率。减灾效益曲线上的拐点,就是边际效益曲线的顶点,减灾效益曲线上的顶点就是边际减灾效益为0的点。

由边际减灾效益 dE/dF_i 与减灾效益 E 之间的关系可知,当边际减灾效益为正值时,减灾效益曲线呈上升趋势,此时增加扑救人力可增大减灾效益,当边际减灾效益 dE/dF_i 为负值时,减灾效益 E 的斜率为负值,增加人力反而使减灾效益下降,边际减灾效益为0时,减灾效益最大。

(2) 平均减灾效益等于减灾效益曲线上,该点与原点连线的斜率,平均减灾效益等于 E/F_i ,而 E/F_i 正是减灾效益曲线上该点与原点之间连线的斜率。

(3) 当边际减灾效益大于平均减灾效益时,平均减灾效益呈上升趋势,当边际减灾效

益小于平均减灾效益时,平均减灾效益呈下降趋势。当边际减灾效益与平均减灾效益相等时,平均减灾效益最大。这是因为边际减灾效益是指每增加一名扑救队员使减灾效益增加多少;如边际减灾效益大于平均减灾效益必使以前的平均减灾效益增加;反之如边际减灾效益小于平均减灾效益,就必须使以前的平均减灾效益下降。如边际减灾效益等于平均减灾效益,平均减灾效益就在这一点即不上升也不下降,这点是平均减灾效益的极大值。

从图1中还可看出,边际减灾效益曲线在平均减灾效益曲线之上时,平均减灾效益曲线呈上升趋势,边际减灾效益曲线在平均减灾效益曲线之下时,平均减灾效益曲线呈下降趋势。两者相交时,平均减灾效益最大。

2.2 边际减灾效益递减规律

从上述例子可以看出,只要其它防火要素的投入不变,随着扑救人员的数量增加,开始时,边际减灾效益递增,如继续增加扑救队员,从某一个数量开始,边际减灾效益开始递减。边际减灾效益递减规律是以其它防火要素的投入量不变时,只改变一种投入要素为前提,减灾效益递减的原因是因为,增加的某一防火要素的投入会与越来越少的其它防火要素相结合。此外,这一规律是以技术水平不变为前提的,如果技术条件发生了变化,它就不再适用。边际减灾效益递减规律发生作用的条件是:(1)防火要素投入量的比例必须是可变的,即保持其它防火要素不变,而只增加其中某种防火要素的投入时,这种防火要素的边际减灾效益才会递减;(2)技术水平保持不变,如果防火的技术水平提高,在保持其它防火要素投入量不变而增加某种防火要素的投入时,边际减灾效益不一定递减;(3)所增加的防火要素具有相同的效率,如果增加的第二个单位的防火要素比第一个单位更有效,则边际减灾效益不一定递减。

这个规律揭示了防火投入与减灾效益之间的关系,因此它对研究森林防火要素的投入量与减灾效益之间的关系是重要的。也就是说,并非防火要素的任何投入数量都可产生减灾效益,更不是防火要素的投入数量越多,减灾效益越大,正是因为如此,对防火要素的投入数量和减灾效益进行科学的分析,以确定适当的投入数量,使有限的资金发挥最大的减灾效益。

3 森林防火投入要素与减灾效益的三个阶段

基于边际减灾效益递减规律,可把防火投入分成三个阶段:第一个阶段,投入量小于A点,边际减灾效益首先递增而后递减,减灾效益和平均减灾效益呈上升趋势;第二个阶段,防火要素的投入量大于A而小于B点,边际减灾效益是递减的,但是边际减灾效益大于0而小于平均减灾效益,平均减灾效益呈递减趋势,减灾效益是上升的;第三个阶段,防火要素的投入量大于B点,边际减灾效益小于0,减灾效益与平均减灾效益均呈递减趋势。

在这三个阶段中,第一和第三个阶段在经济学上是不合理的,只有第二个阶段才是合理的。其原因可从分析三个阶段的成本看出:(1)由于第一阶段减灾效益呈递增趋势,所以减灾效益单位成本呈下降趋势;又因为平均减灾效益呈上升趋势,单位减灾效益的投入要素成本是呈下降趋势。两者的成本都呈下降趋势,说明在此阶段增加可变防火要素投入的数量可降低防火成本,所以单一可变防火要素的投入数量停留在这个阶段是不合理的。

(2)在第三个阶段,由于减灾效益的下降,单位减灾效益的固定成本提高,又由于平均减灾效益呈下降趋势,单位减灾效益的变动成本也呈上升趋势,所以可变投入要素的投入量不能超过B点,否则减灾效益的成本就会提高,可见第三阶段的防火要素投入量在经济学上也是不合理的。(3)在第二个阶段,由于减灾效益呈上升趋势,所以单位减灾效益的固定成本是下降的,又由于平均减灾效益是下降的,因此单位减灾效益的变动成本呈上升趋势,固定成本与变动成本运动方向正好相反,这说明在这一阶段,有可能找出一点,使两种成本正好抵消,在这一点上再增加或降低该要素的投入都会使减灾效益的成本提高。因为最优的可变投入要素的投入量只能在第二阶段中选择,所以第二阶段是经济学上的合理阶段。

4 单一可变要素最佳投入量的确定

为了说明单一可变投入要素最佳投入量的确定问题,仍以本文的例子进行讨论,若每人每年需要各种费用0.8万元,扑救队员为350人时是否最优?此时再增加50人,边际减灾效益为1.6万元/人,由于人数增加,支出增加了0.8万元,这说明增加扑救队员的减灾效益会大于支出的增加,这时扑救队员的人数并非最佳,继续增加扑救队员更有利。

如果有450人的扑救队员是否最佳,这时增加50名扑救队员,减灾效益的增量以及边际减灾效益均为0,但是人员费用增加了0.8万元/人,继续增加扑救队员的支出会大于减灾效益的增加,这时增加人力也是不合算的,只有减少扑救队员才有利,因此450名扑救队员也非最优。

依据上述分析,当扑救队员为350人时,增加人员有利,当扑救队员为450人时,减少扑救队员有利,所以扑救队员应是400人左右最佳。当扑救队员为400人时,边际减灾效益为0.8万元/人,正好与扑救队员的人均费用0.8万元/人相等,这说明扑救队员不需要增加也不需要减少,正好是最优的。也就是说,投入单位防火要素的价格等于边际减灾效益时,可变要素的投入量为最佳,即:

$$\Delta E/P_{Fi}=1 \quad (4)$$

式中 P_{Fi} 为投入的可变防火要素价格。(4)式即为单一防火要素最佳投入量的确定准则。

5 结论

对于单一防火要素的最佳投入问题,只有当 E_M 等于可变投入要素价格 P_{Fi} 时,防火要素投入量为最佳。单一可变防火要素最佳投入量的确定准则是 $\Delta E/P_{Fi}=1$ 。

在林火管理计划的制定过程中,防火投入要素是多种多样的,进一步的工作应是探讨多因素的最佳投入组合。

参 考 文 献

- [1] 道格拉斯 C. 诺斯著,《经济史中的结构与变迁》,上海三联书店出版,中译本,1991年,p5-40。
- [2] 尹伯成编著,《西方经济学简明教程》,上海人民出版社,1995年,p1-30。
- [3] 萨缪尔森·诺特豪斯著,高宏业译,《经济学》,中国发展出版社,1991年,p2-25,635-695。

Investigation and Exploration on the Forest Fire Management Economics

——Optimum Investment for Single Factor of Fire Protection

Lin Qizhao Ren Xiaoyu Li Wen Wang Qingan

(State Key Laboratory of Fire, University of Science and Technology of China, Hefei, Anhui 230026)

Abstract

The optimum investment for single factor of fire protection is analyzed from the economical point of view, when the other factors are invariable. The relationship between efficiency of disaster reduction (EDR), marginal EDR and average EDR is discussed. The method and criterion of deciding optimum investment are provided.

Key Words Marginal Analysis, Optimum Investment, Forest Fire Management, Efficiency of Disaster Reduction