

海洋资源利用的博弈分析

彭 俊 黄国石

(厦门大学自动化系 福建 厦门 361005)

【摘 要】 海洋对人类的生命和健康以及生态系统是至关重要的,但目前我国的海洋资源利用不合理,海洋资源严重浪费。本文将博弈论运用于海洋公共资源利用中,引入“政府”作为局中人,建立了一个特殊的完全信息动态博弈模型——带有控制的博弈模型,解决个人利益和集体利益的矛盾,实现了资源的最优利用和配置,为政府决策和管理提供参考。

【关键词】 海洋公共资源;合理利用;博弈;控制

一、引言

公共资源是指:(1)没有被个人、企业或其他组织占有;(2)大家都可以自由利用或供人类生产免费使用的设施和-财物。在海洋经济利用过程中也存在不少公共资源问题,我们称之为公共海洋资源问题,如不同渔民共同在一个地区捕鱼,企业向海洋排污问题等。由于居民或企业完全从自己的利益出发自由利用公共海洋资源,公共海洋资源有被过度利用、低效率使用或者浪费的危险,并且过度使用会达到使任何利用它的人都无法得到多少实际好处的程度。笔者用渔民共同在一个地区捕鱼问题进行博弈分析,通过引入“政府”作为局中人,建立了一个特殊的完全信息动态博弈模型——带有控制的博弈模型,解决个人利益和集体利益的矛盾,实现了资源的最优利用和配置,提高了经济效益,为政府决策和管理提供参考。

二、公共海洋资源的过度利用博弈模型

设一个海区有 N 户渔民,以捕鱼为生,这些渔民可以自由捕捞该海区的鱼。假设该海区最多能自然产鱼量为 P ,即在捕捞海鱼 P 时,第二年便可自然恢复到原来的状态,显然 $G = P$ 是最好的选择,这样能充分开发该海区的海鱼资源。假设渔民们都知道这个海区一年自然产鱼量,这就构成 N 个渔民之间关于捕鱼的博弈。

在这个博弈中, N 个渔民是博弈方,他们各自的策略空间就是他们可能选择捕鱼数 $g_i (i = 1, \dots, N)$; 当各渔民捕鱼数为 g_1, \dots, g_N 时,总数 G 为: $G = \sum_{i=1}^N g_i$ 。 v 代表捕获的鱼的平均值。一个重要的假设是 v 是 G 的函数, $v = v(G)$ 。假设 $\frac{\partial v}{\partial G} < 0$, $\frac{\partial^2 v}{\partial G^2} < 0$ 。仿照文献[1]导出纳什均衡总捕鱼量 $G^* = \sum_{i=1}^n g_i^*$ 应满足的优化条件为:

$$v(G^*) + \frac{G^*}{n} v'(G^*) = C \quad (1)$$

显然,我们可以知道: $G^* < P$ 时,说明鱼未被充分捕捞, $G^* > P$ 时,说明已过分捕捞,破坏鱼自然生产,会造成以后减产, G^* 远大于 P 以后供鱼量趋于零,会导致所有的渔民破产。但是在现实中渔民一般只会考虑增加自己的捕捞量,提高自己的收益,要达到 $G^* = P$ 这种状态几乎是不可能的,所以产生 $G^* > P$ 直至 G^* 远大于 P ,导致该海区鱼产量严重下降,甚至灭绝,这就是海洋资源的过度利用。

三、控制博弈模型

考虑一个完全信息静态博弈。为分析的方便起见,我们考虑局中人的策略为连续的情况,并假设目标函数可微。在此,设博弈中有 n 个局中人,第 i 个局中人的策略为 S_i , 支付目标函数为 $U_i(S_1, L, S_i, L, S_n)$, $i = 1, 2, \dots, n$ 。第 i 个局中人的目标是使支付目标函数 $U_i(S_1, L, S_i, L, S_n)$ 最大化,即 $\text{Max} U_i(S_1, L, S_i, L, S_n)$, 一阶条件为 $\partial U_i / \partial S_i = 0$ 。若记 $F_i(S_1, L, S_i, L, S_n) = \partial U_i / \partial S_i$, 则此博弈的纳什均衡即为方程组

$$F_i(S_1, L, S_i, L, S_n) = 0 \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (3)$$

的解,记为 $(S_1^*, L, S_i^*, L, S_n^*)$ 。在引入“政府”之后,设“政

府”对博弈各方设立的控制变量为 K_i, L, K_m , “政府”的目标函数为 $S(S_1, L, S_i, L, S_n)$ 。这时,由于“政府”作为局中人参与博弈,每个局中人的最优决策不仅依赖于其他局中人的策略,还要受到控制变量的约束,因而,每 i 个局中人的支付目标函数变为 $U_i(S_1, L, S_i, L, S_n, K_1, L, K_m)$, $i = 1, 2, \dots, n$ 。根据纳什均衡的存在性定理,至少存在一个相应的子博弈的纳什均衡,可能是纯策略或混合策略。即为方程组:

$$F_i(S_1, L, S_n; K_1, L, K_m) = 0 \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (4)$$

的解,记为 $(\bar{S}_1, L, \bar{S}_i, L, \bar{S}_n)$ 。注意到这里 \bar{S}_i 是控制变量 K_1, L, K_m 的函数,记作 $\bar{S}_i = S_i(K_1, L, K_m)$, $i = 1, 2, \dots, n$ 。若记集体最优均衡解为 $(S_1^{**}, L, S_i^{**}, L, S_n^{**})$, 解方程组:

$$S_i(K_1, L, K_m) = S_i^{**}, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (5)$$

即得到最优控制变量 (K_1, L, K_m) 。相应控制博弈模型的子博弈精炼纳什均衡解为 $(S_1^{**}, L, S_i^{**}, L, S_n^{**}; K_1, L, K_m)$ 。

四、海洋资源过度利用的控制博弈模型

实际上,作为有着完全理性的每一个局中人都知道以下事实:如果进行合作,他们的利益都将增加从而达到帕累托最优的均衡结果。但也就因为他们都是完全理性的,只考虑自己利益最大化的本性内在地决定了合作是不会产生的。我们认为,这个矛盾可通过引入“政府”的概念加以解决。以“政府”代表集体理性参与博弈,通过设立控制变量对参与者施加影响,使得博弈达到集体目标最优的纳什均衡结果。

如果考虑这 n 个渔民组成的集体,为了使集体利益最大化应解 $\text{max} Gv(G) - Gc$, 其最优化的一阶条件为:

$$v(G^{**}) + G^{**} v'(G^{**}) = C \quad (2)$$

在这里 $G^{**} \leq P$, 因为(2)式只考虑了在经济利益最大化的前提下的最优捕鱼量,而政府只有在保证可持续发展的前提下,才

能考虑集体利益 $Gv(G) - GC$, 使之达到最大化,取 $\hat{G} = \text{Min}(P, G^{**})$ 。同时,通过比较(1)(2)两个最优的一阶条件可以看出, $G^* > G^{**}$ 。也就是说,个人理性驱动下的纳什均衡总捕鱼量也超过了使集体利益达到最优的捕鱼量。

现在,“政府”出现在博弈中,通过收费进行控制。当 $g_i \leq \hat{G}/N$ 时,不收费;当 $g_i > \hat{G}/N$ 时,收费 $(g_i - \hat{G}/N) a$ 。最优费率 a 该是多少呢? 渔民个体目标函数变成了分段函数,即求解:

$$\max \begin{cases} g_i \left[v \left(\sum_{j=1}^n g_j \right) - c \right] & g_i \leq \frac{\hat{G}}{N} \\ g_i \left[v \left(\sum_{j=1}^n g_j \right) - c \right] - \left(g_i - \frac{\hat{G}}{N} \right) a & g_i > \frac{\hat{G}}{N} \end{cases} \quad i = 1, 2, \dots, N \quad (6)$$

容易看出,如果不考虑收费的影响,在给定其他渔民每个捕鱼量 $\frac{\hat{G}}{N}$ 的情况下,渔民 i 每多捕一单位的鱼的净收益将最多增加

$$\frac{\partial}{\partial g_i} \left[g_i \left[v \left(\sum_{j=1}^n g_j \right) - c \right] \right] \Big|_{g_i = \frac{\hat{G}}{N}} \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (7)$$

因此当 $g_i > \frac{\Delta G}{N}$ 时, 政府的费率 a 只需取 (7) 式, 即

$$a = \frac{\partial}{\partial g_i} \left[g_i \left(v \left(g_i \right) - d \right) \right] \Big|_{g_i = \frac{\Delta G}{N}}$$

渔民便没有多捕鱼的积极性

了。从而保证了均衡捕鱼总量为 G 。

下面我们给参数赋值, 针对具体的数据进行分析。设 $P = 15, N = 3, C = 4, v(G) = 100 - G$ 。容易由 (1) 解得自由博弈下的纳什均衡为: 每个渔民捕鱼量为 24, 各人收益都是 576。而由 (2) 在集体利益达到最优的情况下的捕鱼量为每人 16, 各人收益都是 768。考虑到 $G^{**} \leq P$, 所以此时每个渔民的最大捕鱼量为 15, 各人收益都是 765。

在控制博弈模型中, 第 i 个渔民的净收益函数为

$$\begin{cases} g_i(100 - g_1 - g_2 - g_3 - 4) & g_i \leq 15 \\ g_i(100 - g_1 - g_2 - g_3 - 4) - a(g_i - 15) & g_i \geq 15 \end{cases} \quad i = 1, 2, 3$$

由 (7) 可算得 $a = 36$ 。因此当 $a = 36$ 时, 每个渔民择也是捕鱼 15 单位, 公共海洋资源得到了最优利用, 同时, 渔民的收益也达到了最大化, 每个收入 765。控制成功。

五、总结

将公共海洋捕鱼数的最优量等额分配给各博弈方, 并对超限额的博弈方实施惩罚性的收费威胁。使各个博弈方均不能从违背限额中获得好处, 从而实现帕累托最优的纳什均衡结果。在现实经济生活中有许多类似于公共海洋资源的博弈, 如

参考文献

[1] 谢识予. 经济博弈论, 第二版[M]. 上海: 复旦大学出版社, 2002
 [2] 张维迎. 博弈论与信息经济学[M]. 上海: 上海人民出版社, 1996.
 [3] 艾里克. 拉斯穆森 博弈与信息, 第二版 三联书店 2004
 [4] 陈海良 近海渔业资源过度捕捞的原因与对策 中国渔业经济 2001 年第 2 期

(上接第 35 页)

上位机中的工业组态软件, 不仅形象、直观的监视、控制该恒压供水系统, 还可以极大限度对系统运行提供保障。如水压超限报警、水位超限报警、电动阀故障报警、水泵电机故障报警并处理等。

本系统自动操作和手动操作以及运行中的具体注意事项如下:

1、自动操作

(1)、当市政自来水压力高于设定压力 350 KPa 时, 直接由市自来水供水。

(2)、当市自来水低于设定压力 200 KPa, 但不低于压力 100 KPa (暂定) 时, 起动 1 号泵 (或 2 号泵) 向管网加压。当检测到市自来水高于设定压力时, 再转换成市自来水直接供水。

(3)、当市自来水压力持续低于 100 KPa 或停水时, 应完全由泵站供水, 并将水压稳定在 300 KPa。此时应保证水池水位高于最低限水位。

(4)、本系统自动检测出水池水位, 当水位高于上限液位时, 关闭进水阀, 停止进水, 当水位低于下限液位时, 停止水泵电机运转, 同时关闭出水阀, 禁止向外供水。

2、手动操作

(1)、将“自动/手动”切换开关置于“手动”(MAN) 位置。

(2)、选择 1 号泵或者 2 号泵投入运行。

(3)、选择变频器 (TRANS) 或者工频 (50HZ) 运行。

参考文献

[1] 李勇伟著 专用变频器在恒压供水装置中的应用 中国建筑电气网 2004 年版
 [2] 郑宁等编著 水厂泵站变频恒压控制 福建电脑 2002 年版
 [3] 曾焕金、陈雷等编著 厦门高崎国际机场使用手册 2004 年版

企业向海洋排污问题, 各县城小煤窑的开发, 多寡头垄断价格竞争等, 对于这些情况政府的博弈策略, 可对海洋资源博弈的最优控制模型稍作变化, 思路如下:

第一步, 求出自由博弈的均衡结果 $g^* = (g^*_1 L, g^*_i L, g^*_n)$, 并计算各个局中人所占的比例 $p = (p_1 L, p_i L, p_n)$

$$p_i = g_i^* / \sum_{j=1}^n g_j^* \quad i = 1, 2, \dots, n.$$

第二步, 求出在集体利益最大情况下的总量 G^{**} , 比较 G^{**} 与 P 的大小, 取 $\hat{G} = \text{Min}(P, G^{**})$

第三步, 按原来博弈中各局中人所占均衡总产量的比例分配给局中人, 得出最优控制下的均衡结果

$$g^{**} = (g^{**}_1 L, g^{**}_i L, g^{**}_n) \quad g^{**}_i = p_i \hat{G} \quad i = 1, 2, \dots, n.$$

第四步, 建立最优控制模型

$$\max \begin{cases} U_i(S_1 L, S_i L, S_n) & S_i \leq p_i \hat{G} \\ U_i(S_1 L, S_i L, S_n, K) & S_i \geq p_i \hat{G} \end{cases} \quad i = 1, 2, \dots, n.$$

其中, $\partial U_i(S_1 L, S_i L, S_n, K) / \partial K^{p0}$ 求出相应的最优费率即可。

显然, 对于每一个博弈方 i , 在最优费率的约束下的最优选择都是 $S_i, i = 1, 2, \dots, n$ 。从而存在唯一的最优均衡 $(S_1 L, S_i L, S_n)$ 。

实际上, 这种博弈思想, 对于离散策略的博弈同样适用。

(4)、如果启用 1 号系统, 先开 1 号出水阀, 当“阀全开”指示等亮了, 起动 1 号水泵。如果第 3 步选择的是变频器 (TRANS) 则按下“开变频器”按钮, 如果第 3 步选择的是工频 (50HZ) 则按下“工频起动”。

(5)、如果启用 2 号系统, 先开 2 号出水阀, 当“阀全开”指示等亮了, 起动 2 号水泵。如果第 3 步选择的是变频器 (TRANS) 则按下“开变频器”按钮, 如果第 3 步选择的是工频 (50HZ) 则按下“工频起动”。

(6)、当“变频运行”指示灯亮了以后, 按下变频器的“起动”按钮, 变频器开始运行, 调节变频器的“手动调节”电位器, 就可以调节变频器输出的频率, 控制水泵输出的水压。

(7)、停止运行时, 必须先将变频器“手动调节”电位器调节到比较小的位置, 然后按下水泵和变频器的“停止”按钮。

(8)、退出“手动”运行后将切换开关置于“自动”, 并投入自动运行。

3、注意事项

(1)、手动运行水泵时, 如果启用变频器, 必须先运行水泵再起动变频器!

(2)、手动关闭系统时, 水泵和变频器都要退出运行状态!

(3)、关闭水泵后重新运行, 必须有 5 分钟以上的间隔时间!

(4)、变频器电源不能频繁开启、关

闭!

(5)、电脑应处于 24 小时开机监控状态, 无须每天关机!

四、变频调速恒压供水方式

目前各厂家生产的供水设备电气控制柜, 除采用落后继电器接触器控制方式外, 主要有逻辑电子电路控制方式; 单片微电路控制方式; 可编程序控制器 (PLC) 的控制方式; 而新型变频调速供水设备以其技术先进性正日益广泛使用。如 ABB 公司变频器将 PID 调节器以及简易可编程序控制器的功能都综合进变频器, 形成带有各种应用宏的新型变频器。由于 PID 运算在变频器内部, 这就省去对可编程序控制器存储容量的要求和对 PID 算法的编程, 而且 PID 参数的在线调试非常容易, 这不仅降低了生产成本, 而且大大提高了生产效率。由于变频器内部自备 PID 调节器, 采用优化算法, 所以使水压调节十分平滑、稳定。同时, 为了保证水压反馈信号的准确、不失真, 可对该信号设置滤波时间常数, 同时还可以反馈信号进行换算, 使系统调试非常简单、方便。

五、结束语

厦门机场变频调速恒压供水系统改造成功, 使厦门机场的供水管理迈上了一个新台阶, 该系统控制灵活、调速方便, 节电效果显著, 不仅保障了机场供水系统安全运行, 同时也为国内机场实现供水自动化控制探索了一条新路。

