

研究简报

# Schaefer 和 Fox 剩余产量模式的计算机程序设计

## A COMPUTER PROGRAM FOR THE SCHAEFER AND FOX SURPLUS YIELD MODEL

颜尤明 卢振彬 戴泉水

(福建省水产研究所, 厦门 361012)

YAN You-Ming, LU Zhen-Bin, DAI Quan-Shui

(Fujian Fisheries Research Institute, Xiamen 361012)

关键词 计算机程序设计, 评估模式, 渔业资源

KEYWORDS Computer programming, Estimation model, Fishery resources

渔业资源的合理捕捞量和适宜的捕捞力量即最大持续产量和最适捕捞力量, 不仅是渔业生产单位所关心的问题, 也是渔业生产决策部门指导渔业生产和渔业管理必不可少的重要数据。因此, 正确估算其值是渔业科学理论与实践最重要的任务之一。

渔业资源的盛衰从属于多种因素, 对其研究应考虑多种因素的影响结果。因而, 渔业资源研究工作繁琐费时, 有时难免出现差错。随着电子计算机科学技术的发展, 不少渔业科技工作者运用计算机的高级语言编写了一些简便快速的计算程序, 推动和发展了渔业资源的基础研究工作[邹仁林等 1984, 曹渠江 1988, 徐旭才 1989, 戴泉水等 1991, 陈卫忠和李长松 1995, 赵 燕等 1996]。有关渔业资源评估实践中的计算机程序设计, 目前国内尚未见到报道。作者在开展福建近海渔业资源可捕量和捕捞力量研究中, 在 486 计算机上运用 C-BASIC 语言编写了 Schaefer 和 Fox 剩余产量模式的计算机程序, 并用该程序估算福建近海鱼业的最大持续产量和最适捕捞力量。

### 1 使用模式及设备支持

估算渔业资源的最大持续产量(MSY)和最适捕捞力量( $f_{MSY}$ )的模式有多种, 一般可根据渔业生产的实际和可得资料, 选取合适的模式进行评估。Schaefer 和 Fox 两个剩余产量模式的特点是, 所需参数较少, 只要具备某一种群或某一区域的渔获量和捕捞力量的连续资料, 即可对该种群或该区域的最大持续产量和最适捕捞力量作出估计, 其模式及其原理如下。

#### 1.1 模式基本型

##### 1.1.1 Schaefer 模式

$$Y_c = af_c - bf_c^2 \cdots \cdots (1) \quad (Y/f)_c = a - bf_c \cdots \cdots (2)$$

$$MSY = a^2/(4b) \cdots \cdots (3) \quad f_{MSY} = a/(2b) \cdots \cdots (4)$$

收稿日期: 1996-09-07

式中,  $Y_e$ 、 $f_e$ 、 $(Y/f)_e$  分别表示平衡状态下的渔获量、捕捞力量和单位努力量渔获量;  $MSY$ 、 $f_{MSY}$  分别表示最大持续产量和相应的捕捞力量,  $a$ 、 $b$  为待定参数。根据多年的渔获量、捕捞力量和标准单位努力量渔获量(CPUE), 应用线性回归法, 先求出参数  $a$ 、 $b$ , 再按式(3)和(4)计算  $MSY$  和  $f_{MSY}$ 。

### 1.1.2 Fox 模式

$$U = U_k e^{-b'f} \dots\dots (5) \qquad Y_e = f U_k e^{-b'f} \dots\dots (6)$$

上述二式取自然对数后得以下(7)和(8)二式:

$$\ln U = \ln U_k - b'f \dots\dots (7) \qquad \ln Y_e = \ln f U_k - b'f \dots\dots (8)$$

$$MSY = U_k / (b'e) \dots\dots (9) \qquad f_{MSY} = 1/b' \dots\dots (10)$$

式中,  $Y_e$ 、 $f$ 、 $U$  分别表示平衡状态下的渔获量、捕捞力量和单位努力量渔获量;  $e$  为自然对数的底;  $U_k$ 、 $b'$  为待定参数。根据历年的渔获量、捕捞力量和标准单位努力量渔获量(CPUE), 应用线性回归法, 先求出参数  $U_k$ 、 $b'$ , 再按式(9)和(10)计算  $MSY$  和  $f_{MSY}$ 。

## 1.2 计算机软、硬件设备

计算机系统为 ALR 486/33 微型机, 操作系统软件 MS-DOS VER 6.2, 中文支持平台为 UC DOS VER 5.0, 中文 GW-BASIC 2.01。输出设备为 NEC PINWRITER P32Q 宽行点阵打印机。

## 2 程序设计

### 2.1 设计思想、程序特点和功能

计算程序遵循结构化设计思想, 其中多次采用循环语句使程序结构紧凑、简洁, 一个程序可以计算两个评估模式的参数和评估结果; 中文平台采用 UC DOS 汉字系统支持, 程序可读性好; 操作方便, 原始数据读入后, 运行过程中只需从键盘输入计算年份数(N), 即可完成所有参数的计算和评估结果的输出。

整个程序分为读入和输出原始数据(机动船的功率或吨位、渔获量, 非机动船的渔获量)、计算年内非机动船的标准捕捞力量、统计机动船和非机动船渔获量、计算年间相对渔捞效率系数、计算年间标准捕捞力量、计算标准单位捕捞力量渔获量、标准单位捕捞力量渔获量与标准捕捞力量的回归计算及最终结果—最大持续产量和最适捕捞力量等部分(图1)。

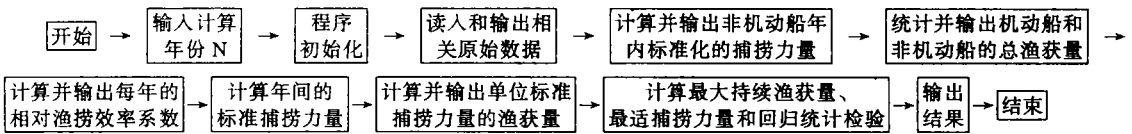


图1 资源评估计算程序框图

Fig.1 The flow chart of calculation program

本程序同时适用于计算以功率(千瓦)和吨位为标准捕捞力量单位的最大持续产量和最适捕捞力量。

### 2.2 程序中若干变量说明

$N$ —所应用的渔业统计资料的年份数(资料年限), 由 60 语句的键盘输入语句输入其值;  $P(J)$ —非机动船的年内标准捕捞力量, 由 230~270 语句完成计算并输出;  $TF(J)$ —一年内标准总捕捞力量, 由 280~320 语句完成计算并输出;  $TY(J)$ —机动船和非机动船的总渔获量, 由 350~400 语句完成该值的计算并输出;  $NJ(J)$ —每年的相对渔捞效率系数, 由 430~470 语句完成计算和输出;  $NOM(J)$ —年间标准捕捞力量, 由 480~510 语句完成计算;  $CP(J)$ —标准单位捕捞力量渔获量(CPUE), 由 530~560 语句完成计算并输出; Schaefer 和 Fox 模式中其

它待参数、最大持续产量和最适捕捞力量的计算由 570 ~ 850 语句完成。

### 3 应用实例

本例采用 1971 ~ 1994 年福建省近海捕捞业机动和非机动船的统计资料; 标准捕捞力量的单位统一为千瓦, 即非机动船的捕捞力量, 均换算为机动船的功率(千瓦)数, 在 ALR 486 计算机上进行演算。

#### 3.1 计算内容及公式

通过计算机程序计算的内容有: 福建近海捕捞业的年内标准捕捞力量、年间相对渔捞效率系数、年间标准捕捞力量、标准单位捕捞力量渔获量(CPUE)、福建近海渔业资源的 MSY 和  $f_{MSY}$ , 回归系数和 F 检验值的计算。计算公式如表 1。

表 1 福建近海渔业资源最大持续产量和最适捕捞力量计算机程序设计的计算公式

Table 1 The calculating formulas of CPUE and standarding fishing effort

标准捕捞力量	捕捞力量年内标准化计算公式(1)	年间相对渔捞效率系数( $J_i$ )计算式	捕捞力量年间标准化计算公式(2)	CPUE
总功率(kW) 总吨位	$\text{机动船功率} + \left[ \frac{\text{木船产量}}{\text{机动船产量/机动船功率}} \right]$ $\text{机动船吨位} + \left[ \frac{\text{木船产量}}{\text{机动船产量/机动船吨位}} \right]$	$J_i = \frac{\text{第 } i \text{ 年劳均产量}}{\text{第 } N \text{ 年劳均产量}}$	$\text{式(1)} \times J_i$	$\frac{\text{年总产量}}{\text{式(2)}}$

#### 3.2 计算结果

据表 1 公式, 将收集到的原始资料稍加整理, 确定计算年份数后即可上机演算。本例的资料年限为 24 年(1971 ~ 1994 年)。年间相对渔捞效率系数( $J_i$ )的计算, 以 1994 年的劳均渔获量除第  $i$  年的劳均渔获量, 表 2 系以功率(kW)为标准捕捞力量为单位的估算结果。

表 2 福建近海渔业资源最大持续产量和最适捕捞力量的计算结果

Table 2 The results of calculated MSY and  $f_{MSY}$

年份	相对渔捞效率系数	年间标准总捕捞力量	CPUE	LnU	年份	相对渔捞效率系数	年间标准总捕捞力量	CPUE	LnU
1971	0.448444	106594	2.25521	0.81324	1972	0.431831	106268	2.28188	0.82499
1973	0.403164	131332	1.88180	0.63223	1974	0.372035	150071	1.64193	0.49587
1975	0.391816	116326	2.24742	0.80978	1976	0.409999	130528	2.34532	0.85242
1977	0.410798	151586	2.04647	0.71612	1978	0.411624	160875	1.95309	0.69941
1979	0.388887	166647	1.79576	0.58543	1980	0.384521	188043	1.63042	0.48884
1981	0.383297	199469	1.58385	0.45986	1982	0.398307	227561	1.49576	0.40264
1983	0.479598	304232	1.33896	0.29189	1984	0.472591	306363	1.35895	0.30671
1985	0.489710	374420	1.23691	0.21262	1986	0.514363	435028	1.13823	0.12947
1987	0.622188	593241	1.06691	0.06476	1988	0.632118	678688	0.97217	-0.02822
1989	0.672879	831598	0.88423	-0.12304	1990	0.679029	934587	0.79874	-0.22473
1991	0.739943	1051750	0.78644	-0.24024	1992	0.837491	1318636	0.70354	-0.35163
1993	0.935119	1650961	0.68150	-0.38346	1994	1.000000	1996623	0.69034	-0.37057

用 Schaefer 模型计算的 MSY = 1032193,  $f_{MSY} = 1087328$

用 Fox 模型计算的 MSY = 1002669,  $f_{MSY} = 1414679$

### 4 结束语

渔业资源评估是渔业管理的基础工作之一, 历来为渔业科技工作者所重视。然而, 由于其所涉及的学科较多, 又由于计算繁琐, 在过去科学技术不是很发达的年代, 要进行深入的调查研究, 必然耗费大量人力和物

力。因而,在一定程度上制约了该学科的发展,也曾一度困扰着水产科技工作者。随着科学技术的发展,特别是计算机技术的引入,过去人们认为难以做到的事情,今天在计算机面前迎刃而解,从而重振了人们对资源评估工作的热情和信心,使得人们对这项工作有了新的认识。本研究课题设计出的计算机程序,不但解决了资源评估计算繁琐、费时的难题,而且使得计算结果精度大大提高。该程序的设计完成,为今后继续动态评价和管理福建省近海渔业资源以及各种分作业的管理、调整提供科学手段,具有重要的现实和深远意义。

该程序也可作为其它省份近海渔业资源评估以及计算机应用于水产业其它方面工作的参考。

## 参 考 文 献

- 陈卫忠和李长松.1995.用判别函数进行鱼类种群鉴别的计算机程序实现方法.水产学报,19(1):88~94.  
 邹仁林等.1984.电子计算机在海洋生物分类中的应用.海洋学报,6(2):245~252.  
 赵燕等.1996.计算机技术在研究鱼类种群数量变动的应用.水产科学,15(2):25~28.  
 徐旭才.1989.体长股分析的 BASIC 计算程序.厦门大学学报(自然科学版),28(4):439~440.  
 曹渠江.1988. IBM AT 计算机上的 von Bertalanffy 鱼类生长方程的计算程序设计.水产学报,12(1):71~80.  
 戴泉水等.1991.渔获量预报软件的编制及 dBASE III 数据库的应用.福建水产,(3):1~9.

## 附 录:

## 程 序 清 单

```

10 REM "本程序计算用 Schaefer and Fox 模型估算的 MSY and fMSY"
20 REM .....
60 INPUT "N=" ;N
70 DIM X(N,N),P(N),TY(N),K(N),T(N),NJ(N),NOM(N),F(N),CP(N),LU(N)
80 LPRINT "各年非机动船的产量:"
90 FOR I=1 TO 4
100 IF I=2 THEN LPRINT "各年机动船的产量:"
110 IF I=3 THEN LPRINT "各年机动船的原始捕捞力量:"
120 FOR J=1 TO N
130 READ X(I,J)
140 IF I=4 THEN 160
150 LPRINT X(I,J);
160 NEXT J
170 IF I=4 THEN 190
180 LPRINT " "
190 NEXT I
200 RESTORE
210 LPRINT
220 I=1
230 LPRINT "各年非机动船的标准捕捞力量:"
240 FOR J=1 TO N
250 P(J)=X(I,J)/(X(I+1,J)/X(I+2,J))
260 LPRINT P(J);
270 NEXT J
280 LPRINT "各年的标准总捕捞力量:"
290 FOR J=1 TO N
300 T(J)=P(J)+X(I+2,J)
310 LPRINT T(J);
320 NEXT J
330 LPRINT " "
340 RESTORE
350 LPRINT "各年的总产量:"
360 FOR J=1 TO N
370 I=1
380 TY(J)=X(I,J)+X(I+1,J)
390 LPRINT TY(J);
400 NEXT J
410 LPRINT " "
420 RESTORE
430 LPRINT "各年的渔捞效率系数:"
440 FOR J=1 TO 24
450 NJ(J)=X(4,J)/X(4,N)
460 LPRINT NJ(J);
470 NEXT J
480 LPRINT " "
490 FOR J=1 TO N
500 NOM(J)=T(J)*NJ(J)
510 NEXT J
520 LPRINT "各年的标准捕捞力量、单位捕捞力量渔获量及其对数:"
530 FOR J=1 TO N
540 CP(J)=TY(J)/NOM(J)

```

```

550 LU(J) = LOG(CP(J))
560 LPRINT "F(";J;" )=";NOM(J),"CPUE(";J;" )=";
    CP(J),"LnU(";J;" )=";LU(J)
570 F1 = F1 + NOM(J)
580 CPO = CPO + CP(J)
590 CP1 = CP1 + LU(J)
600 TA = TA + NOM(J) * CP(J)
610 TB = TB + NOM(J) * NOM(J)
620 TC = TC + CP(J) * CP(J)
630 T1 = T1 + NOM(J) * LU(J)
640 T2 = T2 + NOM(J) * NOM(J)
650 T3 = T3 + LU(J) * LU(J)
660 NEXT J
670 LPRINT " "
680 Q = F1/N
690 K0 = CPO/N
700 K1 = CP1/N
710 B0 = (TA - N * Q * K0)/(TB - N * Q * Q)
720 B1 = (T1 - N * Q * K1)/(T2 - N * Q * Q)
730 A0 = K0 - B0 * Q
740 A1 = K1 - B1 * Q
750 UK = EXP(A1)
760 R0 = (TA - N * Q * K0)/SQR((TB - N * Q * Q) * (TC
    - N * K0 * K0))
770 R1 = (T1 - N * Q * K1)/SQR((T1 - N * Q * Q) * (T3 -
    N * K1 * K1))
780 FJ0 = R0 * R0/(1 - R0 * R0) * (N - 2)
790 FJ1 = R1 * R1/(1 - R1 * R1) * (N - 2)
800 LPRINT "用 Schaefer 模型计算的结果:"
810 LPRINT "a=";A0,"b0=";B0;"r0=";R0;"F0=";FJ0
820 MSY0 = A0 * A0/(4 * (- B0))
830 fMSY0 = A0/(2 * (- B0))
840 MSY1 = Uk/(2.7183 * (- b1))
850 fMSY1 = 1/(- B1)
860 LPRINT "MSY0=";MSY0,"fMSY0=";fMSY0
870 LPRINT " "
880 LPRINT "用 Fox 模型计算的结果:"
890 PRINT "a1=";A1;
900 LPRINT "UK=";UK,"b1=";B1;"r1=";R1;"F1=";
    FJ1
910 LPRINT "MSY1=";MSY1,"fMSY1=";fMSY1
920 DATA.....
930 DATA.....
940 DATA.....
950 END

```