

用计算机进行绿鳍马面鲈 资源评估和产量预报

陈卫忠 郑元甲 李长松

(中国水产科学研究院东海水产研究所, 上海 200090)

摘要 用实际种群分析(VPA)法,以计算机为工具,对东海绿鳍马面鲈资源量及产量作估算和预报。在10多年的工作中,以计算机技术的发展为基础,对评估方法作了改进,使得评估效率和精度都有所提高,实践表明,评估结果对渔业生产和管理部门有一定的参考价值。

关键词 绿鳍马面鲈,资源评估,产量预报

中图分类号 S932.4

绿鳍马面鲈(*Thamnaconus septentrionalis* Günther)是东海区重要的经济鱼类之一,最高年产量达33万吨(1987,1989),自1974年开发利用以来,一直是各大渔业公司的主要捕捞对象,在各渔业公司的生产经营中有极其重要的经济地位,对马面鲈资源的评估和产量的预报一直是各渔业生产单位极其关心的问题。许永明和浦仲生[1987]曾用 Beverton—Holt 数理模型对马面鲈资源特征和最大可捕量进行了分析。东海水产研究所自80年代初期开始应用实际种群分析法进行绿鳍马面鲈资源评估和产量预报的工作,1987年以后,马面鲈资源评估和产量预报已作为东海区渔业资源动态监测中的一项常规监测任务,每年都要进行评估和作出预报,在马面鲈渔业生产中起到了较好的指导作用。进行马面鲈资源评估及产量预报工作,通常要用到相应的数学模型进行较为复杂的运算和分析。用手工方法和计算器计算费时较长且准确性较差。东海水产研究所资源室自80年代中期开始运用计算机进行绿鳍马面鲈资源评估和产量预报的工作,但由于受计算机运算速度和其它性能的影响,资源评估和产量预报工作还不尽如人意。1991年在东海区渔政局的资助下,各监测站又添置了性能较好的386电脑,使得该项工作如虎添翼,大大提高了运算速度和准确性,特别是近几年来,通过不断改进和探索,在运用计算机编程进行绿鳍马面鲈资源评估和产量预报工作方面积累了一定的经验,本文就这一方面作一介绍,供今后深入改进海区渔业资源监测工作参考。

1 材料与方 法

绿鳍马面鲈资源评估和产量预报工作所用的马面鲈生物学资料为海区站和有关渔业公司每年有关马面鲈渔获取样测定资料(体长、体重等),每年渔获物的年龄结构是根据体长组成按钱世勤和胡雅竹[1980]的年龄生长资料换算所得;换算时将各年的马面鲈体长组成频率数据

按其体长年龄组成分布表将各体长组的数据分解到各年龄组内,然后累计求得各年马面鲈的年龄组成。绿鳍马面鲈的自然死亡系数 M , 我们参考了有关的资料并通过计算选定为 $M=0.3617$, 产量数据为东海区渔政局的年度统计资料。资源评估和产量预报方法采用实际种群分析(VPA)法,用中文 GWbasic 语言编程运算。绿鳍马面鲈历年渔获量及渔获物年龄结构见表(1)。

表1 1976~1996年绿鳍马面鲈渔获物取样及其年龄组成(%)

Tab. 1 The samplings and age composition(%) of the filefish in 1976-1996

年份	1龄鱼	2龄鱼	3龄鱼	4龄鱼	5龄鱼	6龄鱼	7龄鱼	取样尾数
1976	1.03	16.45	54.68	20.37	5.00	1.48	0.99	3118
1977	4.54	50.58	32.43	10.29	1.49	0.28	0.13	6364
1978	9.00	36.78	37.67	11.74	3.22	0.91	0.68	3510
1979	7.36	50.83	28.85	8.27	2.92	1.06	0.71	7646
1980	2.18	55.78	26.92	10.01	3.76	1.01	0.34	2976
1981	4.31	44.55	36.45	10.54	2.75	0.76	0.64	2505
1982	3.16	16.25	47.53	22.42	6.88	2.07	1.96	2658
1983	5.84	24.31	34.50	22.29	7.37	2.45	3.24	3270
1984	27.29	53.16	14.20	3.15	0.92	0.53	0.75	4914
1985	72.35	18.50	6.26	1.69	0.63	0.29	0.24	2077
1986	26.52	64.32	6.15	1.72	0.69	0.28	0.32	8558
1987	19.99	60.12	15.74	2.25	1.21	0.45	0.24	2891
1988	23.37	59.24	16.27	1.14	0.08			4065
1989	1.59	62.55	28.07	6.11	1.30	0.37		5681
1990	40.74	38.32	15.61	4.00	0.77	0.14	0.43	2878
1991	3.83	30.96	22.65	4.41	2.34	0.62	0.42	2010
1992	67.85	10.48	5.44	8.90	4.46	1.93	0.94	1675
1993	12.47	72.92	12.81	0.69	0.55	0.35	0.21	1444
1994	92.59	7.41						378
1995	86.57	13.43						67
1996	96.53	3.47						836

实际种群分析法的原理是根据渔获物年龄结构、渔获量及捕捞死亡系数,以鱼类世代为线索,从当前向过去和将来推算资源量,其主要计算公式为

$$C_i = \frac{F_i N_i}{Z_i} (1 - e^{-Z_i}) \quad (1)$$

$$\frac{C_i}{N_{i+1}} = \frac{F_i}{N_i} (e^{Z_i} - 1) \quad (2)$$

$$N_{i+1} = N_i e^{-Z_i} \quad (3)$$

计算时,首先将绿鳍马面鲈的体长组成资料换算成年龄组成,由于样品的分布面较广,数量较多,具有良好的代表性,根据马面鲈样品的年龄组成及其总渔获量(仅限国内)计算出马面

鲈历年各年龄组的渔获尾数(表2)。当已知鱼类自然死亡系数 M ，且每年各年龄组的 M 基本不变时，我们即可利用公式(1)~(3)及表2向过去逆算，逆算出马面鲈历年各龄鱼的捕捞死亡系数 F_{ij} 及资源尾数 N_{ij} ，在此基础上向将来推算，即可求出下一年(预报年份)各年龄组(1龄组除外)的资源尾数 $N_{(i+1,j+1)}$ 。

表2 1976~1996年绿鳍马面鲈各年龄组渔获尾数和总渔获量(10⁴尾)

Tab. 2 The total landings and age composition of the filefish in 1976-1996

年份	1龄鱼	2龄鱼	3龄鱼	4龄鱼	5龄鱼	6龄鱼	7龄鱼	总渔获量(吨)
1976	26.94	97.64	597.65	341.76	114.48	33.67	18.52	210899
1977	76.37	1376.83	633.81	109.92	9.99	3.57	2.86	216067
1978	350.38	1929.25	821.88	140.58	17.30	3.92	0.11	274278
1979	48.15	456.63	238.85	71.96	18.68	4.63	1.54	87817
1980	22.23	867.95	403.28	71.98	10.58	2.12	1.06	139615
1981	72.12	808.82	611.15	153.86	39.00	12.29	8.01	192114
1982	3.18	189.66	711.46	311.26	104.81	30.85	19.06	223906
1983	29.12	150.88	189.07	130.46	40.46	9.45	6.05	78098
1984	317.09	1482.41	422.13	138.73	47.56	13.87	5.95	212646
1985	2613.45	719.91	217.79	42.35	6.05	6.05	6.05	218696
1986	1325.01	3680.32	128.23	16.87	2.22	0.29	0.04	315000
1987	439.34	3242.11	751.77	93.00	38.02	12.83	4.12	337000
1988	506.30	1244.72	366.57	46.61	10.97	2.74	0.91	173136
1989	119.22	2963.00	689.17	107.59	18.90	4.36	0.01	336387
1990	2869.07	1710.29	361.15	66.30	10.55	1.51	3.52	315335
1991	209.85	1074.16	407.26	53.35	24.90	5.34	2.67	161159
1992	1290.63	277.02	49.3	95.56	57.98	15.03	5.37	122523
1993	72.32	422.84	72.27	4.00	3.22	1.81	1.20	46000
1994	79.92	6.04						4000
1995	35.76	5.53						2000
1996	126.18	4.53						6000

在用式(1)和式(2)求算捕捞死亡系数 F 时，通常要用迭代法反复迭代才能求出它的数字解。过去由于受计算机运算速度的限制，该项计算是非常费时费力的。因此，Pope[1972]提出了近似公式

$$N_i = N_{i+1}e^M + C_i e^{M/2}$$

在根据 $i+1$ 年的资源量 N_{i+1} 推算 i 年的资源量 N_i 时，抛弃了求算捕捞死亡系数 F_i 的过程。使得计算过程较为简单，但 Pope 近似公式的应用有特定前提，即自然死亡系数 M 小于 0.3 及捕捞死亡系数 F 小于 1.2，否则将产生较大的误差。

此外，当年和历年渔获量大年龄组的捕捞死亡系数(即初始值)的估算是一个较大的难题，因此，一般利用开发率等进行精略估算，必然对推算的精度有一定影响，特别是进行下一年度预报时，误差更大。

由于计算机技术的飞速发展,我们根据多年的评估和预报经验,进行不断改进,较好地解决了上述两个问题。

在进行 VPA 法分析时,我们抛弃了传统的 Pope 近似法,而是根据经典公式(1)和(2)进行反复迭代求解捕捞死亡系数 F 的值。当前386以上的电脑已能完全满足该项计算。

通过分析,我们认为,绿鳍马面鲀2龄以上鱼的捕捞死亡系数比较接近,即网具对2龄以上鱼已没有选择性。此外,在相近的数年内,各龄鱼的捕捞死亡系数也比较接近。

因此,我们在进行首次推算后,把历年2龄以上鱼捕捞死亡系数 F 的平均值作为历年最大年龄组的 F (即初始值),把近3年各龄鱼的捕捞死亡系数 F 作为当年各龄鱼的 F (初始值),再次进行推算,在得到第二次推算结果后,以同样的方法进行第三次推算,以此类推,进行反复迭代推算,直到二次推算结果很接近为止(我们取二次推算单项 F 值的误差小于0.001时为止)。试验表明,采用该循环迭代法后, F 初始值的误差对推算结果已没有什么影响,可在一定范围内任选,实际上也用不着人为地估算和输入 F 的初始值了,我们在运算时均由计算机自动赋值,不需要输入 F 的初始值。

2 结果与分析

进行绿鳍马面鲀资源评估和产量预报的程序是作者所编的渔业资源评估及产量预报系统的一部分,整个系统分设定参数、输入原始数据、修改或增加数据、计算及打印结果、计算及显示结果5个部分。在设定参数中可选择需要评估预报的鱼种、选择预报年份、选择评估模式以及需要打印输出的数据年份数(计算机将计算历史上所有可计算年份的数据,而有时我们仅要求了解近几年的情况)。

作者所编的实用种群分析(VPA)进行鱼类资源评估和产量预报的程序可输出鱼类历年以及预报年份各年龄组的资源尾数、资源重量、渔获尾数、渔获重量和捕捞死亡系数。在进行绿鳍马面鲀资源评估及产量预报时,可输出自1976年到预报年份绿鳍马面鲀各年龄组的资源尾数、资源重量、渔获尾数、渔获重量及捕捞死亡系数。由于篇幅的关系,我们仅列出了1991年以来各年的数据(表3)。

表3 1991~1997年马面鲀可捕资源量及渔获产量的估算

Tab. 3 The calculated stock sizes and yields of filefish in 1991-1997

年龄		1	2	3	4	5	6	7	合计	实际捕捞 产量(吨)
1991年	资源数量(10^6 尾)	860.87	1280.54	624.13	158.76	55.60	14.50	3.37	2997.76	
	资源重量(吨)	38739.06	90918.68	85505.74	30322.49	12843.01	4116.85	1313.95	263769.80	
	渔获数量(10^6 尾)	206.13	1073.59	406.69	53.85	24.76	5.35	2.67	1773.04	
	渔获重量(吨)	9275.99	76224.78	55716.24	10286.13	5718.64	1519.27	1041.30	159782.30	161159.00
	捕捞死亡系数	0.332	2.672	1.372	0.508	0.732	0.566	2.200	1.568	
1992年	资源数量(10^6 尾)	2113.47	430.18	61.63	110.23	66.54	18.62	5.73	2806.41	
	资源重量(吨)	95106.08	30542.98	8443.93	21054.32	15371.60	5286.91	2234.81	178040.60	
	渔获数量(10^6 尾)	1286.85	277.26	49.39	95.54	57.97	15.04	5.37	1787.42	
	渔获重量(吨)	57908.33	19685.53	6766.60	18247.27	13390.74	4271.26	2094.30	122364.00	122523.00
	捕捞死亡系数	1.206	1.343	2.278	3.087	3.167	2.339	5.617	1.387	

·续表·

年龄		1	2	3	4	5	6	7	合计	实际捕捞 产量(吨)
1993年	资源数量(10 ⁶ 尾)	91.05	440.68	78.24	4.40	3.50	1.95	1.25	621.08	
	资源重量(吨)	4097.40	31288.66	10718.40	840.47	809.28	554.81	487.65	48796.68	
	渔获数量(10 ⁶ 尾)	72.37	422.84	74.27	4.00	3.22	1.81	1.20	579.71	
	渔获重量(吨)	3256.47	30021.64	10175.02	764.08	743.85	514.03	468.00	45943.08	46000.00
	捕捞死亡系数	2.219	8.598	6.871	4.128	4.532	4.904	8.642	7.379	
1994年	资源数量(10 ⁶ 尾)	97.60	6.89	0.06	0.06	0.05	0.03	0.01	104.70	
	资源重量(吨)	4392.15	489.40	7.76	10.80	11.41	7.46	3.94	4922.92	
	渔获数量(10 ⁶ 尾)	79.90	6.40	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	86.35	
	渔获重量(吨)	3595.56	454.42	1.37	1.91	2.31	2.82	3.90	4062.29	4000.00
	捕捞死亡系数	2.446	5.021	0.234	0.234	0.273	0.586	38.264	2.615	
1995年	资源数量(10 ⁶ 尾)	47.47	5.89	0.03	0.03	0.03	0.03	0.01	53.48	
	资源重量(吨)	2135.94	418.05	4.34	5.96	7.20	7.44	3.97	2582.89	
	渔获数量(10 ⁶ 尾)	35.77	5.53	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	41.35	
	渔获重量(吨)	1609.59	392.63	1.36	1.93	2.29	2.85	3.90	2014.55	2000.00
	捕捞死亡系数	1.907	5.790	0.459	0.479	0.469	0.596	20.430	2.335	
1996年	资源数量(10 ⁶ 尾)	164.51	4.91	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	169.48	
	资源重量(吨)	7402.77	348.71	1.72	2.66	3.11	3.86	3.92	7766.75	
	渔获数量(10 ⁶ 尾)	126.18	4.53	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01130.76		
	渔获重量(吨)	5678.10	321.63	1.37	1.91	2.31	2.84	3.90	6012.06	6000.00
	捕捞死亡系数	2.000	4.684	2.243	1.687	1.835	1.798	70.509	2.082	
1997年*	资源数量(10 ⁶ 尾)	164.51	15.51	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01	262.30	
	资源重量(吨)	7402.77	1100.95	4.33	0.18	0.42	0.43	0.61	8509.68	
	渔获数量(10 ⁶ 尾)	126.18	14.30	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01	140.51	
	渔获重量(吨)	5678.10	1015.45	3.45	0.13	0.31	0.31	0.61	6698.36	4000.00
	捕捞死亡系数	2.000	4.684	2.243	1.687	1.835	1.798	70.509	2.232	
1997年**	资源数量(10 ⁶ 尾)	246.76	15.51	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01	262.30	
	资源重量(吨)	11104.15	1100.95	4.33	0.18	0.42	0.43	0.61	12211.06	
	渔获数量(10 ⁶ 尾)	189.27	14.30	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01	203.60	
	渔获重量(吨)	8517.15	1015.45	3.45	0.13	0.31	0.31	0.61	9537.41	
	捕捞死亡系数	2.000	4.684	2.243	1.687	1.835	1.798	70.509	2.159	

注：* 假设1997年的捕捞死亡系数和1996年一样大，1997年1龄鱼的资源量等于1996年1龄鱼的资源量。* * 假设1997年的捕捞死亡系数和1996年一样大，1997年1龄鱼的资源量等于1996年1龄鱼资源量的1.5倍。

从近年绿鳍马面鲈的预报产量和实际捕捞产量(表4)来看，预报产量趋势和实际产量基本一致，有些年份的预报值和实际产量相当接近(如1994和1995年)。有些年份的预报值和实际产量有较大的差距(如1993和1996年)。1992年，由于各渔业公司使用了变水层拖网在济洲岛西部渔场捕捞了9万吨绿鳍马面鲈幼鱼，而该渔场的幼鱼以前从未利用过，因此，1992年是比较特殊的一年，实际产量要比预报产量高。

表4 近年绿鳍马面鲀预报产量和实际产量(万吨)

Tab. 4 The predicted yields and the actual Landings the filefish in recent years (Ten thousand ton)

年 份	1991	1992	1993	1994	1995	1996
预报产量	20.5~23.9	5.8~7.6	9.8~11.5	0.4	0.17~0.26	0.1~0.15
实际产量	16.1	12.3	4.6	0.4	0.2	0.6

Pope[1972]认为,用VPA方法对捕捞死亡系数F值进行逆算时,F值将逐渐向真实的捕捞死亡系数逼近。即具有一种收敛的效果,从而可估算出比较接近实际的资源量。当用VPA方法对下一年的渔获产量进行预报时,其计算误差要大于对历史情况的逆算。再加上有关预报年份鱼类补充量情况往往是很难得知的,而是根据经验估算,影响了预报精度,其影响的大小将取决于补充群体在渔获量中的比例。过去,当绿鳍马面鲀资源状况较好时,由于捕捞的基本上是2龄以上群体,对1龄补充群体的捕捞较少,因此,影响不大。而近几年来,由于绿鳍马面鲀渔获大部分为1龄补充群体,补充群体的估算误差将较大程度地影响预报的准确性(如1992年)。今后还应探讨利用其它途径对预报年份的补充群体进行估算,进而提高预报的精度。

近年来,上海海洋渔业发展公司、舟山海洋渔业公司和宁波海洋渔业公司为预报工作不断提供了马面鲀生物学和渔情资料,东海区渔政渔港监督管理局提供了产量统计资料,在此一并致谢。

参 考 文 献

- 许水明,浦仲生. 1987. 应用Beverton-Holt数理模式分析马面鲀资源特征和最大可捕量,东海绿鳍马面鲀论文集,上海:学林出版社,123~135.
- 钱世勤,胡雅竹. 1980. 绿鳍马面鲀年龄和生长的初步研究,水产学报,4(2):197~206.
- Pope J G. 1972. An investigation of the accuracy of virtual population analysis. Int. Comm. Northwest Atl. Fish Res Bull. (9): 65~74.

STOCK ASSESSMENT AND CATCH PREDICTION OF THE FILEFISH, *THAMNACONUS SEPTENTRIONALIS*, WITH THE HELP OF MICROCOMPUTER

CHEN Wei-Zhong, ZHENG Yuan-Jia, LI Chang-Song
(East China Sea Fisheries Research Institute, CAFS, Shanghai 200090)

ABSTRACT Stock assessment and catch prediction of the filefish, *Thamnaconus septentrionalis*, have been carried out for more than 10 years by using Virtual Population Analysis (VPA) with the help of microcomputer. With the development of microcomputer technology, the assessment method was also improved. The results from practice showed that the present work is useful to both fishing industry and fishery management.

KEYWORDS *Thamnaconus septentrionalis*, stock assessment, catch prediction