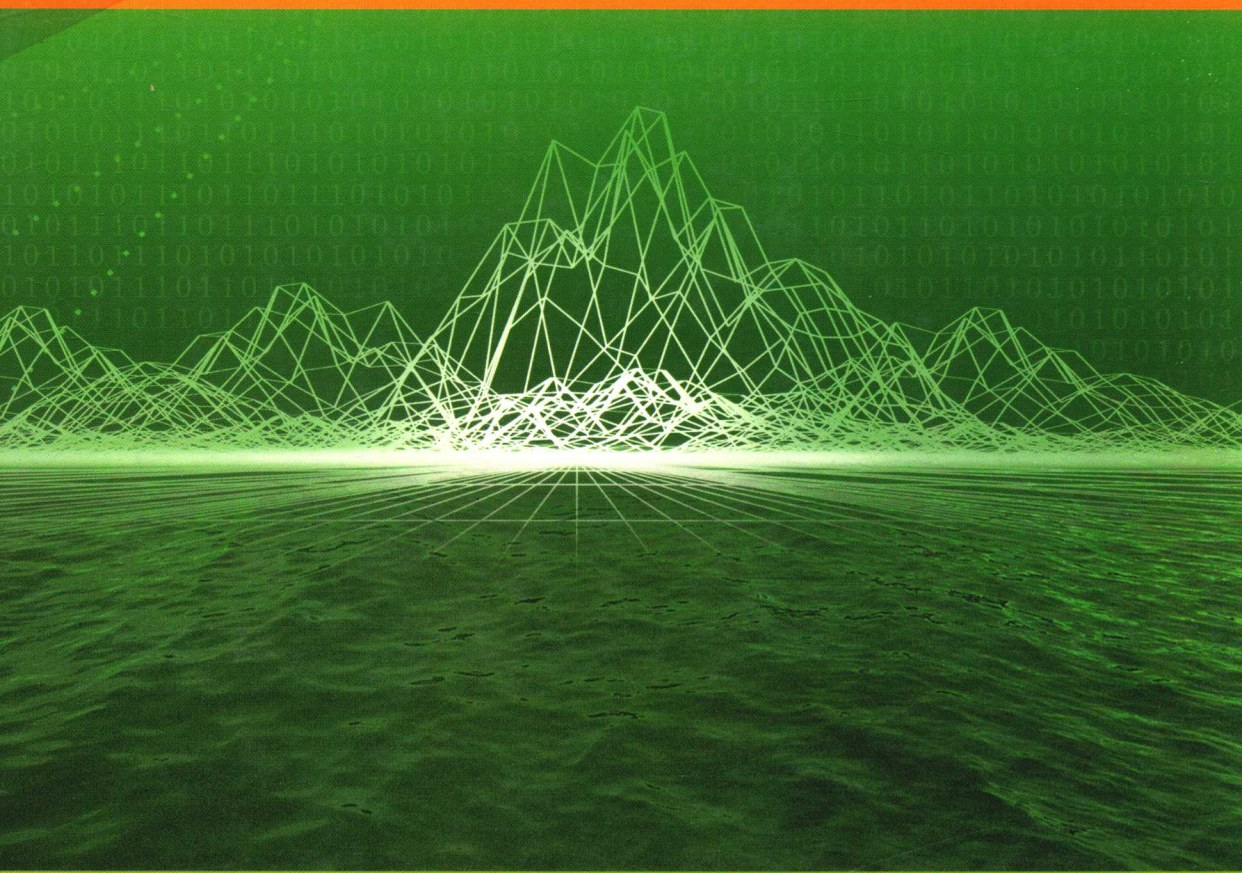


The Application and research
of Mathematical Model
in Ecology



数学模型在生态学 的应用及研究

杨东方 苗振清 主编



 海洋出版社

数学模型在生态学的应用及研究(1)

Application and research of mathematical model in ecology(1)

杨东方 苗振清 主编

海洋出版社

2008年·北京

内 容 摘 要

本书主要介绍了各种各样的数学模型在生态学不同领域的应用,如在地理、地貌、水文、水动力以及环境变化、生物变化和生态变化等领域的应用。详细阐述了数学模型建立的背景、数学模型的组成、结构及其数学模型应用的意义。

本书适合气象学、地质学、海洋学、环境学、生物学、生物地球化学、生态学、陆地生态学、海洋生态学和海湾生态学等有关领域的科学工作者和相关学科的专家参阅,也适合高等院校师生作为教学和科研的参考。

图书在版编目(CIP)数据

数学模型在生态学的应用及研究. 1/杨东方,苗振清

主编. —北京:海洋出版社,2008. 7

ISBN 978 - 7 - 5027 - 7046 - 4

I. 数… II. ①杨…②苗… III. 数学模型 - 应用 - 生态学 - 研究 IV. Q14

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 095748 号

责任编辑:方 菁

责任印制:刘志恒

海洋出版社 出版发行

<http://www.oceanpress.com.cn>

北京市海淀区大慧寺路 8 号 邮编:100081

北京海洋印刷厂印刷 新华书店北京发行所经销

2008 年 7 月第 1 版 2008 年 7 月第 1 次印刷

开本:787 mm × 1092 mm 1/16 印张:19

字数:580 千字 定价:60.00 元

发行部:62147016 邮购部:68038093 总编室:62114335

海洋版图书印、装错误可随时退换

编 委 会

主 编 杨东方 苗振清

副主编 邓一兵 王伟定 殷月芬 蔡惠文 朱爱意

编 委 (按姓氏笔画为序)

马兆党 尹琳琳 邓 婕 卢金树 孙静亚

余卫娟 陈 豫 陈吉祥 金卫红 胡海燕

高 锋 崔维刚 常彦祥 黄 宏 童元正

前 言

细大尽力,莫敢怠荒,远迹辟隐,专务肃庄,端直敦忠,事业有常。

——《史记·秦始皇本纪》

数学模型研究可以分为两大方面:定性和定量的,要定性地研究,提出的问题是:“发生了什么?或者发生了没有?”,要定量地研究,提出的问题是“发生了多少?或者它如何发生的?”。前者是对问题的动态周期、特征和趋势进行了定性的描述,而后者是对问题的机制、原理、起因进行了定量化的解释。然而,生物学中有许多实验问题与建立模型并不是直接有关的。于是,通过分析、比较、计算和应用各种数学方法,建立反映实际的且具有意义的仿真模型。

生态数学模型的特点为:(1)综合考虑各种生态因子的影响。(2)量化描述生态过程,阐明生态机制和规律。(3)能够动态的模拟和预测自然发展状况。

生态数学模型的功能为:(1)建造模型的尝试常有助于精确判定所缺乏的知识和数据,对于生物和环境有进一步定量了解。(2)模型的建立过程能产生新的想法和实验方法,并缩减实验的数量,对选择假设有所取舍,完善实验设计。(3)与传统的方法相比,模型常能更好地使用越来越精确的数据,从生态的不同方面所取得材料集中在一起,得出统一的概念。

模型研究要特别注意:(1)模型的适用范围:时间尺度、空间距离、海域大小、参数范围。例如,不能用每月的个别发生的生态现象来检测1年跨度的调查数据所做的模型。又如用不常发生的赤潮的赤潮模型来解释经常发生的一般生态现象。因此,模型的适用范围一定要清楚。(2)模型的形式是非常重要的,它揭示内在的性质和本质的规律,来解释生态现象的机制和生态环境的内在联系。因此,重要的是要研究模型的形式,而不是参数,参数是说明尺度、大小、范围而已。(3)模型的可靠性。由于模型的参数一般是从实测数据得到的,它的可靠性非常重要,这是通过统计学来检测。只有可靠性得到保证,才能用模型说明实际的生态问题。(4)解决生态问题时,所提出的观点,不仅从数学模型支持这一观点,还要从生态现象、生态环境等各方面的事实来支持这一观点。

本书以生态数学模型的应用和发展为研究主题,介绍数学模型在生态学不

同领域的应用,如在地理、地貌、气象、水文和水动力,以及环境变化、生物变化和生态变化等领域的应用。详细阐述了数学模型建立的背景、数学模型的组成和结构以及数学模型应用的意义。认真掌握生态数学模型的特点和功能以及注意事项。生态数学模型展示了生态系统的演化过程和生态数学模型预测了自然资源可持续利用。通过本书的学习和研究,促进自然资源、环境的开发与保护,推进生态经济的健康发展,加强生态保护和环境恢复。

本书获得浙江海洋学院出版基金、浙江海洋学院承担的“舟山渔场渔业生态环境研究与污染控制技术开放”和“近海水域预防环境污染养殖模型”项目、国家“863”计划“人工鱼礁生态增殖及海域生态调控技术”(2006AA100303)、国家科技支撑计划“东海区名优种类增殖放流技术开发与示范”(2007BAD43B02)、海洋公益性行业科研专项经费“海洋溢油污染的多元鉴别与生物修复技术”(200705011)、国家海洋局青年基金课题“TiO₂光催化监测海水中总氮(TON)、总磷(TOP)的新技术”(2005602)、国家支撑计划“东海区浅海健康高效养殖技术开发与示范”(2007BAD43B07)、浙江海洋学院博士科研启动基金项目(21105010807)和国家海洋局北海环境监测中心主任科研基金—长江口、胶州湾、莱州湾及其附近海域的生态变化过程(05EMC16)的共同资助下完成。

此书得以完成应该感谢国家海洋局北海环境监测中心高振会主任和上海海洋大学的李家乐院长;还要感谢刘瑞玉院士、冯士筭院士、胡敦欣院士、唐启升院士、汪品先院士、丁德文院士和张经院士。诸位专家和领导给予的大力支持,提供良好的研究环境,成为我们科研事业发展的动力引擎。在此书付梓之际,我们诚挚感谢给予许多热心指点和有益传授的其他老师和同仁。

本书内容新颖丰富,层次分明,由浅入深,结构清晰,布局合理,语言简练,实用性和指导性强。由于作者水平有限,书中难免有疏漏之处,望广大读者批评指正。

沧海桑田,日月穿梭。抬眼望,千里尽收,祖国在心间。

杨东方 苗振清
2008年4月16日

目 次

大黄鱼各轮组耳石边缘增长率(1)	(1)
大黄鱼成熟系数	(3)
划分大黄鱼亚种的 75% 法则	(5)
鱼群间形态特征差异系数值	(7)
海底浅地层探层声呐方程及声音在海底浅地层的传播损失	(9)
折光计法测鱼类含脂量	(12)
同轴型全息术原理	(14)
根据位涡度守恒原理求得的气流偏角与地形的关系式	(17)
杰式模式中最大风速半径与台风中心示度的关系及标准风暴增水高度的计算	(20)
大黄鱼生殖力系数	(23)
风应力涡度	(25)
非均匀海内联系风场和全流场的方程	(27)
碘量法测定陶罐装混合毒品中铜的含量及铜的渗出率	(29)
相对输沙力	(31)
索式法提取大黄鱼脂肪含脂量的百分数	(33)
电解海水的理论依据	(38)
海底地壳热流及热导率	(40)
离子选择性电极在酸度计上的电位差及其测定的海带碘含量	(42)
浅地层剖面仪的工作频率、放大器通频带和分辨率	(44)
海浪纵向输沙波能输沙公式综合式和拉勒斯式修订式	(46)
海潮流横向输沙能流 - 泥沙连续方程及剪应力 - 推移质输沙公式	(50)
水下地形图对比计算冲淤量	(53)
中深层剖面仪垂直入射声脉冲的反射系数和透射系数	(55)
中层剖面仪等灵敏度等间距的水听器阵方向特性	(57)
船舶设计流体动力学的公式及风压公式	(59)
钷钾法计算海水年龄的公式	(61)
曼氏无针乌贼血细胞吞噬百分比、吞噬指数及核质比	(63)
条斑星鲷的特定生长率及生态转化效率	(65)
鱼类群落结构多样性分析	(67)

海岸工程水动力学数学模型主要控制方程	(69)
海洋生态系统中放射性核素在海水中的浓度场分布及放射性核素转移的方程组	(72)
码元软判决信息	(75)
浮游生物数学形态特征及纹理特征	(77)
遗传相似性、遗传距离及遗传多样性指数	(80)
重金属富集程度的单因子评价模式	(82)
宽壳全海笋稚贝呼吸率、排泄率、存活率及氨氮对宽壳全海笋稚贝的半致死浓度及安全 浓度	(84)
大西洋浪蛤耗氧率及排氨率	(86)
菲律宾蛤仔性腺发育生物学零度计算方法	(88)
海底底质声学性质原位测量技术原理	(90)
Freundlich 拟合方程	(92)
电导率、氯度和密度的关系	(94)
利用海洋进行废物处理的可能性	(96)
液体波动解析函数	(98)
卤水矿化度与比重之间的关系	(100)
海面辐射的计算	(103)
聚类分析的距离系数公式	(105)
铁锰结核时 Eh 和 pH 的平衡方程	(107)
黑潮主轴上的温度边界条件方程	(109)
台风潮全流运动方程	(111)
棕绳采苗器对贻贝幼虫的影响	(113)
通过测得的风速来计算海面的风应力	(115)
湍流挟卷速度与密度界面总体 Richardson 数之间的负幂次规律	(117)
碘量法测定余氮浓度	(119)
谱尺度参数无量纲风区和无量纲谱峰频率,无量纲能量和无量纲谱峰频率的关系式	(121)
带鱼体质量增长方程的一阶、二阶导数	(123)
淡水枝角类的内禀增长力	(125)
浅海潮流的运动方程	(127)
自生硫化铁与现代海洋沉积速率	(129)
藻类浓缩系数 C. F.	(131)
东海流场对冲淡水作用的定量表示	(133)
带鱼耳石边缘增长率(2)	(135)

抗氧化性活性检验	(137)
浮游动物的多样性 Margalef 多样性指数和 Shannon-Wiener 多样性指数	(139)
颗粒物的再悬浮比率	(141)
大黄鱼岱衢洋和官井洋群体遗传变异参数	(144)
海浪破碎对上混合层影响的垂直一维混合层模式	(147)
元素富集因子(EF)法	(150)
东海精致真刺水蚤优势度和种群聚集强度	(152)
锯缘青蟹摄食率的测定	(154)
水体波谱数据处理和 Gordon 模型	(157)
潜沉率	(160)
中华绒螯蟹血细胞吞噬百分率和血清溶菌酶和超氧化物歧化酶活力的测定	(162)
饥饿胁迫下麦瑞加拉鲑鱼肌体的相对损失量和相对损失率	(164)
黄海和东海水体各波段总吸收系数的反演模式	(166)
孔隙介质中的速度模型和弹性模量模型	(169)
刺参在不同盐度下的耗氧率和排氨率	(173)
微藻生长率	(175)
不同营养强化下黑斑口虾蛄幼体成活率与变态率和脂肪含量的计算	(177)
波浪在海堤上的爬坡高度	(179)
沙坡迁移速度计算	(182)
取水口泥沙平均回淤率	(185)
码头拟建区海域泥沙回淤计算	(187)
二维潮流的基本运动方程	(189)
平面二维浅水潮流及温度计算的基本方程式	(193)
软土对桩的负摩阻力计算的两种传统方法	(195)
污水中磷的交换平衡动力学计算模式	(197)
普里兹湾及附近南印度洋海-气二氧化碳交换通量的估算	(199)
九龙江口生物可利用磷入海通量的估算方法	(201)
泉州湾海域海浪谱的拟合检验计算	(204)
^{238}U 等 9 种放射性核素谱法同时测定方法	(207)
多普勒台风外围风场反演估算	(210)
M_4 和 G_{01} 沉积物对 Pb 的吸附等温式(Langmuir 型等温线)	(214)
用圆中数滤波器排除卫星散射计风场反演系中的风场模糊的估算方法	(216)
圆中数滤波器风向模糊排除算法	(219)
Berkhoff 的波浪变形数值模型	(222)

非线性系统分析台风路径动力学特性	(226)
水动力输运的数学模型	(228)
厦门港潮流场和盐度场的数值模型	(232)
水位质点拉格朗日运动的数值模拟	(236)
废气影响的预测方法	(239)
二氧化碳的海-气通量	(242)
镉释放的定量描述	(244)
泥沙表面及全面推移的临界水深	(246)
二维泥沙搬运矢量模型简介(沉积物搬运路径)	(248)
沿岸输沙近似计算	(251)
海南三亚湾海水水质评价计算	(253)
水声信道数学模型	(256)
多波束测深系统最优声速公式模式	(259)
由谱数据计算样品中 ²³⁵ U活度的两种方法	(263)
人工海滩填沙量估算	(265)
污水排放污染物浓度场计算	(267)
营养状态模糊数学综合评价法	(269)
油膜覆盖下水体油含量的计算	(272)
河流营养盐入海通量的估算	(274)
气溶胶中元素的富集因子计算	(276)
计算机绘制海水漂流线路的方法	(278)
高风速下的海面阻力系数的推算	(281)
饲料养殖效果的综合生物学评定眼斑拟石首鱼早期幼鱼	(284)
奇异值分解方法分析降水场相互关系模型	(286)
景观空间格局指标体系的建立	(289)

大黄鱼各轮组耳石边缘增长率(1)

1 背景

为了满足渔业经济不断增长的需要,必须对鱼类,特别是重要经济种类的生活习性进行系统深入的研究。因此,确定鱼类年龄鉴定的方法,从而依据年龄的鉴定,按不同生命阶段来研究鱼类的生活规律,就成为最基本的问题了。

福建水产研究所和广东水产研究所曾先后用耳石和鳞片估计大黄鱼的年龄,但并未对年龄的鉴定依据与方法进行分析。Irie^[1]则对大黄鱼属的耳石轮纹形成周期问题进行了一些观察。自1958年秋季起,徐恭昭等^[2]系统地逐月搜集了大黄鱼耳石、鳞片、脊椎骨等项可能供作鉴别年龄的材料。观察结果以耳石上显示的轮纹最为清晰而有规律,因此,他们选用耳石作为鉴定大黄鱼年龄的研究对象,着重以浙江舟山及其邻近海区的材料为主,对大黄鱼耳石轮纹形成周期、轮纹性状以及鉴别年轮的主要标志等加以分析与探讨。

2 公式

利用数学公式计算各年龄组鳞片或耳石等边缘周年的增长幅度以了解其生长规律并证明轮纹形成的周期与时间。徐恭昭等^[2]认为浙江近海大黄鱼(包括春宗与秋宗)耳石上轮纹的形成周期为一年,每年在一定的季节中形成一个明亮宽带(或黑色宽带)和一个暗窄带(或白色窄带)。明亮宽带与暗窄带组成一个年带,而其中的窄带即为通常所称的“年轮”。为证明上述结果的准确性,他们也进行了计算,计算公式如下:

$$\text{大黄鱼各轮组耳石边缘增长率 } I = \frac{R - r_n}{r_n - r_{n-1}}$$

其中: $R - r_n$ 为耳石边缘增长幅度;

$r_n - r_{n-1}$ 为耳石最后两轮之间的距离。

即根据耳石边缘增长幅度($R - r_n$)与耳石最后两轮之间的距离($r_n - r_{n-1}$)的比变化,作为确定轮纹形成周期与时间的指标。

耳石边缘越宽, I 值就越大;反之, I 值就越小。在新轮形成之初时, I 值极小,接近于0;而当 I 值逐渐增大,当其接近单位值时($I \approx 1$),即边缘幅度接近前两个轮间距的宽度时,表明此时新轮即将出现。

3 意义

鉴定鱼类年龄时,明了年轮形成的准确时间在理论和实践上都有重要的意义。年轮形

成的时间往往因生命发育阶段的不同而有差异,或者是延续时间较长;如果没有查明这一真相,那么在分析鱼群的年龄组成时,就难免在对样品所属年龄组的划分上发生错误,从而影响到世代数量估计的准确性与降低数量预报的可靠性。大黄鱼的年轮形成时期正是春季鱼群进行生殖的季节,因此利用耳石来分析大黄鱼春季生殖鱼群的年龄组成时,就必须格外慎重地观察其边缘的生长情况,从而准确地判断各个个体所属的出生年份。

计算各年龄组鳞片或耳石等边缘周年的增长幅度能够了解大黄鱼的生长规律,并证明其轮纹形成的周期与时间,这对大黄鱼的养殖水平的提高有重大的理论和实践意义。

参考文献

- [1] Irie T. On the forming season of annual rings (opaque and translucent zones) in the otoliths of several marine teleosts. Journ. Faculty fish. Ani. Husb. , Hiroshima Univ, 1957, 1(3): 311 - 319.
- [2] 徐恭昭, 罗秉征, 吴鹤洲, 等. 大黄鱼 *Pseudosciaena crocea* (Richardson) 耳石的轮纹形成周期及其年龄鉴定问题. 海洋科学集刊, 1962, 12 (2): 1 - 13.

大黄鱼成熟系数

1 背景

鱼类性成熟的开始是鱼类生命周期中转入繁衍后代的一个重要阶段。同一世代的个体开始性成熟的年龄、大小以及延续期限与速度,这是种和种内种群对水域生活条件的适应性之一。研究鱼类性成熟过程的特点,不仅在解决鱼类种群数量的预测与控制问题中,对补充过程的了解具有重大的意义,而且也能为制定合理的渔业经营管理措施提供必要的生物学依据。

徐恭昭等^[1]探讨了浙江近海大黄鱼种群性成熟特点和影响因子以及该特点在这一种群数量上的意义,为确定其捕捞规格(法定许可捕捞的鱼体大小和年龄等生物学指标)提供依据。

2 公式

浙江近海大黄鱼开始达到性成熟的最小长度(体长),在雌鱼为 22 ~ 24 cm,雄鱼则为 20 ~ 22 cm;大量开始性成熟的体长,雌鱼是 28 cm 左右,雄鱼是 25 cm 左右;基本上全都达到性成熟的体长上限,雌鱼约为 31 cm,雄鱼约为 27 ~ 28 cm。大黄鱼成熟系数计算公式如下:

$$\text{大黄鱼成熟系数 } K = \frac{\text{性腺重}}{\text{纯体质量}} \%$$

浙江近海大黄鱼成熟系数的分布规律表现出相当的规律性,在生殖期前夕的三四月间,雌性个体成熟系数达 0.6 以上开始性成熟,成熟系数达 1.2 以上时就全部成熟;雄鱼则表现不够明显(有个别性成熟个体的成熟系数很小,只有 0.2 左右),但其主要部分,却也是在达到 0.6 以上时开始性成熟,上限与雌鱼相同。

3 意义

成熟系数的分布频率虽也可作为区别大黄鱼性成熟与性未成熟的指标之一,但因其随性腺所处的成熟状况不同而有显著的差异,波动幅度也很大,所以,如果将它作为主要依据是不够恰当的。大黄鱼性成熟的开始和世代的性成熟过程与鱼体的年龄、长度和质量等因素都有显著的直接关系。成熟系数的分布频率可作为区别大黄鱼性成熟与性未成熟的指标之一。大黄鱼性成熟的开始和世代的性成熟过程与鱼体的年龄、长度和质量等因素都有着显著的直接关系。

研究鱼类性成熟过程的特点,不仅在解决鱼类种群数量的预测与控制问题中,对补充过程的了解具有重大的意义,而且也制定合理的渔业经营管理措施提供必要的生物学依据。研究鱼类世代性成熟的速度,有利于查明种群的补充过程。

参考文献

- [1] 徐恭昭,吴鹤洲. 浙江近海大黄鱼 *Pseudosciaena crocea* (Richardson) 的性成熟特性. 海洋科学集刊, 1962, 12(2): 50-57.

划分大黄鱼亚种的 75% 法则

1 背景

为了探明我国近海大黄鱼种群的变异情况并探讨其种群划分问题,从 1958 年秋季开始,田明诚等^[1]即以近海各主要产卵场的大黄鱼生殖群为基础,着手研究其种群形态特征的变异规律,并以此作为划分种群的指标之一。

过去对中国东海和南海大黄鱼的三个主要生殖鱼群(浙江北部岱巨洋和福建北部官井洋两个春季生殖鱼群及广东西部碇洲岛近海秋季生殖鱼群)的研究认为岱巨洋与碇洲岛近海的两个鱼群应属于两个不同的地理种群(地方族),前者称为岱巨族,后者称为碇洲族;官井洋鱼群则划为岱巨族的一个生态学种群。仅以这三个主要生殖鱼群的资料来研究大黄鱼种群形态特征的地理变异规律及划分地理种群是不够全面的。

田明诚等^[1]又在 1960 年春季和秋季分别补充采集了黄海南部吕四洋产卵场、东海浙江中部猫头洋产卵场、南海珠江口以东的南澳岛近海和汕尾外海渔场等地的生殖鱼群标本。分别按统一标准测定了 7 个鱼群的分节和体型量度特征,用生物统计学方法处理所得数据,应用 Mayr 等^[2]提出的划分亚种的 75% 法则对它们进行类群内的划分。

2 公式

根据大黄鱼形态特征差异显著性测定的结果以及鳃耙数、鳔侧枝数、眼径、尾柄高和体高等几个主要特征的分布规律来判断,可以将所分析的 7 个大黄鱼群至少分属于 3 个类群,吕四洋、岱巨洋和猫头洋鱼群属于第一类群;官井洋、南澳和汕尾三个鱼群属于第二类群;碇洲鱼群为第三个类群。而三个类群之间的差异,可根据 Mayr 等^[2]提出的划分亚种的 75% 法则计算。

$$\text{划分亚种的 75\% 法则: } C. D = \frac{M_1 - M_2}{\sigma_1 + \sigma_2}$$

其中: M 为形态特征数;

σ 为标准差。

这三个类群之间的差异,根据划分亚种的 75% 法则,虽然达不到亚种的程度,但它们完全可以划分为在统计形态上具有相当差异的亚种以下的类群。

3 意义

根据大黄鱼形态和生态学的差异以及各该类群所属鱼群主要分布区的特点与以往的研究

究结果,可以认为上述三个类群有条件划属为次于亚种等级的三个地理种群——地方族。由北向南分别称为岱巨族、闽-粤东族和碇洲族。大黄鱼种内3个地方族形态和某些生态学特征的变异呈现为连续性的梯度地理变异。在地理上较隔离的岱巨族和碇洲族之间的差异较为明显;处于中间地带的闽-粤东族则大部分特征都具有过渡性质。

关于大黄鱼地理种群的划分问题,田明诚等^[1]主要是从形态变异方面加以研究,同时也联系到有关生态学及其分区的某些环境特点而做出了初步划分。要全面地论证大黄鱼的地理种群问题,由于资料尚不充分,尤其是缺乏有关大黄鱼分布和洄游方面的资料。因此这一问题还有待于今后继续补充和探讨。

参考文献

- [1] 田明诚,徐恭昭,余日秀. 大黄鱼 *Pseudosciaena crocea* (Richardson) 形态特征的地理变异与地理种群问题. 海洋科学集刊, 1962, 12, (2): 79-97.
- [2] Mayr E, Linsley E G, Usinger R L. Methods and principles of systematic zoology. New York, Toronto, 1953: 23-39, 125-154.

鱼群间形态特征差异系数值

1 背景

为了探明我国近海大黄鱼种群的变异情况并探讨其种群划分问题,从1958年秋季开始,田明诚等^[1]即以近海各主要产卵场的大黄鱼生殖群为基础,由北到南共采集到吕四洋、岱巨洋、猫头洋、官井洋、南澳、汕尾和碇洲等7个生殖鱼群的标本,并分别按统一标准进行了分节的体型量度特征的测定,将测得的数据按生物统计学的方法作了处理,对它们进行了种群划分。

对大黄鱼的分节特征的测定主要有8个方面:背鳍棘数、背鳍条数、臀鳍条数、胸鳍条数、鳃耙数、幽门盲囊数、鳔侧枝数、脊椎骨数。鳃耙和鳔侧枝数表现出特别明显的南北方向的变异。根据这两个特征的平均数及分布频率类型的异同程度,基本上可以把上述7个鱼群并为3个类群,属于第一类群的是北部的吕四洋、岱巨洋和猫头洋3个鱼群;第二类群包括管井洋、南澳和汕尾3个鱼群;碇洲鱼群则为第三类。大黄鱼的体型量度特征的测定主要有4个方面:眼径、尾柄高、体高和D-A。它们的分布规律,也出现3种类型的差别,与前述3个类群基本符合。

2 公式

为了进一步确定上述3个类群的存在,应用以下公式测定7个鱼群间形态特征的差异系数值。

$$\text{形态特征差异系数值 } M_{\text{diff}} = \frac{M_1 - M_2}{\sqrt{m_1^2 + m_2^2}}$$

其中: M 为形态特征数;

m 为误差。

另外,以下列两个指标作为判断鱼群间差异程度的依据:(1)上述鳃耙数、鳔侧枝数、眼径、尾柄高和体长等重要特征的差异程度(差异项目的多少和差异系数值的大小)。(2)综合形态性状(全部特征)的差异情况。

结果表明,7个鱼群彼此间形态性状都有或多或少的差异,但差异的程度并不是等同的。

3 意义

7个鱼群彼此间形态性状都有或多或少的差异,但差异的程度并不是同等的。北部的