

文章编号: 1674 - 5566(2012)05 - 0841 - 07

渔业资源评估中的回顾性问题

官文江^{1,2}, 高峰^{1,2}, 雷林^{1,2}, 陈新军^{1,2}

(1. 上海海洋大学 海洋科学学院, 上海 201306; 2. 上海海洋大学 大洋渔业资源可持续发展省部共建教育部重点实验室, 上海 201306)

摘要: 回顾性问题是随着渔业数据逐年加入, 渔业资源评估结果如资源量或捕捞死亡系数等出现系统性偏差。多种渔业资源应用不同评估模型进行渔业资源评估, 其结果常存在回顾性问题, 这使得渔业资源评估的结果存在不确定性, 不利于渔业资源合理的管理与开发, 因此, 回顾性问题是目前渔业资源评估研究中的热点与难点之一。回顾性问题的度量目前主要采用 MOHN ρ , 产生回顾性问题的原因主要可归纳为数据错误与模型假设错误。目前, 尽管有多种方法用于诊断、分析回顾性问题的成因, 但这些方法均存在局限性。针对回顾性问题, 渔业资源评估学者根据其研究对象的特点提出了校正回顾性问题的方法, 但目前仍缺乏通用的方法或手段以校正或避免回顾性问题。在渔业资源评估中, 若结果存在回顾性问题, 则表明数据或模型假设存在问题。因此进行回顾性分析, 是评估数据质量及检查数据与模型假设是否一致的有效手段。

研究亮点: 回顾性问题是当今渔业资源评估研究中的热点和难点之一。本文较为系统地介绍了回顾性问题的概念、度量及产生的原因, 较为全面地总结了当今渔业资源评估中的回顾性问题的诊断和校正方法的研究进展, 并指出了其可能存在的问题。

关键词: 回顾性问题; 度量; 原因; 诊断; 校正

中图分类号: S 931

文献标志码: A

随渔业数据逐年加入到同一个资源评估模型中, 如 VPA (virtual population analysis) 或 ASAP (age structure assessment program) 等, 其相同年份估算的资源量出现系统性偏差, 即持续高估或低估的现象被称为回顾性问题 (retrospective problem, RP)^[1], 如图 1 为利用 ASAP2 模型对模拟数据 (捕捞产量及资源指数数据) 进行分析的结果。RP 存在于多种渔业资源评估中, 如西南非洲沙丁鱼^[2], 加拿大底层鱼^[3], 太平洋大比目鱼^[4], 东苏格兰陆架鳕鱼^[1], 圣劳伦斯湾南部秋季产卵鲱鱼^[5-7] 及缅因湾大西洋鲱鱼^[8-9] 等。

由于 RP 的存在, 渔业资源评估结果存在很大不确定性, 并导致当年资源量被高估^[10-12], 从而导致渔业资源管理失败, 如 MYERS 等^[13] 将加拿大大西洋鳕鱼渔业的崩溃归咎于 RP。当渔业

资源评估结果中的 RP 非常显著时, 渔业管理部门常拒绝接受该结果^[7,14-15]。

尽管多种渔业资源评估使用了不同的资源评估模型 (如 ASAP 和 VPA), 但这些模型都不同程度地存在 RP, 如缅因湾大西洋鲱鱼的资源评估^[8-9]。因此 RP 成为目前渔业资源评估中的热点问题, 并成立了专门的研究工作组^[16-19]。本文对 RP 的相关研究与进展进行介绍。

1 RP 度量

描述 RP 强度的量主要采用 MOHN^[1] 定义的 ρ , 其由式 (1) 计算:

$$\rho = \sum_y \frac{[X_{(y_1:y),y} - X_{(y_1:y_2),y}]}{X_{(y_1:y),y}} \quad (1)$$

式中: y_1, y_2 分别为整个数据的起始年、结束年; y

收稿日期: 2012-03-12 修回日期: 2012-03-21

基金项目: 国家高技术研究发展计划 (2012AA092301, 2012AA092303); 上海市重点学科建设项目 (S30702); 上海海洋大学博士启动基金 (A-2400-10-0138)

作者简介: 官文江 (1974—), 男, 博士, 副教授, 研究方向为渔业遥感。E-mail: wjguan@shou.edu.cn

通讯作者: 陈新军, E-mail: xjchen@shou.edu.cn

为 y_1 与 y_2 之间的某一年; $y_1:y$ 表示利用 y_1 至 y 年的数据进行参数估计; X 为某一估计参数如资源量或捕捞死亡系数等。如果 ρ 趋于 0, 则表明不存在 RP, 但目前尚未定义 RP 存在时, ρ 的边界

值, 以去除随机噪声的影响。当 ρ 大于零, 则存在正 RP, 即同一年的资源量(如 2000 年), 短时间系列(如 1967-2000)估计值大于长时间系列(如 1967-2008 年)估算值(图 1), 反之则为负 RP。

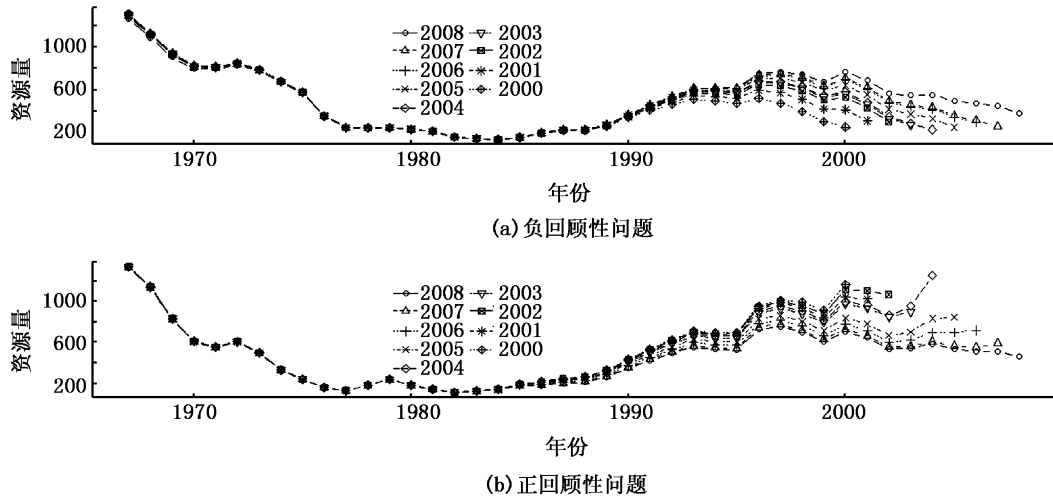


图 1 资源量估算中的回顾性问题

Fig. 1 the retrospective problem in estimated biomass

此外, 伍兹霍尔 ρ (在 MOHN ρ 的基础上增加了计算项)^[19] 及 PARMA^[4] 的均方误差也用于 RP 的度量, 但均缺少定量判定 RP 存在的指标, 并缺少一致的稳健性, 即 $\rho = 0$ 时, 有时也存在 RP 问题^[18], ρ 大于或小于零, 也可以不存在 RP。因此, 目前常根据图形绘制(图 1)来主观判定 RP 是否存在。

2 导致 RP 的原因分析

通常认为输入数据错误与模型假设错误均能引起 RP, 因此, 有关 RP 的文献对这两方面的错误讨论较多。

2.1 输入数据错误

用于渔业资源评估的数据主要为捕捞产量数据与资源指数数据, 如资源调查指数数据与单位捕捞努力量渔获量(catch per unit effort, CPUE)数据。

2.1.1 捕捞产量数据

捕捞产量数据存在错报、少报、丢弃、非代表性采样问题^[3,12,20], 且具有年际变化。如由于渔业管理措施(如 TAC: Total Allow Catch), 渔业捕捞技术、渔业资源的市场需求、渔业资源状况等存在年变化^[21], 统计的捕捞产量数据与其真值之

比存在年际变化^[20,22]。如果捕捞区域限定于某些区域之内或之外, 而不是均匀分布于整个资源分布区, 捕捞产量数据则不具有代表性^[19]。捕捞产量数据通常认为或假设为具有较高精度(如 VPA 中, 假设捕捞产量数据没有错误)的数据, 但如果捕捞产量数据存在上述问题, 则可能导致 RP^[1,19,23]。年龄鉴定错误也是捕捞产量数据中常见的问题, 如缅甸湾大西洋鲱大龄鱼的年龄鉴定存在较大问题^[8], 因此将 6 岁及以下的鱼归为一类(6⁺)^[8]。年龄鉴定错误是否会引起 RP 目前没有报道, 但采用体长模型有可能避免该类问题^[24]。

2.1.2 资源指数数据

资源指数是资源量的表征, 一般认为资源指数与资源量存在线性关系即:

$$I_y = qN_y \quad (2)$$

式中: q 为捕捞系数; I_y 为调查资源指数或 CPUE; N_y 为资源丰度。

但资源指数与资源量的关系受到多种因素的影响而非常复杂^[25-26]。例如, q 受资源丰度或资源栖息面积^[27-28]、环境效应^[29]、渔民和调查行为或钓具改进^[25,30]、管理规定^[31]等影响均会引起 q 的变化^[32]。且 q 具有随着渔业捕捞技术、渔

民技能的提高,而不断提高的趋势。尽管资源指数数据的标准化能解释部分 q 的变化^[33-34],但要得到常数 q 非常困难^[32]。若假设 q 可变,则资源指数数据难以正确表征其与资源量的关系,因此在资源评估中常假设 q 为常数。 q 具有变化的特性对 RP 的存在有重要影响^[4,23,35]。

2.1.3 随机噪声

当捕捞产量数据或资源指数存在随机误差,如对数正态误差,其有可能导致资源量存在均值偏差,从而形成 RP ^[36,13]。但 LEGAULT^[19]认为随机噪声所形成的 RP 非常小。

2.2 模型假设错误

模型假设错误主要是指模型假设与渔业资源动态或收集的数据不一致造成的,其包括以下几个方面。

2.2.1 自然死亡系数假设错误

在观察数据中,通常缺少渔业资源的自然死亡数据,且在捕捞方程中,自然死亡与捕捞死亡存在负相关关系,自然死亡系数估算非常困难。因此,在大多资源评估模型中,自然死亡系数通常假设为常数^[25,37]。但自然死亡系数受鱼类年龄、本身资源丰度、捕食者数量、饵料丰度和自然环境等影响而变化^[3,38-39],如 VETTER^[40]研究表明自然死亡系数具有年龄间及年际变化;OVERHOLTZ 等^[39]结果也表明大西洋鲱鱼的自然死亡系数存在明显的年际变化。假设更高的死亡系数,则能得到更高的资源量,反之亦然^[3]。若假设自然死亡系数与真实值不同,将可能产生 RP ^[1,23]。

2.2.2 资源指数与资源量关系假设错误

一般资源评估模型,如 VPA 模型,假设 q 为常数。但在实际资源评估中很难保持 q 不变化,因此有可能会产生 RP ^[23]。

此外,资源指数与资源量并非总是线性关系^[25],如 CHEN 等^[41]认为假设资源指数与资源量呈线性关系会导致 RP 。

2.2.3 渔业选择性假设错误

捕捞死亡系数通常采用式(3)计算^[42]

$$F_{a,y} = F_y S_a \quad (3)$$

式中: $F_{a,y}$ 为 y 年年龄为 a 的捕捞死亡系数; F_y 为 y 年捕捞死亡系数; S_a 为年龄为 a 的渔业选择性系数。因此,对渔业选择性的假设将影响捕捞死亡系数的计算,进而影响资源量的估算。

SINCLAIR 等^[3]认为渔业选择性的设置影响 RP 程度,且该值在渔业上非常难确定。MOHN^[1]进一步指出由于捕捞技术、方式的转变,渔业选择性常被错误设置,并且很难发现,其对 RP 的形成产生很大的影响,并影响整个模型的精度。

2.2.4 渔业资源、捕捞努力量的时空分布与模型假设不一致

一般资源评估模型描述渔业资源动态,常以年为时间单位,以单一封闭区域为空间单位(SS3除外),这与实际的渔业资源、捕捞努力量分布动态不一致,从而形成 RP 。

2.2.5 模型似然函数的权重

随着模型复杂性的提高,似然函数的各组成成分的权重不同,也有可能造成 RP 。上述各种影响因素可能同时起作用,使得 RP 成因非常复杂。

3 RP 成因的诊断方法及存在的问题

上文简要概述了 RP 的成因,但诊断具体渔业 RP 的具体成因,目前尚缺少通用、可行的方法,文献相对较少。下文列出了关于 RP 成因诊断的主要研究成果及其存在的问题。

EVANS^[43]认为产生 RP ,是由于某个随时变化的量被假设为常数(如 q),因此对数据进行一致性检查能用于分析、诊断 RP 。如通过对资源指数数据随年龄、年际变化的分析能在一定程度上了解 q 的不一致性。但该方法不能分析自然死亡系数、捕捞产量变化或多种因素同时作用的变化。

MOHN^[1]对造成 RP 的几种情形如自然死亡系数随年龄不同,舰队捕捞效率年际变化,资源量的年效应等进行了模拟,他通过对扰动引起的残差,拟合度(残差平方均值)的变化, ρ 值分布,滑动平均估计的捕捞系数的趋势分析及比较两种方法计算的捕捞死亡系数的一致性,以诊断引起 RP 的原因及发生时间。该方法在一定程度上能确定变异时间,但在确定引起 RP 原因方面需借助外部信息。

CADIGAN 和 FARRELL^[7,44]利用局部影响诊断(local influence diagnostics, LID)方法,寻找对捕捞产量、捕捞系数、自然死亡系数及权重参数等较小改变或扰动,以消除或减少 RP ,从而分析、诊断 RP 产生的原因。研究表明 LID 方法需定义合适的 RP 度量,且其诊断结果常与真正产

生 RP 原因无关,但该方法能对扰动时间及偏移方向做较好检测。若 RP 由较小的扰动引起(但 RP 并不一定弱),LID 诊断和校正的效果较好^[18]。

此外,时间系列分析模型(如 ARIMAX: Auto-Regressive Integrated Moving Average with extra / external; ANOM: Analysis of Mean; PLR: Piecewise linear regressions 等)可用于对渔业数据分析,以帮助发现渔业数据或生态过程的不连续性如稳态转换(regime shift)、干扰(intervene)等^[18]。正确发现、分析这些不连续的过程,对矫正 RP 问题非常重要。

从目前研究结果看,单因素引起的 RP 的分析、诊断相对较容易,但多因素综合效应引起的 RP,其原因分析较难。引起 RP 的不连续因素变异时间相对较易确定,但对引起 RP 的原因较难确定^[19]。

4 校正或避免 RP 的方法

4.1 对数据与结果进行调整

RP 通常由某个或多个时变因素引起,如何在模型中构造时变变量以校正变量的时变性是目前矫正 RP 的主要手段,调整的变量通常是捕捞产量、捕捞系数与自然死亡系数等。如 MOHN^[1] 利用滑动窗口方法估计相对捕捞系数的趋势值(estimated relative q trend: ERQT),以调整不同时段的 q 值,用于矫正 RP。如果 RP 是由非资源指数变化(如丢弃、自然死亡系数等)引起,则能得到较好的效果,但评估结果与实际值的接近程度还受参考窗口选择等因素的影响。

4.2 重新选择或构造资源评估模型

由于 q, 渔业选择性等都具有时变性,当模型假设这些变量为常数时,常引起 RP。因此,在可构造或选择具有相应特点的渔业资源评估模型,如 ASAP 能估计时变的 q, SS3 能考虑资源的时空动态等^[45]。但模型越复杂,模型估计的参数越多,则对所需数据的数量、质量有较高要求,如果数据的数量与质量得不到保证,结果可能更差^[25]。

状态空间模型(state-space model)将捕捞系数、死亡系数和资源丰度等参数作为随机变量处理,将处理误差与观察误差分开,使得参数可随时间演化,并充分利用相连变量间的相关性,同

时该模型可避免随意对参数平滑和对不同数据源设置权重。状态空间模型不仅给出点估计,同时能给出不确定性测量,相比于传统的 VPA 模型,或许可避免 RP。状态空间渔业资源评估模型在渔业中应用并不广泛,值得更多的关注和研究^[18],尤其是相应免费软件的推出(如 Winbugs; R),使其模型的构造非常简单,但存在计算时间过长的问題。

此外,CHEN 等^[41]利用逐步线性回归方法校正了资源指数与资源量间的非线性关系,从而减弱或消除了 RP。

分裂资源指数时间系列能在一定程度上满足 q 的变化性,得到较好的 q 的估计,但其依然需要外部信息的支持,如分裂时间点的选择等^[18]。如在缅甸湾大西洋鲱鱼的资源评估中,春、秋季底拖网调查资源指数以 1985 年为分界点被分裂为 4 个资源指数以适应调查网具的变化^[9]。

4.3 重新构造资源评估指标或参考点

MOHN^[46]对估算资源指数残差进行放回重采样,构建 bootstrap 资源指数,bootstrap 估计的均值没有 RP, MOHN^[1]认为数据或参数的时间不连续性是形成 RP 的重要因素,采用 bootstrap 方法打破了这种模式,从而消除了 RP。

由于目前 RP 的存在且较难诊断、校正。因此可以考虑其它生物参考点指标,如基于长度的参考点^[47]或许能用于判断资源状况,又能避免 RP 问题。

从目前研究结果来看,在 RP 校正中,正确判断 RP 的成因是正确校正 RP 的关键,即 RP 成因分析错误,矫正后的结果可能更差。目前还没有成熟的方法能正确诊断 RP 的成因,因此尽管已有很多学者研究 RP,但目前尚未有非常成功或成熟的方法以矫正 RP, RP 依然为当今渔业资源评估中的一个难点和热点。

5 结束语

数据错误与模型假设错误将会导致 RP,反之,RP 的存在表明数据或模型假设可能存在问题。尽管有很多方法或模型可以消除 RP,但有一点是明确的,即使不存在 RP,其结果的正确性仍需验证^[1,18]。因此,进行回顾性分析以确定 RP 是否存在,是检查数据质量及其与模型假设是否

一致的手段。

现有的资源评估模型(如 ASAP, SS3)及渔业独立评估模型(如 MESNIL 等^[22])基于不同假设和模型结构,对数据的敏感性不同。当 RP 出现时,应结合数据收集过程、渔业特点等外部信息与相关方法(如时间系列分析方法)诊断、找出数据或模型假设存在的问题,才能对数据进行合理的调整(如对丢弃进行重建^[20,48])、选择恰当的模型,使评估结果更接近实际或满足规避管理风险的需要,为渔业资源的保护和合理利用提供科学依据。

感谢缅甸大学陈勇教授所提供的资料。

参考文献:

- [1] MOHN R. The retrospective problem in sequential population analysis: An investigation using cod fishery and simulated data [J]. ICES Journal of Marine Science, 1999, 56:473 - 488.
- [2] BUTTERWORTH D S. The value of catch-statistics-based management techniques for heavily fished pelagic stocks, with special reference to the recent decline of the Southwest African pilchard stock [C]//Proceedings NATO Conference Applied Operations Research in Fishing, Trondheim (August 1979) NATO Conference Series II, 1981 (10): 441 - 464.
- [3] SINCLAIR A, GASCON D, O'BOYLE R, et al. Consistency of some northwest Atlantic ground fish stock assessments [J]. NAFO Scientific Council Studies, 1991, 16: 59 - 77.
- [4] PARMA A N. Retrospective catch-at-age analysis of pacific halibut; implications on assessment of harvesting policies [G]// KRUSE G, EGGERS D M, PAUTZKE C, et al. Proceedings of the International Symposium on Management Strategies for Exploited Fish Populations, Alaska Sea Grant College Program, 1993:265 - 287.
- [5] LEBLANC C H, POIRIER G A, CHOUINARD G, et al. Assessment of the NAFO Division 4T southern Gulf of St. Lawrence herring stock in 2002. DFO Canadian Science Advisory Secretariat Research Document 2003/040 [EB/DB]. [2012 - 3 - 9]. http://www.dfo-mpo.gc.ca/csas/Csas/DocREC/2003/RES2003_040_E.pdf.
- [6] CADIGAN N G, FARRELL P J. Local influence diagnostics for the retrospective problem in sequential population analysis. DFO Canadian Science Advisory Secretariat Research Document 2003/057 [EB/DB]. [2012 - 3 - 9]. http://www.dfo-mpo.gc.ca/csas/Csas/DocREC/2003/RES2003_057_E.pdf.
- [7] CADIGAN N G, FARRELL P J. Local Influence Diagnostics for the Retrospective Problem in Sequential Population Analysis [J]. ICES Journal of Marine Science, 2005, 62: 256 - 265.
- [8] O'BOYLE R, OVERHOLTZ W. Proceedings of the Transboundary Resources Assessment Committee (TRAC): Benchmark Review of Stock Assessment Models for Gulf of Maine and Georges Bank Herring [R]. 2 - 5 May 2006. TRAC Proceedings Document, 2006/01: 35.
- [9] SHEPHERD G, CIERI M, POWER M, et al. Transboundary Resources Assessment Committee Gulf of Maine/Georges Bank Atlantic Herring Stock Assessment Update [R]. TRAC Reference Document. 2009/4.
- [10] GASCON D. Catch projections [G]// RIVARD D. Collected Papers on Stock Assessment Methods, CAFSAC Research Document No. 61, 1988:135 - 146.
- [11] RIVARD D, FOY M G. An analysis of errors in catch projections for Canadian Atlantic fish stocks [J]. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 1987, 44:967 - 981.
- [12] REEVES S A, PASTOORS M A. Evaluating the science behind the management advice for North Sea cod [J]. ICES Journal of Marine Science, 2007, 64: 671 - 678.
- [13] MYERS R A, HUTCHINGS J A, BARROWMAN N J. Why do fish stocks collapse The example of cod in Atlantic Canada [J]. Ecological Applications, 1997, 7(1):91 - 106.
- [14] LEBLANC C H, MACDOUGALL C, POIRIER G A. Assessment of the NAFO 4T southern Gulf of St. Lawrence herring stocks in 2001 [R]. DFO Canadian Science Advisory Secretariat Research Document 2002/053.
- [15] DEROBA J J. An updated spatial pattern analysis for the Gulf of Maine-Georges Bank Atlantic herring complex during 1963 - 2009 [EB/DB]. US Department of Commerce, Northeast Fisheries Science Center Reference Document. 2010, 10 - 18, Available from: National Marine Fisheries Service, 166 Water Street, Woods Hole, MA 02543 - 1026, or online at <http://www.nefsc.noaa.gov/nefsc/publications/>.
- [16] NRC (National Research Council). Improving fish stock assessments [M]. National Academy Press, Washington D C, 1998.
- [17] ICES. Report of the working group on methods of fish stock assessment (WGMG) [R]. Woods Hole, USA, 2007.
- [18] ICES. Report of the working group on methods of fish stock assessment (WGMG) [R]. Woods Hole, USA, 2008.
- [19] LEGAULT M C. Report of the retrospective working group northeast fisheries science center reference document 09 - 01 [R]. Woods Hole, Massachusetts, 2008.
- [20] PUNT A E, SMITH D C, TUCK G N, et al. Including discard data in fisheries stock assessments: two case studies from south-eastern Australia [J]. Fisheries Research, 2006, 79:239 - 250.
- [21] 官文江,陈新军,李纲. 海表水温和拉尼娜事件对东海鲈鱼资源及时空变动的影响 [J]. 上海海洋大学学报, 2011,

- 20(1):102-107.
- [22] MESNIL B, COTTER J, FRYER R J, et al. A review of fishery-independent assessment models, and initial evaluation based on simulated data [J]. *Aquatic Living Resources*, 2009, 22:207-216.
- [23] RAJAKAUNA H, CHEN Y, SNELGROVE P. Is retrospective error a "true error" Mathematical basis of adaptive framework for virtual population analysis [J]. *Japan Society for Mathematical and Physical Fisheries Science*, 2005, 3: 36-64.
- [24] CHEN Y, SHERMAN S, WILSON C, et al. A comparison of two fishery-independent survey programs used to define the population structure of American lobster, *Homarus americanus*, in the Gulf of Maine [J]. *Fishery Bulletin*, 2006, 104:247-255.
- [25] HILBORN R, WALTERS C. Quantitative fisheries stock assessment: choice, dynamics, and uncertainty [M]. Chapman and Hall, NY, 1992.
- [26] ARREGUIN-SANCHEZ F. Catchability: a key parameter for fish stock assessment [J]. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 1996, 6: 221-242.
- [27] HARLEY S J, MYERS R A, DUNN A. Is catch-per-unit-effort proportional to abundance [J]. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 2001, 58: 1760-1772.
- [28] SALTHAUG A, AANES S. Catchability and the spatial distribution of fishing vessels [J]. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 2003, 60: 259-268.
- [29] ZIEGLER P E, FRUSHER S D, JOHNSON C R. Space-time variation in catchability of southern rock lobster *Janus edwardsii* in Tasmania explained by environmental, physiological and density-dependent processes [J]. *Fisheries Research*, 2003, 61: 107-123.
- [30] 官文江,陈新军. 利用元胞自动机探讨商业性 CPUE 与资源量之间的关系[J]. *中国海洋大学学报:自然科学版*, 2008,38(4):561-566.
- [31] OLIVEIRA M M, GASPAR M B, PAIXAO J P, et al. Productivity change of the artisanal fishing fleet inPortugal: A Malmquist index analysis [J]. *Fisheries Research*, 2009, 95: 189-197.
- [32] WILBERG M, THORSON J T, LINTON B, et al. Incorporating time-varying catchability into population dynamics stock assessment models[J]. *Reviews in Fisheries Science*, 2010, 18(1):7-24.
- [33] 官文江,陈新军.应用一般线性模型估算鲈鲶鱼大型灯光围网渔业的捕捞效率[J]. *水产学报*,2009,33(2):220-228.
- [34] 田思泉,陈新军.不同名义 CPUE 算法对 CPUE 标准化的影响[J]. *上海海洋大学学报*,2010,19(2):240-245.
- [35] LEGAULT C, BROOKS L, RAGO P, et al. Moving window estimates of catchability to detect non-stationarity in stock assessments or why did we select 1994/95 as the timing for splitting surveys to reduce retrospective patterns [C]. GARM III Stock Assessment Meeting, Woods Hole, MA, August 4-8, 2008.
- [36] GAVARIS S. Analytical estimates of reliability for the projected yield from commercial fisheries [G]//SMITH S J, HUNT J J, RIVARD D. Risk evaluation and biological reference points for fisheries management, Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences, 1993, 120: 185-192.
- [37] QUINN II T J, DERISO R B. Quantitative fish dynamics [M]. Oxford University Press, NY, 1999.
- [38] TYRRELL M C, LINK J S, MOUSTAHDID H, et al. Evaluating the effect of predation mortality on forage species population dynamics in the Northeast US continental shelf ecosystem using multispecies virtual population analysis[J]. *ICES Journal of Marine Science*, 2008, 65: 1689-1700.
- [39] OVERHOLTZ W J, JACOBSON L D, LINK J S. An ecosystem approach for assessment advice and biological reference points for the Gulf of Maine-Georges Bank Atlantic herring complex [J]. *North American Journal of Fisheries Management*, 2008, 28:247-257.
- [40] VETTER E F. Estimation of natural mortality in fish stocks: A review [J]. *Fishery Bulletin*, 1988, 86:25-43.
- [41] CHEN Y, JIAO Y, SUN C L, et al. Calibrating virtual population analysis for fisheries stock assessment [J]. *Aquatic Living Resources*, 2008, 21:89-97.
- [42] DOUBLEDAY W G. A least squares approach to analyzing catch at age data [J]. *Research Bulletin of the International Commission of Northwest Atlantic Fisheries*, 1976, 12:69-81.
- [43] EVANS G T. Using the elementary operations of sequential population analysis to display problems in catch or survey data [J]. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science*, 1996, 53:239-283.
- [44] CADIGAN N G, FARRELL P J. Generalized local influence with applications to fish stock cohort analysis [J]. *Applied Statistics*, 2002, 51:1-15.
- [45] METHOT R D. Technical description of the stock synthesis assessment program [R]. NOAA Technical Memorandum NMFS-NWFSC-43, Seattle, Washington, August,2000.
- [46] MOHN R K. Bootstrap estimates of ADAPT parameters, their projection in risk analysis and their retrospective patterns [G]// SMITH S J, HUNT J J, RIVARD D. Risk evaluation and biological reference points for fisheries management, Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences, 1993, 120:173-184.
- [47] COPE J M. Length-based reference points for data-limited situations: applications and restrictions [J]. *Marine and Coastal Fisheries: Dynamics, Management, and Ecosystem Science*, 2009, 1:169-186.
- [48] CHEN Y, XU L, CHEN X, et al. A simulation study of impacts of at-sea discarding and bycatch on the estimation of biological reference points F 0.1 and Fmax [J]. *Fisheries Research*, 2007, 85:14-22.

Retrospective problem in fishery stock assessment

GUAN Wen-jiang^{1,2}, GAO Feng^{1,2}, LEI Lin^{1,2}, CHEN Xin-jun^{1,2}

(1. *College of Marine Sciences, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China*; 2. *The Key Laboratory of Sustainable Exploitation of Oceanic Fisheries Resources, Ministry of Education, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China*)

Abstract: Retrospective problem (RR) was defined as systematic biases in successive estimations of fishery parameters (typically stock biomass and fishing mortality) with additional years of data added in stock assessment. RP arising in many fishery stock assessments can potentially result in large uncertainty in fish stock biomass estimates, which will lead to over-exploit or under-exploit fish populations. RP is one of hot and hard topics in fishery stock assessment at present. The MOHN ρ was used mainly as the metric of RP and the cause of RP was reduced to errors in data or in assumption of models or both. At present, there were diverse methods for diagnoses of RP, but these methods were generally valid only in some specific case. The researchers working on fisheries stock assessment provided some methods to fix or avoid RP according to their specific study, but there was still a lack of general methods or means to correct or avoid RP. If RP occurred in a stock assessment, there must be some errors in data or assumption of the model. Therefore, Retrospective analysis was effective means to assess the quality of the data and check the consistency of assumption between data and the model.

Key words: retrospective problem; metric; causes; identifying; fixing