

文章编号: 1000-0615(2018)10-1661-09

DOI: 10.11964/jfc.20170910964

以有限数据评估方法为基础的海州湾渔业管理策略评估

孙铭¹, 张崇良¹, 李韵洲¹, 徐宾铎¹, 薛莹¹, 任一平^{1,2*}

(1. 中国海洋大学水产学院, 山东青岛 266003;

2. 青岛海洋科学与技术国家实验室, 海洋渔业科学与食物产出过程功能实验室, 山东青岛 266237)

摘要: 实验以计算机模拟的管理策略评价方法为基础, 以海州湾海域的银鲳、小黄鱼、大泷六线鱼和长蛇鲻为例, 对基于数据有限方法的管理策略进行了分析评价。模拟结果显示, 基于体长的管理策略能够在产量和避免过度捕捞间取得较好的权衡, 其管理效果优于基于捕捞努力量的管理策略。模拟结果显示, 银鲳和大泷六线鱼处于过渡捕捞状态; 小黄鱼种群规模具有较大波动和不确定性; 长蛇鲻种群未遭受过度捕捞。研究表明, 基于有限数据评估方法的管理策略可以有效避免潜在的过度捕捞, 提升遭受过度捕捞群体的产卵群体生物量规模, 具有较好的可持续性, 并能维持可观的产量, 在我国具有广泛的运用前景。

关键词: 渔业; 资源评估; 管理策略评价; 数据有限方法; 海州湾

中图分类号: S 932

文献标志码: A

渔业资源评估在现代渔业管理中运用广泛, 但传统的资源评估方法需要大量的数据^[1], 比如产量、捕捞努力量、年龄结构等渔业数据和资源丰度指数等。然而在全球范围内, 大部分渔业面临数据不足的问题。相关研究表明, 美国、欧盟和新西兰认定的数据有限渔业(data-limited stock)分别占其本国渔业群体的59%、61%和80%^[2-4]。为科学管理这些数据有限的渔业, “数据有限的资源评估”(data-limited methods, DLM)应运而生并被广泛运用。DLM的实施主要通过采用相对简单的管理策略(management procedure, MP)对捕捞进行管控, 一般分为输入控制(控制捕捞努力量)和输出控制(控制捕捞量)两种。美国、欧盟和新西兰已经对其数据有限的渔业进行了基于MP的DLM评估和管理, 有效避免了过度捕捞; 南非的渔业管理则将数据充足方法和数据有限方法相结合来管理数据充足的渔业, 每年进行一次DLM评估以调整努力量, 每数年进行一次数据充足评估以调整参考点, 在较低成本下取得了较好的管理效果^[5-6]。

根据严格的定义, 我国几乎所有的渔业都属于数据不足的范畴, 具体表现为渔业生产数据和科研数据在时间和空间尺度上不统一。尽管相关研究已经致力于提升这两方面数据的可靠性^[7-8], 但数据缺失的问题仍然存在。此外, 我国近海渔业资源由于长期缺乏科学的渔业管理, 表现出了严重的衰退趋势, 具体特征为单位捕捞努力量渔获量(catch per unit effort, CPUE)不断下降^[9], 渔获个体小型化低质化严重^[10], 因此DLM在我国具有广泛的运用前景。然而目前我国在DLM领域的研究依然较少^[11], 更无利用DLM的实例。本研究选取了海州湾海域的四种经济鱼类, 利用管理策略评价(management strategy evaluation, MSE)模拟了基于DLM的MP的管理效果, 旨在解答: 1)可用的最佳DLM管理策略; 2)DLM管理策略的可持续性; 3)DLM管理策略是否牺牲了过多的产量以保证可持续性。以为相关管理部门提供科学依据, 并拓展DLM在我国渔业管理中的运用。

收稿日期: 2017-09-11 修回日期: 2017-10-31

资助项目: 中央高校基本科研业务费专项(201612004); 国家自然科学基金(31772852)

通信作者: 任一平, E-mail: renyip@ouc.edu.cn

DLM相关研究中运用广泛。目前国内MSE相关研究数量较少^[21], 主要用于远洋渔业^[22], 尚未用于近海渔业资源研究。本研究中的MSE内部包含3个子模型(表1), 其中操作种群动力学信息由“生活史数据”中获得。本研究的MSE假设当前

4种鱼类的渔业均处于平衡状态。为保证模拟随机性, 种群动力学和数据观测过程相关参数通过平均分布抽样获得, 并分别对4个物种的4种MP进行了2 000次MSE模拟, 设定模拟期限为10年, 主要考察DLM在中等时间尺度上的表现。

表 1 管理策略评价子模型设计

Tab. 1 Design of sub-models of management strategy evaluation

子模型 sub-model	功能 function	模型设计 model design
操作模型 operating model	模拟种群动力学过程 simulate the population dynamics	基于平衡假设的年龄结构模型 age-structured model assuming state of equilibrium
连接模型 connection model	模拟数据观测过程 simulate the data observation process and management implementation	引入数据观测误差 introduce bias into data observation
管理策略模型 management procedure model	模拟评估和捕捞政策制定 simulate the evaluation and determination of harvest control rules	利用管理策略确定捕捞限制 set catch limit based on management procedure

1.5 数据有限管理策略

本研究共选择了4种MP对4种鱼类的渔业分别进行MSE模拟(表2)。其中minlenLopt政策利用最适宜生物量对应体长(L_{opt})设定捕捞体长选择性。Froese等^[23]的研究表明一个世代在不遭受捕捞时, 其生物量会在体长为L_{opt}时达到最大值, L_{opt}的计算公式:

$$L_{opt} = \frac{b}{(M/K) + b} \tag{3}$$

式中M为自然死亡率, K为von Bertalanffy生长参数, b为体长—体质量关系幂指数。matlenlim和minlenLopt所需数据通过实验室样本分析和体长分析获得, CurE和CurE75利用捕捞努力量数据, 因此实验将matlenlim和minlenLopt称为基于体长的MP, 将CurE和CurE75称为基于努力量的MP。

1.6 初始产量和产卵亲体生物量评估

对当前的4种渔业在模拟开始前的初始产量和产卵亲体生物量(spawning stock biomass, SSB)评估均以表1中基于年龄结构的种群动力学模型为基础。初始产量由Baranov公式求得:

$$C = \sum \frac{F}{F + M} (1 - e^{-(F+M)}) N_i \tag{4}$$

式中C为产量, F为捕捞死亡系数, M为自然死亡系数, N_i为各年龄组个体数, 初始总产量由各年龄组产量求和获得。SSB为种群可产卵亲体生物量, 一般被用于反映渔业种群的可持续性。初始SSB由如下公式求得:

$$SSB = \sum mat \times N_i \times w_i \tag{5}$$

式中SSB为初始SSB, w_i为各年龄组个体体质量, 初始SSB由各年龄组SSB求和获得。

基于种群动力学模型假设当前补充量恒定, 对4个物种初始的补充量进行了调谐校准, 该过程会产生一定偏差; 年龄结构模型和体长结构模型组合过程中也产生了一定偏差。将两部分偏差相结合获得总偏差E, 用于设定对初始产量和SSB计算的置信区间(表3), 即在初始置信区间内的值均可被认定为初始产量和SSB水平。

1.7 结果分析

对MSE模拟结果进行三个方面的统计分析。首先, 利用产量与过度捕捞间的权衡以选

表 2 四种用于管理策略评价的数据有限管理策略

Tab. 2 Four management procedures used in management strategy evaluation

管理策略 MP	策略性质 MP property	捕捞管理策略 harvest control rule
CurE	基于努力量 effort-based	保持当前的捕捞努力量 maintain current effort level
CurE75	基于努力量 effort-based	保持当前捕捞努力量的75% maintain 75% of current effort level
matlenlim	基于体长 length-based	将网具选择性曲线调整至与性成熟曲线重合 adjust the gear selectivity ogive to match the maturation ogive
minlenLopt	基于体长 length-based	调整网具选择性曲线使种群生物量接近最适生物量对应体长 adjust the gear selectivity ogive curve to reach the optimal length

表 3 四个物种经过调谐后的初始参数值

Tab. 3 Initial parameters of four species after tuning

物种 species	恒定 补充量/尾 equilibrium recruitment	初始总 生物量/t initial biomass	置信 偏差E confidence deviation
银鲷 <i>Pampus argenteus</i>	463 692	53.02	0.06
小黄鱼 <i>Larimichthys polyactis</i>	3 229 194	75.95	0.44
大泷六线鱼 <i>Hexagrammos otakii</i>	349 040	33.21	0.88
长蛇鲻 <i>Saurida elongata</i>	441 387	86.53	0.20

拔最优MP，其中过度捕捞临界点为最大可持续产量(maximum sustainable yield, MSY)对应开发状态。此外，比较了4种鱼类的渔业当前和经过MP管理后的SSB，以反映DLM的可持续性。最后，比较了4种鱼类的渔业当前和经过MP管理后的产量。MSE模拟、DLM实施和数据分析均在R统计软件(Version 3.3.3)的“Data-Limited Methods Toolkit (DLMtool)”软件包中实现^[24]。

2 结果

2.1 管理策略权衡

基于体长的MP(matlenlim和minlenLopt)管理

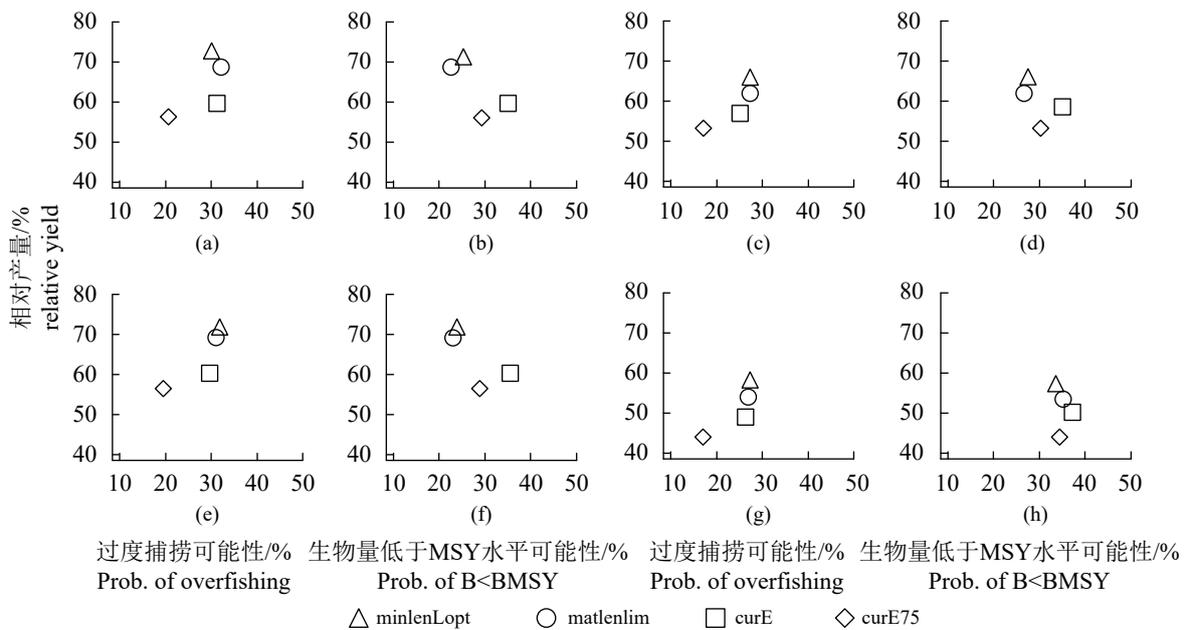


图 2 利用数据有限MP管理四种鱼类的产量和可持续性权衡

(a)(b)银鲷; (c)(d)小黄鱼; (e)(f)大泷六线鱼; (g)(h)长蛇鲻

Fig. 2 Trade-off between productivity and sustainability of four species managed by four tested data-limited MPs

(a)(b)*Pampus argenteus*; (c)(d)*Larimichthys polyactis*; (e)(f)*Hexagrammos otakii*; (g)(h)*Saurida elongata*

效果有较好的权衡，即在保持相对较高产量的同时不易产生过度捕捞。基于努力量的MP(CurE和CurE75)能够有效避免过度捕捞(图2)，但是对生物量保护效果逊于基于体长的MP，且产量相对较低。4种鱼类在DLM管理10年后发生过度捕捞和生物量崩溃的可能性较低，均在40%以下。

2.2 产卵亲体生物量

4种鱼类在DLM管理10年后的SSB水平和当前SSB水平比较如图3所示，4种鱼类的SSB均有50%以上的概率保持或高于当前水平，银鲷和长蛇鲻的SSB下降的可能性仅有不到25%，大泷六线鱼的SSB不存在下降可能，且有10%可能显著恢复，表明4种MP管理能够有效修复当前渔业。总体上，基于体长的MP对4种鱼类的SSB的恢复效果均优于基于努力量的MP。

2.3 产量

4种鱼类在DLM管理10年后的产量和当前产量表现出巨大的种间差异(图4)。其中，银鲷和小黄鱼产量有很大的可能性下降(分别为90%和75%);大泷六线鱼基本保持当前产量，但其绝对产量也有所下降;长蛇鲻的产量则出现增

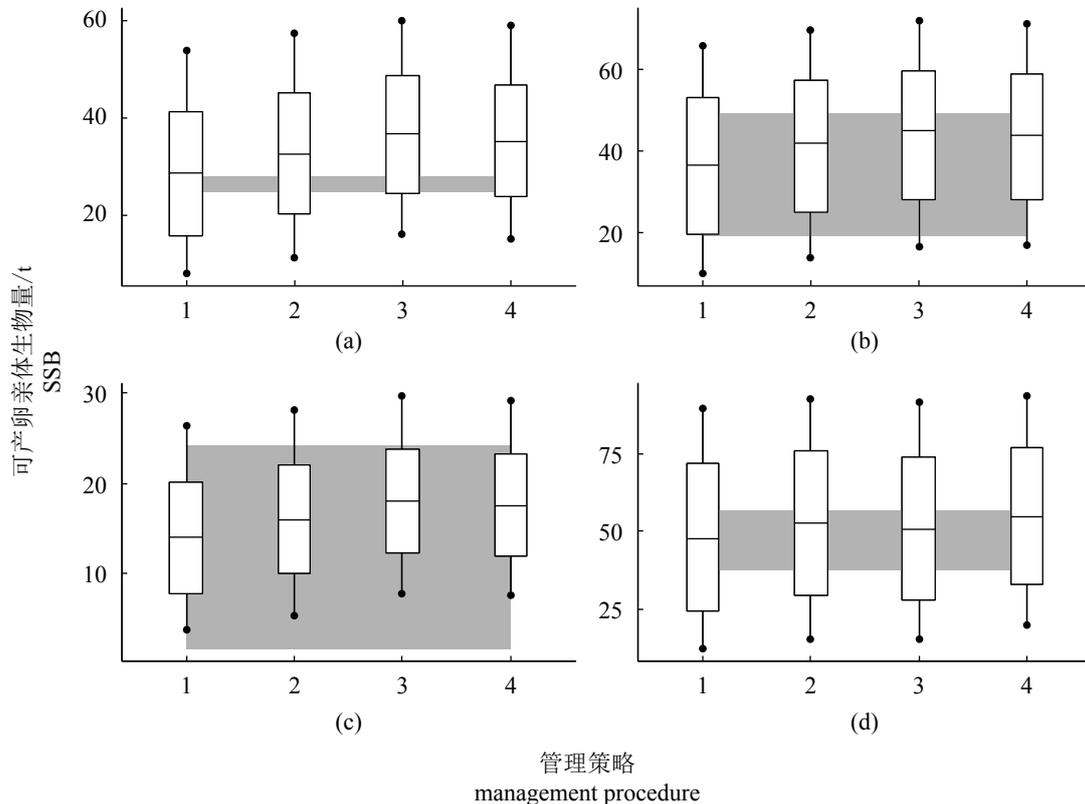


图3 利用数据有限MP管理四种鱼类的最终可产卵亲体生物量箱形图

(a)银鲳; (b)小黄鱼; (c)大泷六线鱼; (d)长蛇鲷。横坐标轴上,“1”为管理策略“curE”,“2”为管理策略“curE75”,“3”为管理策略“matenlim”,“4”为管理策略“minlenLopt”。灰色阴影代表当前可产卵亲体生物量水平置信区间,箱形图顶端节点、上端框线、中央水平线、下端框线和底端节点分别为90%、75%、50%、25%、10%,下同

Fig. 3 Boxplots of final SSB levels of four species managed by data-limited MPs

(a) *Pampus agenteus*; (b) *Larimichthys polyactis*; (c) *Hexagrammos otakii*; (d) *Saurida elongate*. Ticks of the X-axis from 1 to 4 represent MP “curE”, MP “curE75”, MP “matenlim”, and MP “minlenLopt”, respectively. Grey shades represent the confident interval of current SSB level, points and whiskers of boxplots from top to bottom represents 90%, 75%, 50%, 25%, 10% respectively, the same below

长,有50%以上的概率超过当前产量水平,并有75%以上的可能性达到产量的两倍。总体上,4种鱼类在基于体长的MP管理下,产量高于基于努力量的MP。

3 讨论

3.1 管理策略效果评价

本研究表明,DLM通过采用相对简单的管理策略对4种鱼类的捕捞生产进行模拟管控,在中等时间尺度上(10年)能有效地避免过度捕捞,实现了可持续的科学管理。管理策略评价结果表明,基于体长的MP管理海州湾4种鱼类的效果整体优于基于努力量的MP。基于体长的MP在过度捕捞和产量间取得了更好的权衡(图1),同时

能够有效提升可产卵亲体生物量的规模(图2,图3)。基于体长的MP和基于努力量的MP在管理效果上表现出一定的差异,这主要是由不同的管理机制导致的。基于体长的MP实质上是通过保护产卵群体的保护提升种群规模,保护了补充群体,进而提升了产量;而基于努力量的MP仅仅是调整了针对全部个体的捕捞努力量,并不能避免对补充群体的过度捕捞。

基于体长的MP与传统资源评估方法的核心相同,都是对产卵群体的保护,但数据有限方法相比之下仍有一定不足。传统资源评估方法利用全面数据确定最大可持续产量(maximum sustainable yield, MSY),并基于SSB规模的参考点制定可捕量,兼顾了产量和可持续性;而基于体长的MP则通过调整选择性以维持SSB规模,虽

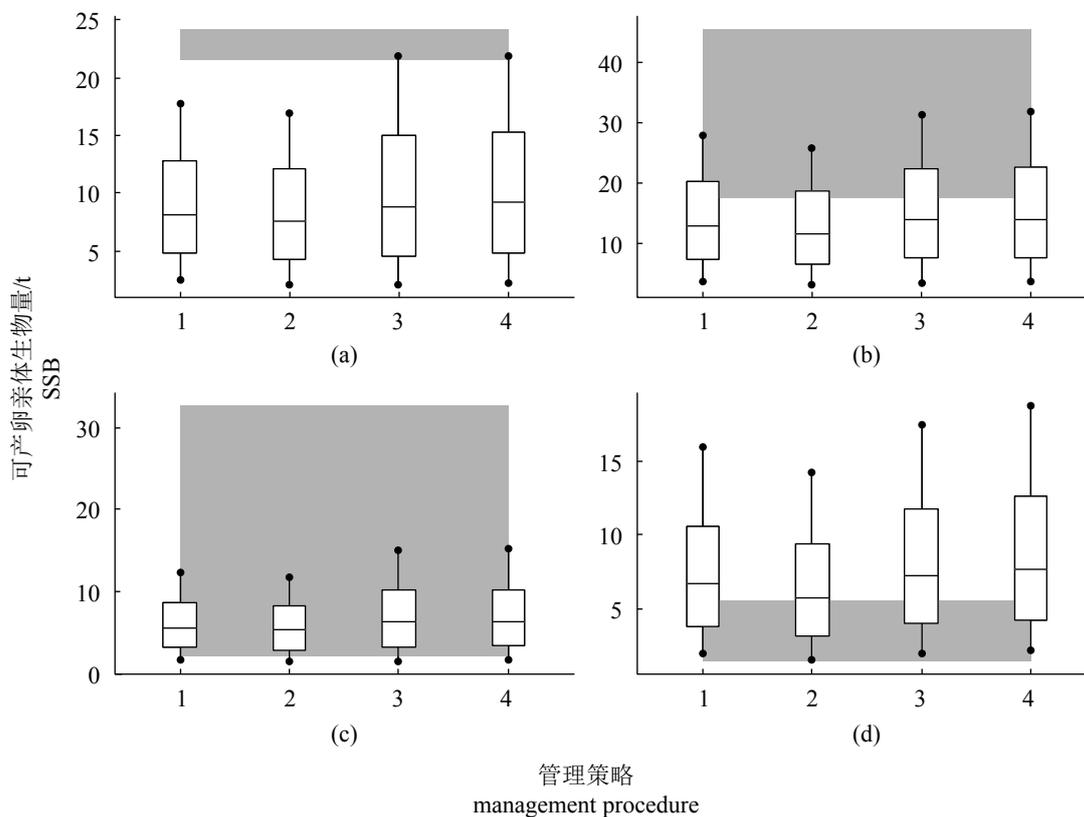


图4 利用数据有限MP管理四种鱼类的最终产量箱形图

Fig. 4 Boxplots of final yield levels of four species managed by data-limited MPs

然易于实施,但不能准确评估开发状态,无法确定绝对的MSY水平,只能依据权衡确定效果相对较好的MP。本研究中4种鱼类SSB和产量的差异表明,基于体长的MP的管理效果依赖于当前渔业的发展程度,适用于修复过度开发的渔业;而对于开发程度较低的渔业(如长蛇鲻),则不能充分开发其资源。基于努力量的MP在本研究中效果虽然逊色于基于体长的MP,但与CPUE数据结合后,能够建立基于可捕量的MP^[5-6],实现资源动态管理。因此,数据有限MP的管理效果实际受到多种因素的影响。

结合本研究中DLM对产量和SSB管理的效果进行综合分析,对海州湾海域4种渔业当前的开发状态进行了认定:银鲳、小黄鱼和大龙六线鱼处于过度捕捞状态,必须通过降低产量恢复SSB规模;相反的,长蛇鲻资源并未充分开发,经过管理后SSB和产量均能提升;而由于小黄鱼和大龙六线鱼的初始SSB和产量具有较大置信区间,对其资源量评估存在较大不确定性,说明在恒定假设下小黄鱼及大龙六线鱼在海州湾海域的资源量有较大波动,应谨慎控制进一

步开发。这些结论与相关研究结果较为一致^[14-15]。

3.2 研究假设和方法设计

总体上,本研究的假设和方法能基本满足数据不足条件下的MSE模拟和DLM研究,但一些不确定性值得注意。首先,平衡状态且补充稳定的假设忽视了世代差异造成的不确定性,也没有考虑环境因素和种群密度对补充过程的影响,这造成了对小黄鱼和大龙六线鱼资源量评估的不确定性。其次,底拖网调查具有特定选择性和固定作业水深,捕获个体可能不能全面反映种群结构,虽然公式(2)中使用可捕率对4个鱼种进行了修正,但其具体影响有可能存在体长差异。未来的DLM研究应当充分考虑鱼类补充的不确定性,同时采用多种调查方式提供更多的数据以全面反映种群结构。

3.3 有限数据资源评估的改善

受可用数据限制,本研究选取的DLM策略较少,限制了对捕捞管理政策的进一步优化,没有达到最佳的管理效果。结合国际研究热

点, 未来我国的DLM研究存在以下两种可能:

第一种是充分利用现有数据开发新的DLM方法和MP。Kokkalis等^[25]研究表明, 充分地利用有限数据能够降低对种群状态评估的不确定性。因此可以在现有有限数据基础上, 通过改良或建立新的DLM模型以改善DLM评估和管理效果, 如充分利用体长频数和产量^[26-27]。

第二种是积累更多的可用数据类型。Carruthers等^[28]研究表明, 基于多种不同类型数据构建的DLM政策的管理效果接近甚至优于数据充足的评估模型。因此引入更多类型的可用数据也可以提升DLM的管理效果, 如引入CPUE数据、资源群体未开发时的状态、时间序列的各年龄产量数据以建立动态管理模型。

第一种途径能够在短期内解决数据有限条件下的捕捞管理, 需要的资源投入较少。第二种途径则需要建立长期的、完善的数据采集机制, 包括捕捞努力量统计和周期性地科学调查, 渔船、渔港、市场的长期监测, 对海洋保护区的评估^[29]等。考虑到我国渔业管理的需求和发展, 未来应同时在上述两个方向推动DLM相关研究, 在实现科学评估的渔业管理基础上逐渐改善我国渔业数据不足的状态。

参考文献:

- [1] Pilling G M, Apostolaki P, Failler P, *et al.* Assessment and Management of Data-Poor Fisheries[M]//Payne A, Cotter J R, Potter T. *Advances in Fisheries Science: 50 Years on from Beverton and Holt*. Oxford: Blackwell Publishing, 2009: 1049-1053.
- [2] Newman D, Carruthers T, MacCall A, *et al.* Improving the science and management of data-limited fisheries: an evaluation of current methods and recommended approaches[R]. New York: Natural Resources Defense Council, 2014.
- [3] ICES. ICES Implementation of advice for data-limited stocks in 2012 in its 2012 advice[R]. ICES CM 2012/ACOM: 68,2012: 42.
- [4] Edwards C T T. Review of data-poor assessment methods for New Zealand fisheries[R]. New Zealand Fisheries Assessment Report No.2015/27.24, 2015.
- [5] Geromont H F, De Oliveira J A A, Johnston S J, *et al.* Development and application of management procedures for fisheries in southern Africa[J]. *ICES Journal of Marine Science*, 1999, 56(6): 952-966.
- [6] Geromont H F, Butterworth D S. Complex assessments or simple management procedures for efficient fisheries management: a comparative study[J]. *Ices Journal of Marine Science*, 2015, 72(1): 262-274.
- [7] Wang Y, Wang Y B, Zheng J. Analyses of trawling track and fishing activity based on the data of vessel monitoring system (VMS): a case study of the single otter trawl vessels in the Zhoushan Fishing ground[J]. *Journal of Ocean University of China*, 2015, 14(1): 89-96.
- [8] Xu B D, Zhang C L, Xue Y, *et al.* Optimization of sampling effort for a fishery-independent survey with multiple goals[J]. *Environmental Monitoring and Assessment*, 2015, 187: 252.
- [9] 林龙山, 程家骅, 凌建忠. 东海区底拖网渔业资源变动分析[J]. *海洋渔业*, 2007, 29(4): 371-374.
Lin L S, Cheng J H, Ling J Z. Analysis on recent status of the bottom trawl fishery resources in the East China Sea region[J]. *Marine Fisheries*, 2007, 29(4): 371-374(in Chinese).
- [10] 陈静娜, 俞存根. 我国沿岸渔场渔业管理困境与对策研究[J]. *水产学报*, 2015, 39(8): 1250-1256.
Chen J N, Yu C G. Research on predicament and countermeasures of fishery management of coastal fishing grounds in China[J]. *Journal of Fisheries of China*, 2015, 39(8): 1250-1256(in Chinese).
- [11] 刘尊雷, 金艳, 杨林林, 等. 基于有限数据的东海区小黄鱼资源评估及管理[C]//2016年中国水产学会学术年会论文摘要集. 成都: 中国水产学会, 2016.
Liu Z L, Jin Y, Yang L L, *et al.* Management of small yellow croaker in the East China Sea resources based on limited data[C]//Annual Conference of China Society of Fisheries. Chengdu: China Society of Fisheries, 2016(in Chinese).
- [12] 国家质量监督检验检疫总局. GB/T 12763.6-2007海洋调查规范第6部分: 海洋生物调查[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.
General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China. GB/T 12763.6-2007 Specifications for oceanographic survey - Part 6: Marine biological survey[S]. Beijing: Standards Press of China, 2008(in Chinese).
- [13] 李建生, 胡芬, 严利平. 东海区银鲳资源合理利用的研究[J]. *自然资源学报*, 2014, 29(8): 1420-1429.

- Li J S, Hu F, Yan L P. Study on the rational utilization of *Pampus argenteus* resources in the East China Sea region[J]. *Journal of Natural Resources*, 2014, 29(8): 1420-1429(in Chinese).
- [14] 孙远远, 咎肖肖, 徐宾铎, 等. 海州湾及邻近海域大泷六线鱼的生长、死亡和最适开捕体长研究[J]. *中国海洋大学学报*, 2014, 44(9): 46-52.
- Sun Y Y, Zan X X, Xu B D, *et al.* Growth, mortality and optimum catchable size of *Hexagrammos otakii* in Haizhou Bay and its adjacent waters[J]. *Periodical of Ocean University of China*, 2014, 44(9): 46-52(in Chinese).
- [15] Liu Q, Xu B D, Ye Z J, *et al.* Growth and mortality of small yellow croaker (*Larimichthys polyactis*) inhabiting Haizhou Bay of China[J]. *Journal of Ocean University of China*, 2012, 11(4): 557-561.
- [16] 刘西方. 海州湾两种高营养级鱼类摄食生态及其食物关系研究[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2015.
- Liu X F. Study on feeding ecology and food relations of two high trophic level fishes in Haizhou Bay[D]. Qingdao: Ocean University of China, 2015(in Chinese).
- [17] 王燕平. 长蛇鲭群体形态学与遗传学研究[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2015.
- Wang Y P. Study on morphology and genetics of *Saurida elongata*[D]. Qingdao: Ocean University of China, 2015(in Chinese).
- [18] Sparre P, Ursin E, Venema S C. Introduction to tropical fish stock assessment. Part 1: Manual[R]. Roma, Italy: FAO, 1989: 1287-1299.
- [19] 金显仕, 赵宪勇, 孟田湘, 等. 黄、渤海生物资源与栖息环境[M]. 北京: 科学出版社, 2005.
- Jin X S, Zhao X Y, Meng T X, *et al.* Biological Resources and Habitat Environment of the Yellow Sea and Bohai Sea[M]. Beijing: Science Press, 2005(in Chinese).
- [20] Punt A E, Butterworth D S, De Moor C L, *et al.* Management strategy evaluation: best practices[J]. *Fish and Fisheries*, 2016, 17(2): 303-334.
- [21] 何珊, 陈新军. 渔业管理策略评价及应用研究进展[J]. *广东海洋大学学报*, 2016, 36(5): 29-39.
- He S, Chen X J. Review on management strategy evaluation and its application in fishery[J]. *Journal of Guangdong Ocean University*, 2016, 36(5): 29-39(in Chinese).
- [22] 李志, 王家启, 田思泉. 印度洋黄鳍金枪鱼渔业管理策略评价的初步研究[J]. *上海海洋大学学报*, 2016, 25(2): 255-262.
- Li Z, Wang J Q, Tian S Q. Management strategy evaluation for yellowfin tuna fishery in Indian Ocean[J]. *Journal of Shanghai Ocean University*, 2016, 25(2): 255-262(in Chinese).
- [23] Froese R, Stern-Pirlot A, Winker H, *et al.* Size matters: how single-species management can contribute to ecosystem-based fisheries management[J]. *Fisheries Research*, 2008, 92(2-3): 231-241.
- [24] Carruthers T R, Hordyk A. DLMtool: data-limited methods toolkit[EB/OL]. <https://CRAN.R-Project.org/package=DLMtool>, 2017.
- [25] Kokkalis A, Thygesen U H, Nielsen A, *et al.* Limits to the reliability of size-based fishing status estimation for data-poor stocks[J]. *Fisheries Research*, 2015, 171: 4-11.
- [26] Hordyk A R, Ono K, Prince J D, *et al.* A simple length-structured model based on life history ratios and incorporating size-dependent selectivity: application to spawning potential ratios for data-poor stocks[J]. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 2016, 73(12): 1787-1799.
- [27] Kokkalis A, Eikeset A M, Thygesen U H, *et al.* Estimating uncertainty of data limited stock assessments[J]. *ICES Journal of Marine Science*, 2017, 74(1): 69-77.
- [28] Carruthers T R, Kell L T, Butterworth D D S, *et al.* Performance review of simple management procedures[J]. *ICES Journal of Marine Science*, 2015, 73(2): 464-482.
- [29] Hilborn R, Stokes K, Maguire J J, *et al.* When can marine reserves improve fisheries management?[J]. *Ocean & Coastal Management*, 2004, 47(3-4): 197-205.

Management strategy evaluation of fishery stocks in Haizhou Bay based on Data-Limited Methods

SUN Ming¹, ZHANG Chongliang¹, LI Yunzhou¹, XU Binduo¹, XUE Ying¹, REN Yiping^{1,2*}

(1. College of Fisheries, Ocean University of China, Qingdao 266003, China;

2. Qingdao Laboratory for Marine Fisheries Science and Food Production Processes,

National Laboratory for Marine Science and Technology, Qingdao 266237, China)

Abstract: Data-limited stock assessment with Data-Limited Methods (DLMs) is capable of evaluating and managing data-limited fisheries and widely used in the world. Fisheries in China are at high risk of overfishing but meanwhile subject to limited data, which makes DLMs the optimal scientific advisory tools to support management. However, DLMs are rarely studied and implemented in China. In order to examine the effectiveness of DLMs in China, the present study conducts management strategy evaluation (MSE) with four data-limited management procedures (MPs) on silvery pomfret (*Pampus argenteus*), small yellow croaker (*Larimichthys polyactis*), greenling (*Hexagrammos otakii*), and lizardfish (*Saurida elongate*) from Haizhou Bay. According to the results, MPs based on DLMs are proved to be sustainable fisheries management methods by effectively enhancing the spawning stock biomass of overfished stocks while maintaining a considerable level of yield. The length-based MPs (matlenlim and minlenLopt) outperformed the effort-based MPs (CurE and CurE75) with better trade-offs between yields and overfishing. The results also suggest that, with the implementation of DLMs, the overfished status of silvery pomfret and greenling can be improved, and the lizardfish stock can be better exploited. DLMs with the small yellow croaker stock are subject to fluctuation and uncertainty. In general, DLMs have broad application prospect in China.

Key words: fishery; stock assessment; management strategy evaluation (MSE); Data-Limited Methods (DLMs); Haizhou Bay

Corresponding author: REN Yiping. E-mail: renyip@ouc.edu.cn

Funding projects: Funds for the Central Universities (201612004); National Natural Science Foundation of China (31772852)