

Reliability of stock-recruitment function estimation in state space assessment models

Gregory L. Britten¹, Elizabeth Brooks², and Timothy Miller²

¹Woods Hole Oceanographic Institution

²Northeast Fisheries Science Center

September 2023

Abstract

Stock-recruitment functions are important but difficult to estimate.
Many assessment models do not estimate stock-recruitment functions.
Maybe state space models help.
Here we ...
We find ...
This has implications for ...

Introduction

Methods

We used the WHAM package (ref, commit 77bbd94)
We performed a simulation study with 96 operating models that differed in the stock recruitment function used to simulate the population and a variety of additional variance parameter settings. Variance parameter settings were determined by a review of the range of estimates from recent applications of WHAM in management of stocks of haddock, butterfish, and American plaice in the NE US.
We simulated 100 data sets for each operating model.
For each simulated data set we fit a set of 4 estimating models.

Operating Models

The general operating model structure follows that of Project 0, reviewed briefly here. The population model tracks 10 age classes: ages 1 to 10+, assuming spawning occurs 1/4 of the way through the year. The maturity at age was a logistic curve with $a_{50} = 2.89$ and $\text{slope} = 0.88$, assumed known in all estimation models.
Weight at age was generated with a LVB growth function

$$L_a = L_{\text{inf}} \left(1 - e^{-k(a-t_0)} \right)$$

with $t_0 = 0$, $L_{\text{inf}} = 85$, and $k = 0.3$. The length-weight relationship is

$$W_a = \theta_1 L_a^{\theta_2}$$

with $\theta_1 = e^{-12.1}$ and $\theta_2 = 3.2$.

We assume a Beverton-Holt stock-recruitment of the form

$$N_{1,y} = \frac{\alpha \text{SSB}_{y-1}}{1 + \beta \text{SSB}_{y-1}}$$

where α is referred to as the density-independent recruitment and β sets the strength of density-dependence. We specified unfished recruitment at $R_0 = e^{19}$ and $F_{MSY} = F_{\%40} = 0.348$ which corresponds to a steepness of 0.69, $\alpha = 0.60$, and $\beta = 2.4 * 10^{-5}$.

Estimating Models

Results

Discussion

Appendix A

References

Table 1: Distinguishing characteristics of the operating models

	Model	NAA_re	Ecov_obs_sig	Ecov_re_sig	obs_error	R_sig	Fhist	NAA_cor	Ecov_re_cor	Ecov_effect	Ecov_how
1	om.1	rec	0.10	0.10	L	0.10	H-MSY	0.20	0.20	0.10	1
2	om.2	rec	0.10	0.10	L	1.00	H-MSY	0.20	0.20	0.10	1
3	om.3	rec	0.10	0.10	L	0.10	MSY	0.20	0.20	0.10	1
4	om.4	rec	0.10	0.10	L	1.00	MSY	0.20	0.20	0.10	1
5	om.5	rec	0.10	0.10	L	0.10	H-MSY	0.80	0.20	0.10	1
6	om.6	rec	0.10	0.10	L	1.00	H-MSY	0.80	0.20	0.10	1
7	om.7	rec	0.10	0.10	L	0.10	MSY	0.80	0.20	0.10	1
8	om.8	rec	0.10	0.10	L	1.00	MSY	0.80	0.20	0.10	1
9	om.9	rec	0.10	0.10	L	0.10	H-MSY	0.20	0.80	0.10	1
10	om.10	rec	0.10	0.10	L	1.00	H-MSY	0.20	0.80	0.10	1
11	om.11	rec	0.10	0.10	L	0.10	MSY	0.20	0.80	0.10	1
12	om.12	rec	0.10	0.10	L	1.00	MSY	0.20	0.80	0.10	1
13	om.13	rec	0.10	0.10	L	0.10	H-MSY	0.80	0.80	0.10	1
14	om.14	rec	0.10	0.10	L	1.00	H-MSY	0.80	0.80	0.10	1
15	om.15	rec	0.10	0.10	L	0.10	MSY	0.80	0.80	0.10	1
16	om.16	rec	0.10	0.10	L	1.00	MSY	0.80	0.80	0.10	1
17	om.17	rec	0.10	0.10	L	0.10	H-MSY	0.20	0.20	1.00	1
18	om.18	rec	0.10	0.10	L	1.00	H-MSY	0.20	0.20	1.00	1
19	om.19	rec	0.10	0.10	L	0.10	MSY	0.20	0.20	1.00	1
20	om.20	rec	0.10	0.10	L	1.00	MSY	0.20	0.20	1.00	1
21	om.21	rec	0.10	0.10	L	0.10	H-MSY	0.80	0.20	1.00	1
22	om.22	rec	0.10	0.10	L	1.00	H-MSY	0.80	0.20	1.00	1
23	om.23	rec	0.10	0.10	L	0.10	MSY	0.80	0.20	1.00	1
24	om.24	rec	0.10	0.10	L	1.00	MSY	0.80	0.20	1.00	1
25	om.25	rec	0.10	0.10	L	0.10	H-MSY	0.20	0.80	1.00	1
26	om.26	rec	0.10	0.10	L	1.00	H-MSY	0.20	0.80	1.00	1
27	om.27	rec	0.10	0.10	L	0.10	MSY	0.20	0.80	1.00	1
28	om.28	rec	0.10	0.10	L	1.00	MSY	0.20	0.80	1.00	1
29	om.29	rec	0.10	0.10	L	0.10	H-MSY	0.80	0.80	1.00	1
30	om.30	rec	0.10	0.10	L	1.00	H-MSY	0.80	0.80	1.00	1
31	om.31	rec	0.10	0.10	L	0.10	MSY	0.80	0.80	1.00	1
32	om.32	rec	0.10	0.10	L	1.00	MSY	0.80	0.80	1.00	1
33	om.33	rec	0.10	0.10	L	0.10	H-MSY	0.20	0.20	0.10	2
34	om.34	rec	0.10	0.10	L	1.00	H-MSY	0.20	0.20	0.10	2
35	om.35	rec	0.10	0.10	L	0.10	MSY	0.20	0.20	0.10	2
36	om.36	rec	0.10	0.10	L	1.00	MSY	0.20	0.20	0.10	2
37	om.37	rec	0.10	0.10	L	0.10	H-MSY	0.80	0.20	0.10	2
38	om.38	rec	0.10	0.10	L	1.00	H-MSY	0.80	0.20	0.10	2
39	om.39	rec	0.10	0.10	L	0.10	MSY	0.80	0.20	0.10	2
40	om.40	rec	0.10	0.10	L	1.00	MSY	0.80	0.20	0.10	2
41	om.41	rec	0.10	0.10	L	0.10	H-MSY	0.20	0.80	0.10	2
42	om.42	rec	0.10	0.10	L	1.00	H-MSY	0.20	0.80	0.10	2
43	om.43	rec	0.10	0.10	L	0.10	MSY	0.20	0.80	0.10	2
44	om.44	rec	0.10	0.10	L	1.00	MSY	0.20	0.80	0.10	2
45	om.45	rec	0.10	0.10	L	0.10	H-MSY	0.80	0.80	0.10	2
46	om.46	rec	0.10	0.10	L	1.00	H-MSY	0.80	0.80	0.10	2
47	om.47	rec	0.10	0.10	L	0.10	MSY	0.80	0.80	0.10	2
48	om.48	rec	0.10	0.10	L	1.00	MSY	0.80	0.80	0.10	2
49	om.49	rec	0.10	0.10	L	0.10	H-MSY	0.20	0.20	1.00	2
50	om.50	rec	0.10	0.10	L	1.00	H-MSY	0.20	0.20	1.00	2
51	om.51	rec	0.10	0.10	L	0.10	MSY	0.20	0.20	1.00	2
52	om.52	rec	0.10	0.10	L	1.00	MSY	0.20	0.20	1.00	2
53	om.53	rec	0.10	0.10	L	0.10	H-MSY	0.80	0.20	1.00	2
54	om.54	rec	0.10	0.10	L	1.00	H-MSY	0.80	0.20	1.00	2
55	om.55	rec	0.10	0.10	L	0.10	MSY	0.80	0.20	1.00	2
56	om.56	rec	0.10	0.10	L	1.00	MSY	0.80	0.20	1.00	2
57	om.57	rec	0.10	0.10	L	0.10	H-MSY	0.20	0.80	1.00	2
58	om.58	rec	0.10	0.10	L	1.00	H-MSY	0.20	0.80	1.00	2
59	om.59	rec	0.10	0.10	L	0.10	MSY	0.20	0.80	1.00	2
60	om.60	rec	0.10	0.10	L	1.00	MSY	0.20	0.80	1.00	2
61	om.61	rec	0.10	0.10	L	0.10	H-MSY	0.80	0.80	1.00	2
62	om.62	rec	0.10	0.10	L	1.00	H-MSY	0.80	0.80	1.00	2
63	om.63	rec	0.10	0.10	L	0.10	MSY	0.80	0.80	1.00	2
64	om.64	rec	0.10	0.10	L	1.00	MSY	0.80	0.80	1.00	2
65	om.65	rec	0.10	0.10	L	0.10	H-MSY	0.20	0.20	0.10	4
66	om.66	rec	0.10	0.10	L	1.00	H-MSY	0.20	0.20	0.10	4
67	om.67	rec	0.10	0.10	L	0.10	MSY	0.20	0.20	0.10	4
68	om.68	rec	0.10	0.10	L	1.00	MSY	0.20	0.20	0.10	4
69	om.69	rec	0.10	0.10	L	0.10	H-MSY	0.80	0.20	0.10	4
70	om.70	rec	0.10	0.10	L	1.00	H-MSY	0.80	0.20	0.10	4
71	om.71	rec	0.10	0.10	L	0.10	MSY	0.80	0.20	0.10	4
72	om.72	rec	0.10	0.10	L	1.00	MSY	0.80	0.20	0.10	4
73	om.73	rec	0.10	0.10	L	0.10	H-MSY	0.20	0.80	0.10	4
74	om.74	rec	0.10	0.10	L	1.00	H-MSY	0.20	0.80	0.10	4
75	om.75	rec	0.10	0.10	L	0.10	MSY	0.20	0.80	0.10	4
76	om.76	rec	0.10	0.10	L	1.00	MSY	0.20	0.80	0.10	4
77	om.77	rec	0.10	0.10	L	0.10	H-MSY	0.80	0.80	0.10	4
78	om.78	rec	0.10	0.10	L	1.00	H-MSY	0.80	0.80	0.10	4
79	om.79	rec	0.10	0.10	L	0.10	MSY	0.80	0.80	0.10	4
80	om.80	rec	0.10	0.10	L	1.00	MSY	0.80	0.80	0.10	4
81	om.81	rec	0.10	0.10	L	0.10	H-MSY	0.20	0.20	1.00	4
82	om.82	rec	0.10	0.10	L	1.00	H-MSY	0.20	0.20	1.00	4
83	om.83	rec	0.10	0.10	L	0.10	MSY	0.20	0.20	1.00	4
84	om.84	rec	0.10	0.10	L	1.00	MSY	0.20	0.20	1.00	4
85	om.85	rec	0.10	0.10	L	0.10	H-MSY	0.80	0.20	1.00	4
86	om.86	rec	0.10	0.10	L	1.00	H-MSY	0.80	0.20	1.00	4
87	om.87	rec	0.10	0.10	L	0.10	MSY	0.80	0.20	1.00	4
88	om.88	rec	0.10	0.10	L	1.00	MSY	0.80	0.20	1.00	4
89	om.89	rec	0.10	0.10	L	0.10	H-MSY	0.20	0.80	1.00	4
90	om.90	rec	0.10	0.10	L	1.00	H-MSY	0.20	0.80	1.00	4
91	om.91	rec	0.10	0.10	L	0.10	MSY	0.20	0.80	1.00	4
92	om.92	rec	0.10	0.10	L	1.00	MSY	0.20	0.80	1.00	4
93	om.93	rec	0.10	0.10	L	0.10	H-MSY	0.80	0.80	1.00	4
94	om.94	rec	0.10	0.10	L	1.00	H-MSY	0.80	0.80	1.00	4
95	om.95	rec	0.10	0.10	L	0.10	MSY	0.80	0.80	1.00	4
96	om.96	rec	0.10	0.10	L	1.00	MSY	0.80	0.80	1.00	4

Table 2: Distinguishing characteristics of the estimating models

	ecov_how	r_mod
1	0	BH
2	1	BH
3	2	BH
4	4	BH