

Камчатский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и
океанографии
Ильин О.И.
ilin.o.i@kamniro.ru

Описание программы «ТАС»

Программа «ТАС» позволяет, опираясь на результаты когортных моделей с сепарабельным представлением промысловой смертности, получить точечные и интервальные оценки величины ОДУ на два года вперёд (при условии, что в первый прогнозный год значение ОДУ известно) в соответствии с предосторожным подходом к управлению промыслом [1].

1 Входные данные

Входными данными являются:

- численность особей по возрастным группам $N_{0,j}$ на начало терминального (предпрогнозного) года;
- стандартная ошибка натурального логарифма численности особей по возрастным группам на начало предпрогнозного года;
- коэффициенты селективности s_j по возрастным группам в терминальный год;
- стандартная ошибка натурального логарифма коэффициентов селективности;
- масса организмов m_j по возрастам;
- доля половозрелых особей ρ_j по возрастным группам;
- мгновенные коэффициенты естественной смертности по возрастам;
- среднее значение пополнения в прогнозные годы;
- граничный и целевой ориентиры по биомассе;
- граничный и целевой ориентиры по промысловой смертности;
- общий вылов в предпрогнозный год и ОДУ в первый прогнозный год;
- интервал значений возможного вылова во второй прогнозный год для оценки рисков перелома по росту и пополнению.
- промежуток времени от начала года до даты начала промысла (в долях года);
- продолжительность промысла (в долях года).

Результаты работы программы:

- оценки численности по возрастным группам $N_{1,j}, N_{2,j}$ в прогнозные годы (на начало года);
- точечные оценки ОДУ по возрастным группам $C_{1,j}, C_{2,j}$ в прогнозные годы;

- оценки и вероятностные характеристики биомассы нерестового запаса в прогнозные годы (на начало года);
- оценки и вероятностные характеристики коэффициента промысловой смертности в прогнозные годы;
- интервальные оценки ОДУ в прогнозный год;
- оценки рисков перелома по росту и пополнению;
- динамика запаса при действующем правиле регулирования промысла в долгосрочной перспективе;

2 Основные соотношения

В основе расчетов уравнение улова Баранова [2]:

$$C_{i,j} = \frac{F_{i,j}N_{i,j}}{F_{i,j} + M_j} [1 - \exp(-(F_{i,j} + M_j))], \quad (1)$$

здесь i — год промысла, j — возраст особей, $C_{i,j}$ — улов (ОДУ) особей j -ой возрастной группы в i -ый год, $F_{i,j}$ — коэффициент (мгновенный) промысловой смертности особей j -ой возрастной группы в i -ый год, M_j — коэффициент (мгновенный) естественной смертности особей j -ой возрастной группы, $N_{i,j}$ — численность особей j -ой возрастной группы в i -ый год, подчиняющаяся уравнению

$$N_{i,j} = N_{i-1,j-1} \exp(-(F_{i,j} + M_j)). \quad (2)$$

Если промысел имеет ярко выраженную сезонность, уравнения (1,2) преобразуются к виду:

$$C_{i,j} = \frac{F_{i,j}N_{i,j} \exp(-\alpha M_j)}{F_{i,j} + M_j} [1 - \exp(-\delta(F_{i,j} + M_j))], \quad (3)$$

$$N_{i,j} = N_{i-1,j-1} \exp(-\delta F_{i,j} - M_j), \quad (4)$$

где α — промежуток времени от начала года до даты начала промысла (в долях года), δ — продолжительность промысла (в долях года).

Сепарабельное представление промысловой смертности. Предполагается, что коэффициент (мгновенный) промысловой смертности $F_{i,j}$ особей j -ой возрастной группы в i -ый год промысла равен произведению зависящей от возраста селективности s_j , $0 < s_j \leq 1$ и зависящего от года промысла коэффициента промысловой смертности селективно полностью изымаемой возрастной группы f_i , т.е., [4, 3]:

$$F_{i,j} = s_j f_i.$$

Рекомендуемое значение коэффициента промысловой смертности в i -ый прогнозный год f_i^{rec} рассчитывается в соответствии со схемой предосторожного подхода к управлению промыслом (рис. 1) [1]:

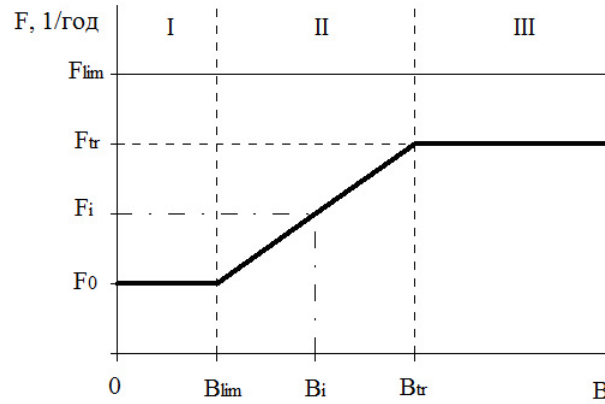


Рисунок 1. — Схема регулирования промысла.

3 Статистическое моделирование. Анализ рисков.

Для нахождения статистических характеристик оцениваемых величин и анализа рисков перелова по росту и пополнению используется метод Монте-Карло:

1. Задается достаточно большое число реализаций N . На k -ой реализации с помощью датчика случайных чисел, настроенного на нормальные законы распределения, разыгрываются случайные ошибки $e_{N_{0,j}}, e_{s_j}$. Неопределенность в значения численности на начало предпрогнозного года и коэффициенты селективности вносится логнормальным шумом:

$$N_{0,j}^k = N_{0,j} \exp\left(-\frac{1}{2}\sigma_{N_{0,j}}^2 + e_{N_{0,j}}^k\right), \quad e_{N_{0,j}} \sim N(0, \sigma_{N_{0,j}}).$$

$$s_j^k = s_j \exp\left(-\frac{1}{2}\sigma_{s_j}^2 + e_{s_j}^k\right), \quad e_{s_j} \sim N(0, \sigma_{s_j}).$$

2. Из уравнения (3) по заданному значению ОДУ приближенно определяются значения коэффициента промысловой смертности в предпрогнозный год. По формуле (4) рассчитываются значения численности на начало первого прогнозного года.
3. Далее, из уравнения (3) по заданному значению ОДУ приближенно определяются значения коэффициента промысловой смертности в первый прогнозный год. По формуле (4) рассчитываются значения численности на начало второго прогнозного года.
4. По формуле (3), исходя из правила регулирования промысла, определяются значение ОДУ на второй прогнозный год.
5. После получения N промежуточных оценок ОДУ осуществляется их статистическая обработка: находятся среднее, дисперсия и процентиля его распределения. Анализ рисков сводится к следующему. Для каждого из равностоящих значений ОДУ из интервала возможного вылова находится вероятность того, что коэффициент промысловой смертности во втором прогножном году не превысит граничного ориентира по промысловой смертности (перелов по росту), и вероятность того, что биомасса производителей к началу следующего года не

опустится ниже граничного ориентира по биомассе (перелов по пополнению). Кроме того, находится условная вероятность падения нерестовой биомассы ниже биологически безопасного уровня в долгосрочной перспективе (10 лет), как функция заданного на эту перспективу уровня промысловой эксплуатации.

4 Работа с программой.

После нажатия на кнопку «ТАС» в диалоговом окне следует ввести имя файла начальных данных в формате «.xls». Данные должны быть введены в определенном порядке, как представлено на рис.2, пример ввода есть в файле «Sample.xls».

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	Возрастных групп	13	Предпрогн	2007								
2	Численность по возрастам на начало предпрогнозного года	1380.515	413.628	594.0663	397.9145	297.4892	155.2309	78.47587	46.51409	33.64768	23.22007	16.46449
3	Стандартная ошибка логарифма численности, $\sigma(\ln(e))$	0.3	0.3	0.298	0.27	0.229	0.183	0.227	0.231	0.234	0.254	0.246
4	S (селективность) по возрастам	0.018099	0.065854	0.213133	0.513587	0.811363	0.9525	0.993388	0.999998	0.997053	0.991615	0.985557
5	Стандартная ошибка логарифма селективности, $\sigma(\ln(e))$	0.249	0.215	0.22	0.19	0.106	0.039	0.01	0.017	0.034	0.052	0.07
6	МКЕС	0.426	0.357	0.254	0.232	0.274	0.279	0.323	0.311	0.312	0.318	0.294
7	Масса	0.101309	0.213572	0.357512	0.521789	0.696008	0.871767	1.042846	1.204996	1.355592	1.49326	1.617539
8	Доля зрелых	0.002895	0.030817	0.258273	0.792238	0.976613	0.997818	0.9998	0.999982	0.999998	1	1
9	Среднее пополнение в прогнозные годы	1131.										
10	Blim	607.6	Btr	890.								
11	Flim	0.369	F0	0	Ftr	0.3						
12	Общий вылов в предпрогнозный год (ед. биомассы)	106.7										
13	Общий вылов (ОДУ) в первый прогнозный год (ед. биомассы)	118.6										
14		min	max									
15	Диапазон возможного вылова во второй прогнозный год	0	300									
16	Число интервалов разбиения	30	Шар разби	10								
17	Число реализаций метода Монте-Карло, N	2000										
18	Промежуток времени от начала года до даты начала промысла (в	0										
19	Продолжительность промысла (в долях года)	1										
20												

Рисунок 2. — Файл начальных данных.

Если данные введены верно, программа произведет расчет и осуществит вывод результатов.

5 Вывод результатов.

Вывод результатов осуществляется после успешного выполнения процедуры минимизации целевой функции.

- В текстовый файл «ТАС» сохраняются оценки численности и ОДУ по возрастным группам, а также среднее, среднее квадратическое отклонение и интервальные оценки величины ОДУ, биомассы и коэффициентов промысловой смертности в прогнозные годы.
- Результаты анализа рисков сохраняются в текстовый файл «Risk».

Литература

1. Бабаян В.К. Предосторожный подход к оценке общего допустимого улова (ОДУ). Анализ и рекомендации по применению. М.: Издательство ВНИРО. 2000. 190 с.
2. Баранов Ф.И. К вопросу о биологических основаниях рыбного хозяйства. Изв. Отдела рыбоводства и научн.-промысл. Исслед. Т.1, вып.1. с.84 -128.
3. Pope J. G. and J. G. Shepherd. 1982. A simple method for consistent interpretation of catch-at-age data. J. Cons. Cons. Int. Explor. Mer. 40: p. 176 -184.

4. Doubleday W.G. 1976. A Least Squares Approach to analyzing catch at age data
// ICNAF, Res.Bull. N 12. P. 69-81.