

Расчет лимита уловов для запасов с
недостаточными данными. Depletion-
Based Stock Reduction Анализ (DB-
SRA)

Установление лимита уловов в условиях недостаточных данных

- DCAC изначально предложен MacCall (2009) для расчета устойчивых уловов
 - Не позволяет оценить прямо уровень перелова
- DB-SRA является расширением DCAC, оценивает прямо уровень перелова
- (Dick and MacCall 2011)
 - Требуется полная история улова
- Только надежный улов (ORCS) (Berkson et al. 2011)
- Оценка MSY на основе улова и устойчивости запаса к вылову (Martell and Froese 2012)

Главный вывод # 1

Имеющиеся подходы к ситуациям с недостаточным объемом данных являются по сути оценками вылова, которые обоснованы на ряде допущений. Они не позволяют сделать выводов о состоянии запаса.

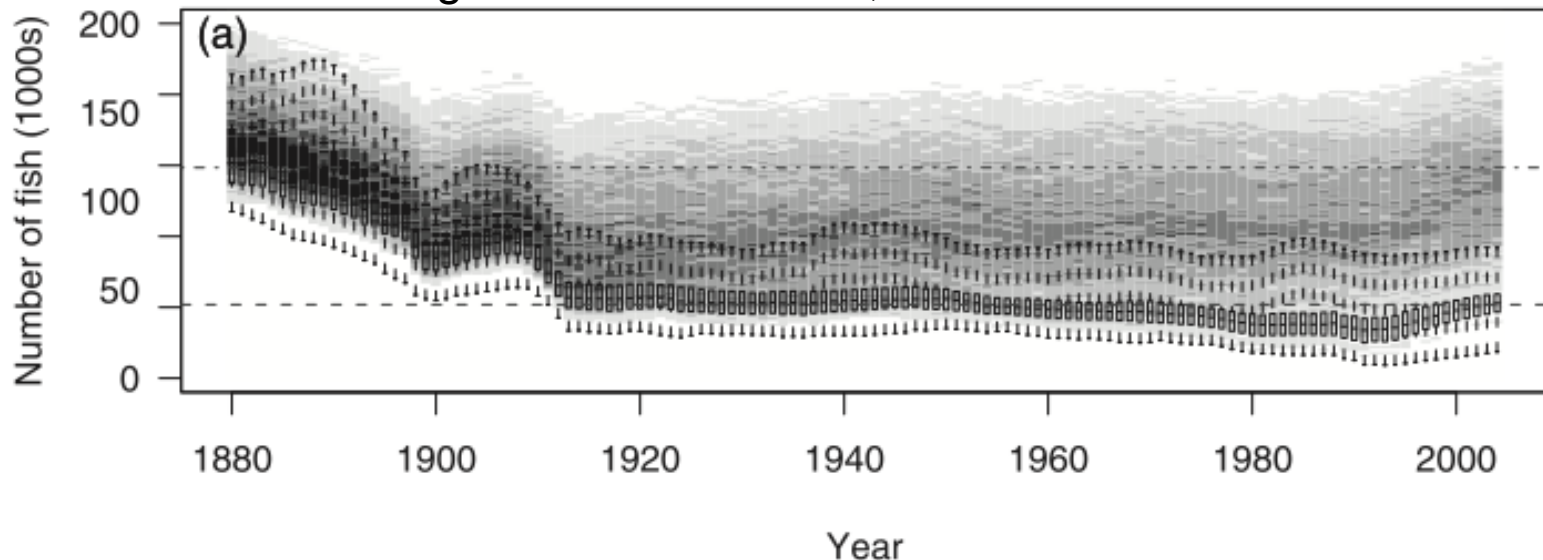
Что такое DB-SRA?

- Комбинация DCAC и метода редуционного анализа запаса (SRA)
 - Both DCAC and stochastic SRA are in the NMFS toolbox
 - SRA разработан Kimura and Tagart 1982 и Walters et al. 2006

Редукционный анализ запаса

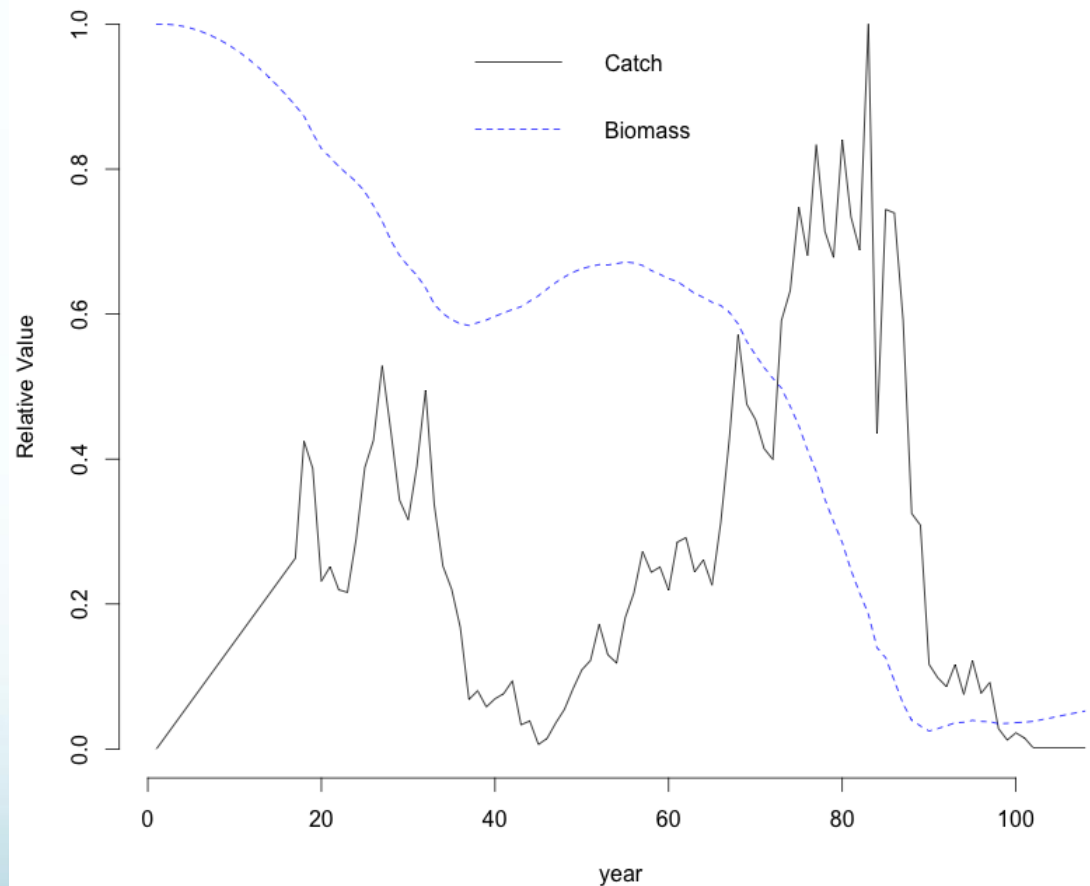
- Estimate recruitment events that would allow for the observed catches
 - Allows use of long-term catch data
 - Used to help determine stock-recruit parameters
 - Useful for determining BRPs (R_0 , B_0)
- More of a supplemental tool than a stock assessment method

White Sturgeon in Fraser River, from Walters et al. 2006



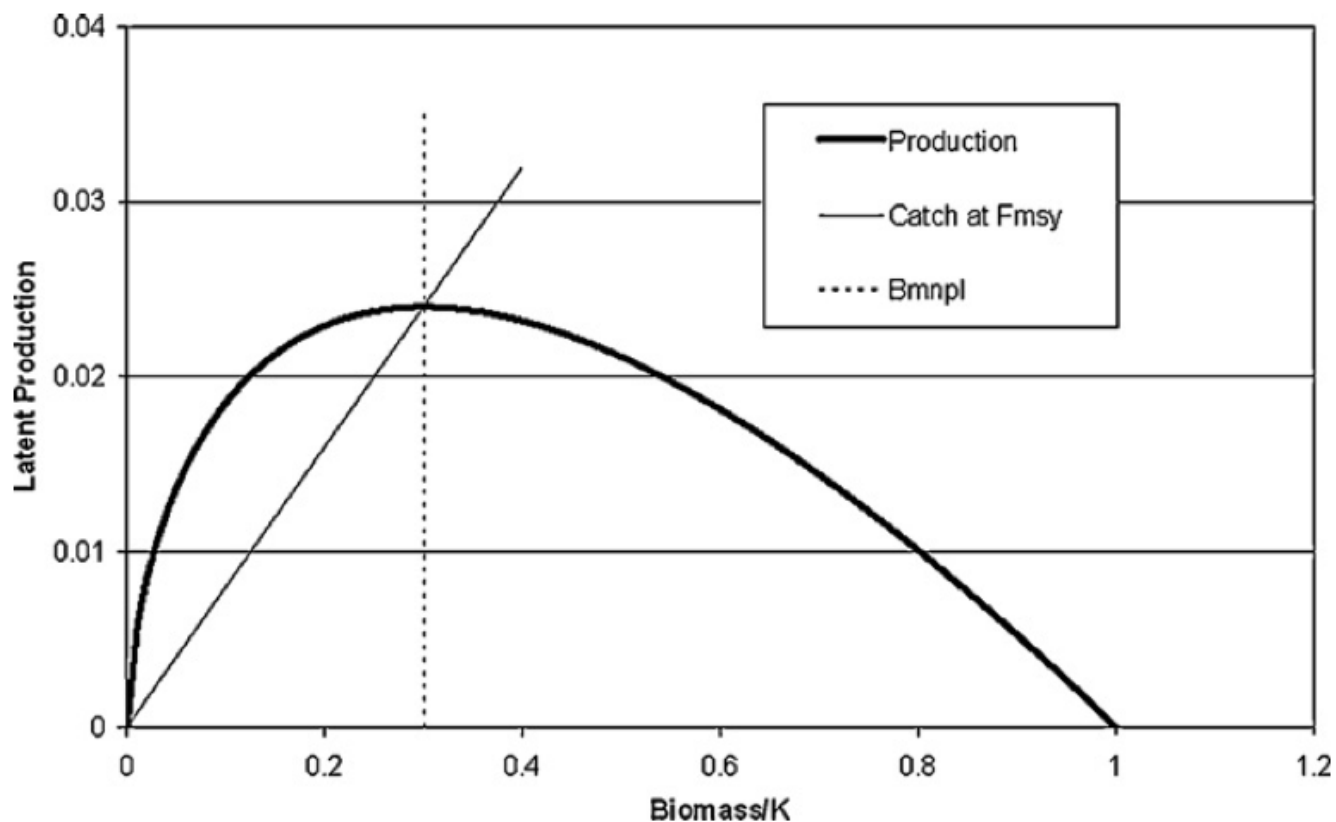
DB-SRA In a Nutshell

- Какова должна быть максимальная емкость популяции, которая могла бы обеспечить наблюдаемые уловы?
- Необходимо иметь информацию (или предположения) по динамике производства и размера запаса на данный момент



Предположим что продукция биомассы описывается моделью Pella-Tomlinson

$$B(t) = B(t-1) + P(t-a) - C(t-1)$$



Требуемые вводные

- Полная история уловов
- Предположения о:
 - Естественной смертности, M
 - соотношения F_{MSY} / M
 - соотношения B_{MSY} / K
 - соотношения $B_{current} / K$
- Оцениваем K , и все остальное что нам нужно

Оценка уронвя перелова OFL

- OFL = улов при F_{MSY}
- $OFL = B_{current} \times U_{MSY}$
- U_{MSY} – коэффициент эксплоатации при F_{MSY}

$$\text{OFL} = B_{\text{current}} \times U_{\text{MSY}}$$

- Estimating F_{MSY} is difficult
- $F_{\text{MSY}} = M \times F_{\text{MSY}} / M$
- M can be estimated using a variety of methods
- F_{MSY} / M may be easier to determine from other stocks

$$U_{\text{MSY}} = \frac{F_{\text{MSY}}}{M + F_{\text{MSY}}} \left[1 - e^{(-M - F_{\text{MSY}})} \right]$$

$$\text{OFL} = \mathbf{B}_{\text{current}} \times U_{\text{MSY}}$$

P-T модификация (by Fletcher 1975)

$$P(t-a) = gm \left(\frac{B(t-a)}{K} \right) - gm \left(\frac{B(t-a)}{K} \right)^n$$

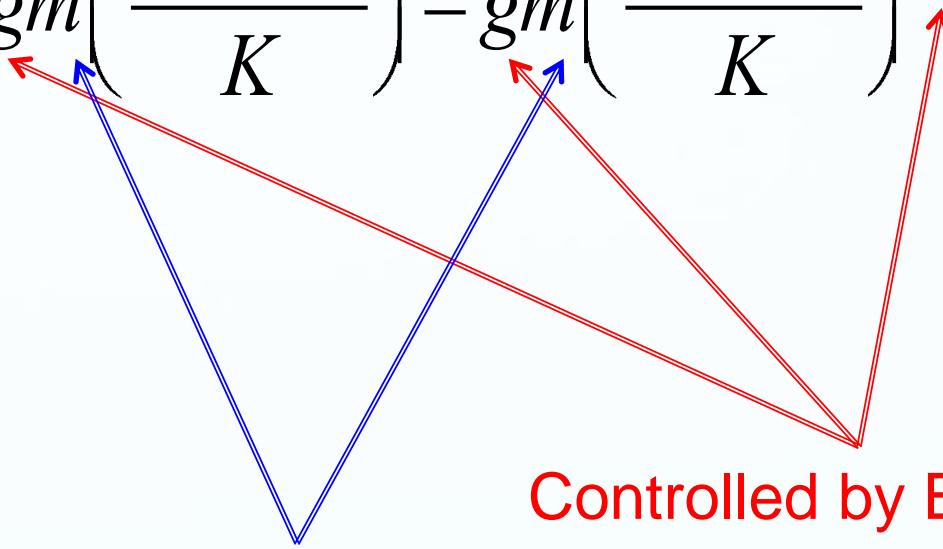
n определяет
уровень
биомассы где
происходит пик
продукции

$$\frac{B_{MSY}}{K} = n^{\frac{1}{n-1}} \quad n \neq 1$$

$$\frac{B_{MSY}}{K} = e^{-1} \quad n = 1$$

$$g = \frac{n^{\frac{n}{n-1}}}{n-1}$$

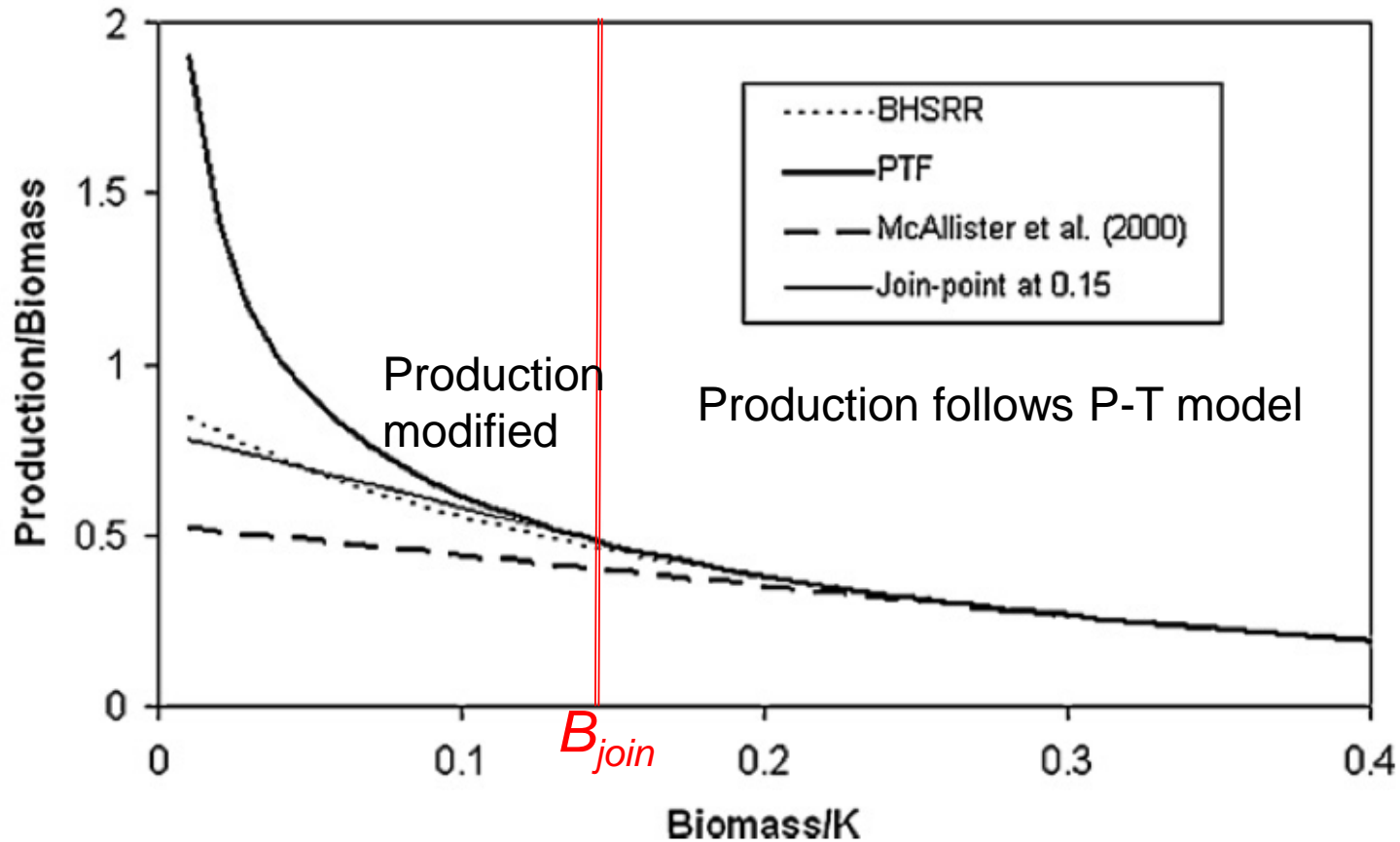
$$m = MSY$$

$$P(t - a) = gm \left(\frac{B(t - a)}{K} \right) - gm \left(\frac{B(t - a)}{K} \right)^n$$


Controlled by B_{MSY} / K

Controlled by M , F_{MSY} / M ,
 B_{MSY} / K , and the estimate of
 K

Pella-Tomlinson модель предсказывает очень высокую продукцию при низком уровне биомассы, особенно когда $V_{max}/K < e^{-1}$



Модифицируем продукционную функцию (когда $B < B_{join}$)

1) Определим B_{join} from B_{MSY} / K

- $B_{MSY} / K \leq 0.3$: $B_{join} / K = 0.5 \times B_{MSY} / K$
- $0.3 < B_{MSY} / K < 0.5$ $B_{join} / K = 0.75 \times B_{MSY} / K - 0.075$
- $B_{MSY} / K \geq 0.5$ Use PT model

2) Расчет продукции

$$P(t - a) = B(t - a) \left(\frac{P(B_{join})}{B_{join}} + c(B(t - a) - B_{join}) \right)$$

$$c = (1 - n)g \cdot m \cdot B_{join}^{n-2} K^{-n}$$

Конечные этапы расчета

- Предположение рры уровне запаса как доли от максимальной емкости, $B_{current} / K$
- Оцениваем K которая приведет к предположенному соотношению $B_{current} / K$
- Расчитываем искомые величины

$$B_{MSY} = K \frac{B_{MSY}}{K}$$

$$F_{MSY} = M \frac{F_{MSY}}{M}$$

$$MSY = B_{MSY} \cdot U_{MSY}$$

$$B_{current} = K \frac{B_{current}}{K}$$

$$OFL = B_{current} \cdot U_{MSY}$$

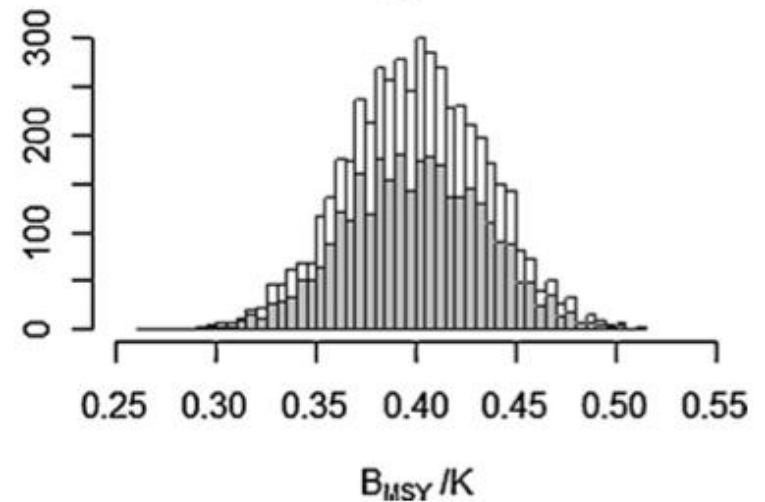
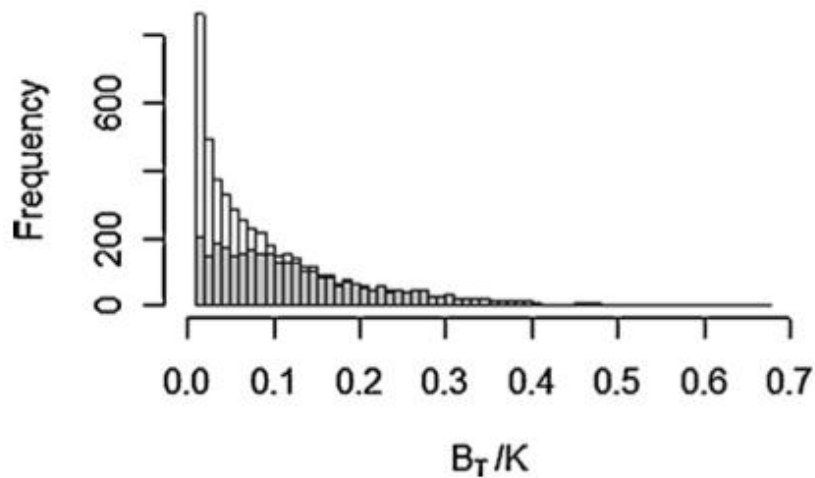
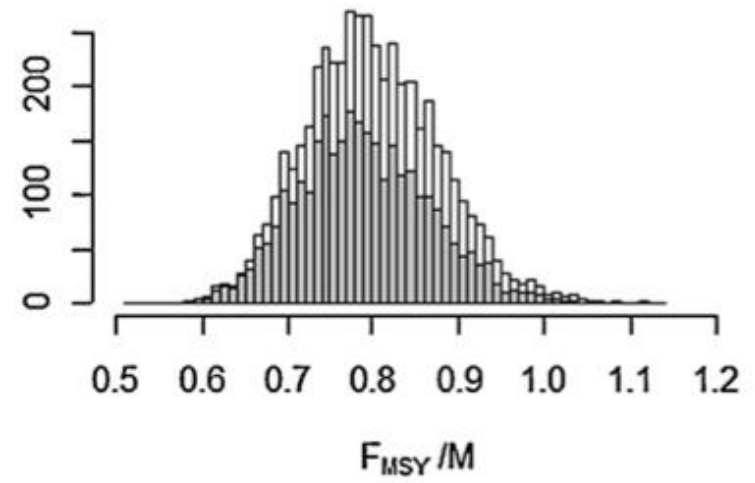
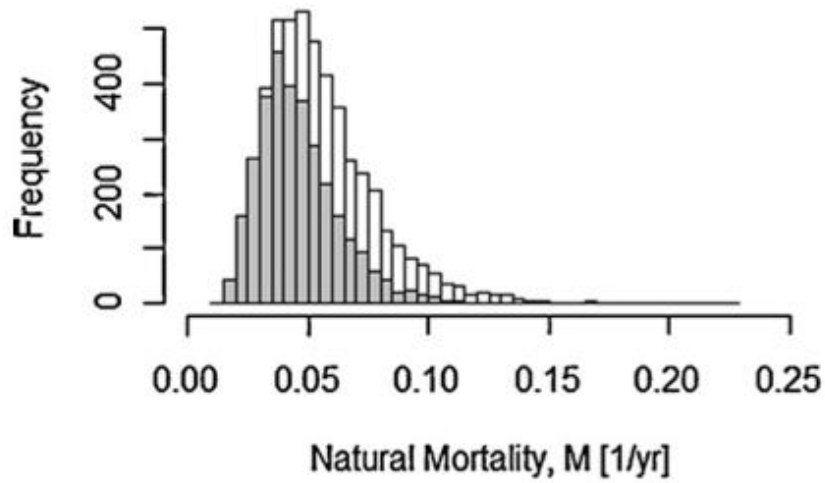
Метод Монте Карло

- Многие параметры имеют значительную неопределенность
- Используя метод Монте Карло, многократно перебираем величины параметров и рассчитываем K
- Для определенных сочетаний параметров невозможно получить приемлемую величину K

Распределения

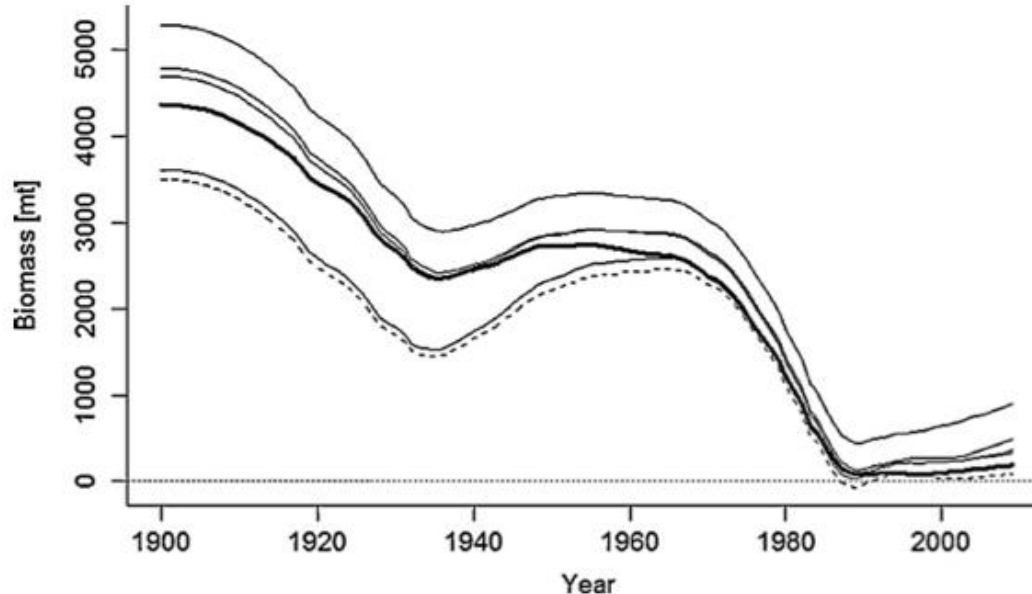
Parameter	Range	Distributions
M	$0 - \infty$	Lognormal , Uniform
F_{MSY} / M	$0 - \infty$	Lognormal , Uniform
B_{MSY} / K	$0 - 1$ (0.2 – 0.7 more likely)	Beta , Uniform
$B_{current} / K$	$0 - 1$	Beta , Uniform

Cowcod (*Sebastes levis*)



Отклоняемые варианты

- Отклоняем варианты которые производят отрицательную биомвссу
- Отклоняем варианты которые производят оценку соотношения $V_{current} / K$ слишком отличающуюся от изначально предположенного



Расчетные шаги

1) Выбираем случайно величины

- M
- F_{MSY}/M
- B_{MSY}/K
- $B_{current}/K$

2) рассчитываем U_{MSY}

3) Находим численное решение для n (на основе B_{MSY}/K)

4) Рассчитываем g

5) Определяем начальную величину K



6) рассчитываем MSY ($m = K \cdot B_{MSY} / K \cdot U_{MSY}$)

7) рассчитываем B_{join} (if $B_{MSY} / K < 0.5$)

8) Итеративно находим K

- прогнозируем биомассу от $t=0$ ($B = K$) до последнего года

($B = B_{current}$)

- Отрицаем “плохие” решения, сохраняем наборы параметров

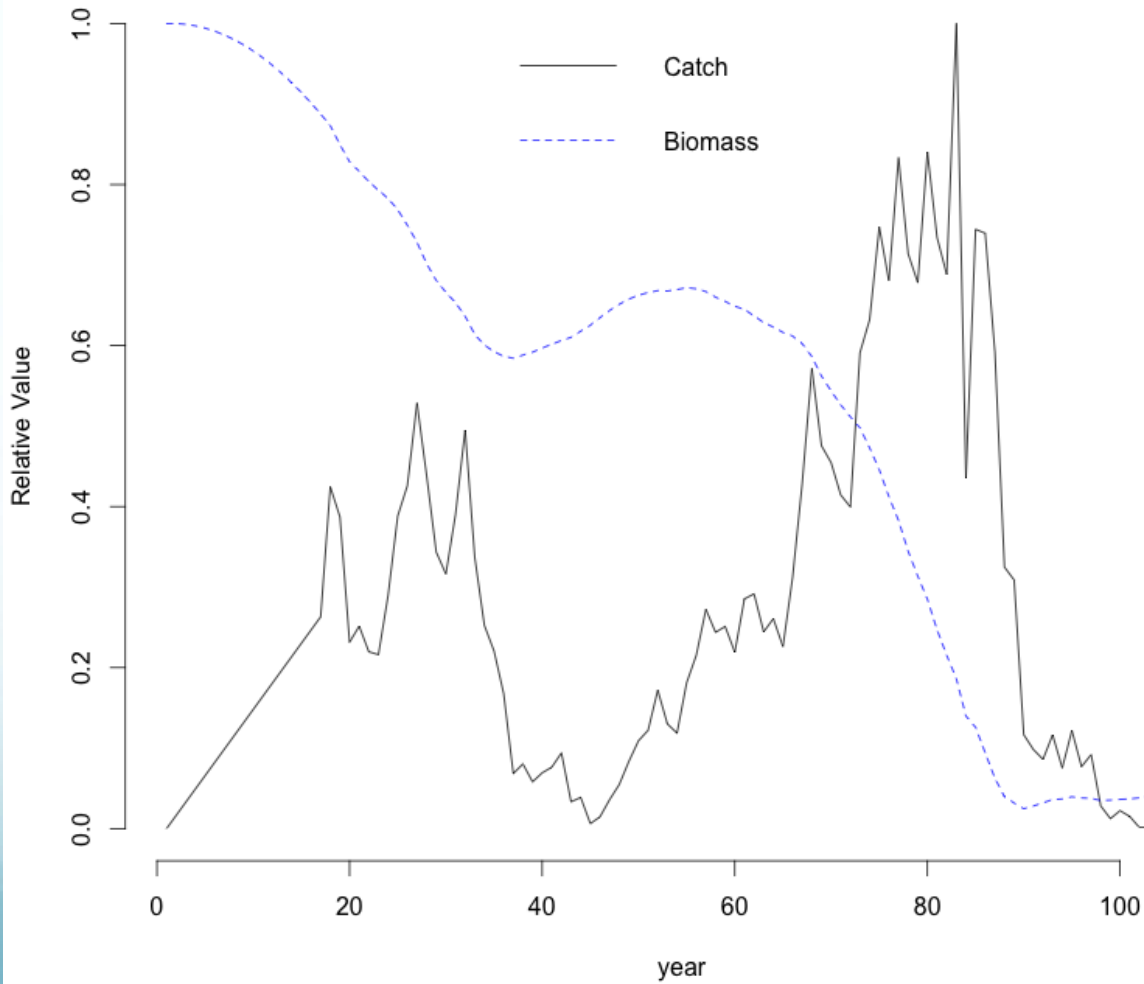
- сохраняем “хорошие” решения и наборы параметров

9) Рассчитываем параметры управления (B_{MSY} , OFL, etc.)

10) Повторяем 1-9 выбранное количество раз

11) Изменяем исходные распределения параметров и повторяем 1-10 если необходимо

Example 1: Cowcod

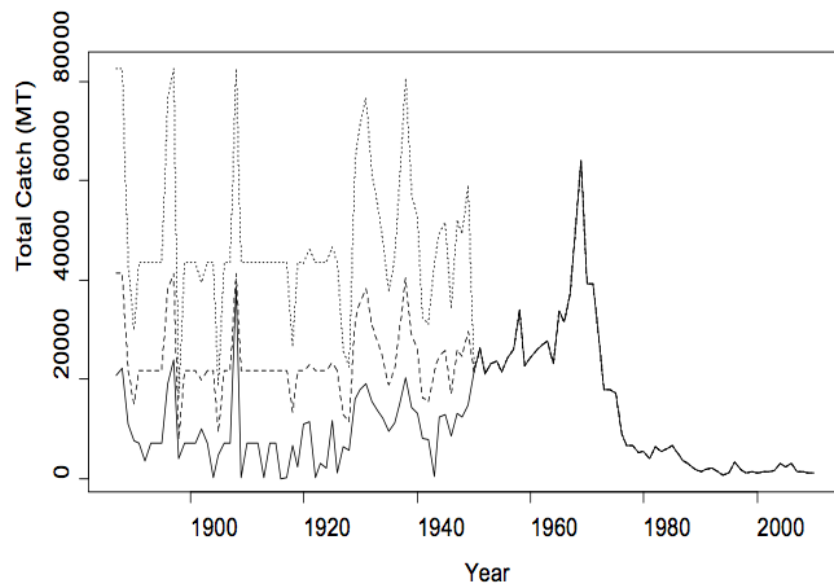
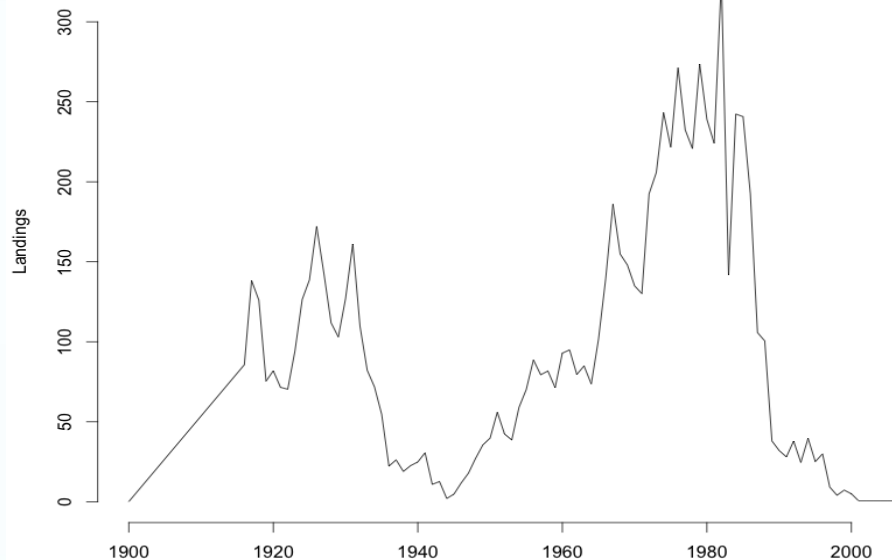


Setting Up the Model

- Необходимые вводные:
 - Полная история вылова (начиная с $t = 0$, но не обязательно до самого последнего года)
 - Распределения для (M , F_{MSY}/M , etc.)
 - Начальная оценка K
 - Возраст созревания

Получение статистики исторических уловов

- Статистика по историческим уловам может быть нерегулярной или очень ненадежной
- Можно предположить наличие неопределенности в исторических уловах на ранних этапах или в целом
- Можно исследовать разнообразные предположения об уровне уловов в начальный период



Решения по вводным данным

- 1) Pick a distribution for each parameter
 - Lognormal (always +)
 - Beta (bounded between 0 and 1)
 - Normal
 - Uniform
- 2) Specify the mean and std. deviation (or the C.V.) for each distribution (except the Uniform)
- 3) **Start broad** – refine distributions after checking the output

Specifying M

- M can be determined from life-history information
 - Values can vary widely, so use multiple approaches when possible
 - Intense exploitation can bias parameters
- How much uncertainty?
 - Can use uncertainty estimated in these fits

Reference

Equation

Rule of thumb

$$3/a_{max}$$

Hoening (1983)

$$\exp(1.46 - 1.01 \ln[a_{max}])$$

Jensen (1996) K

$$1.60K$$

Jensen (1996) a_{mat}

$$1.65/a_{mat}$$

Pauly (1980)

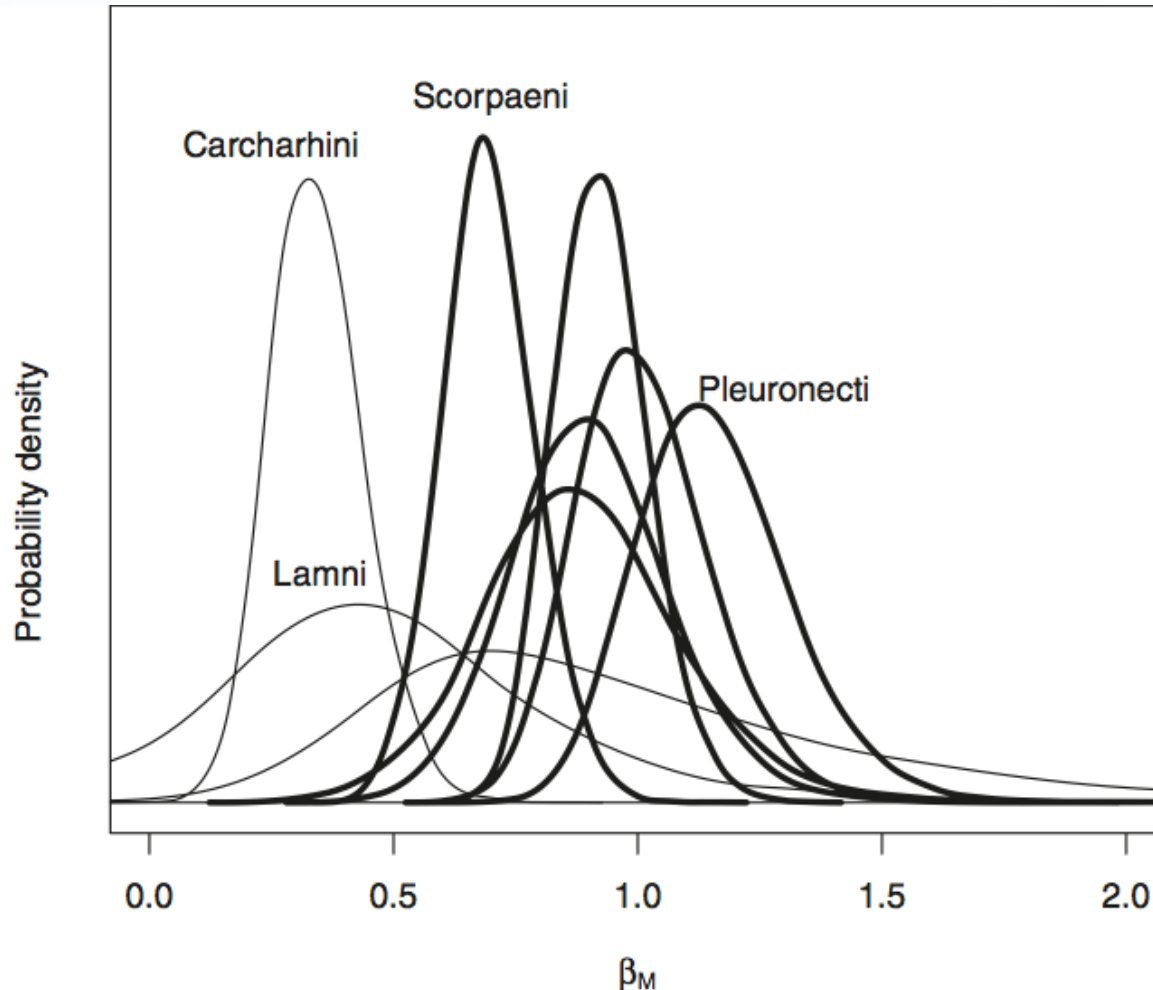
$$\exp \left(\begin{array}{l} -0.0152 - 0.279 \ln[L_{\infty}] \\ +0.6543 \ln[K] + 0.4634 \ln[T] \end{array} \right)$$

Gunderson (1997)

$$1.79GSI$$

Specifying F_{MSY} / M

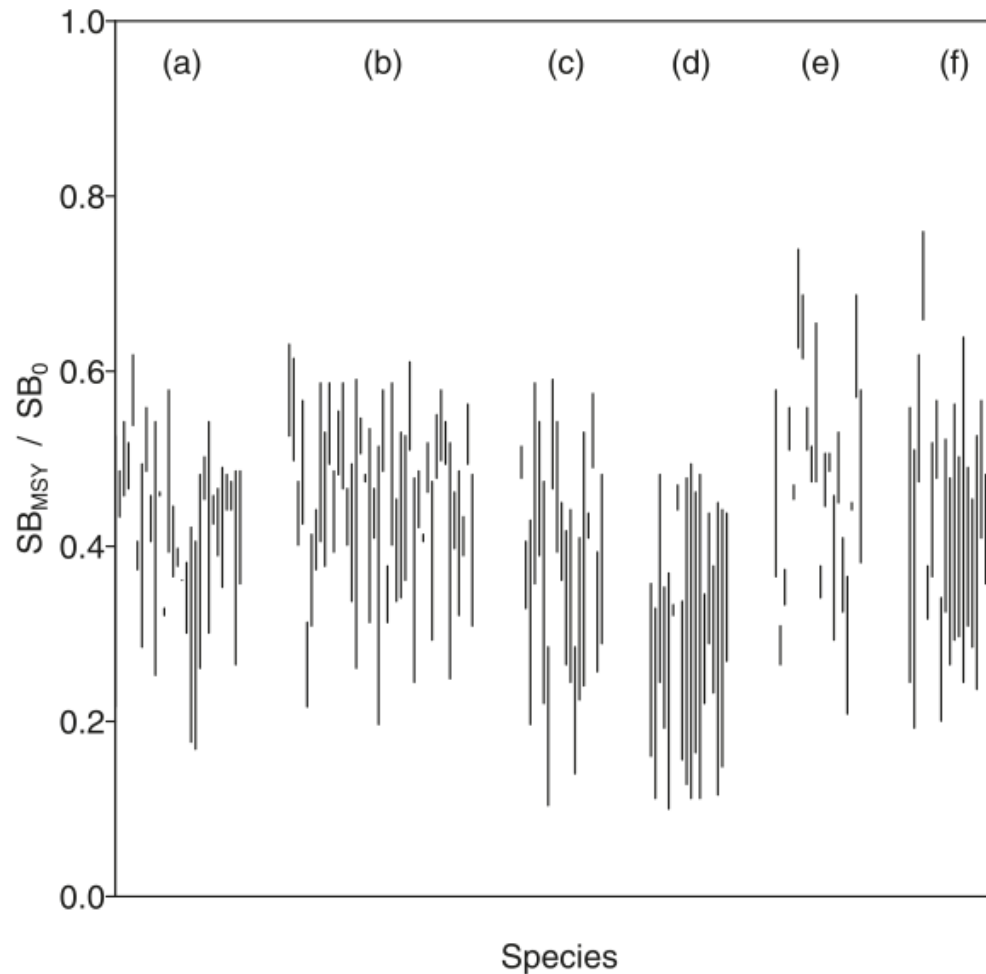
Recent meta-analysis by Zhou et al. (2012)



Specifying B_{MSY} / K

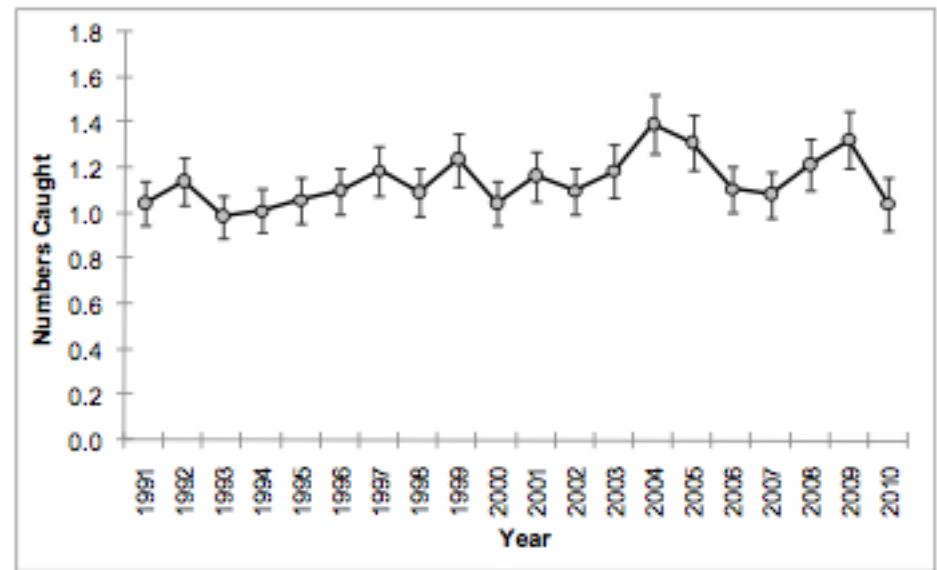
In press meta-analysis by Thorson et al. (in CJFAS)

but not maximum length. (a) Pleuronectiformes; (b) Gadiformes;
(c) Perciformes; (d) Clupeiformes; (e) Scorpaeniformes; (f) Other.

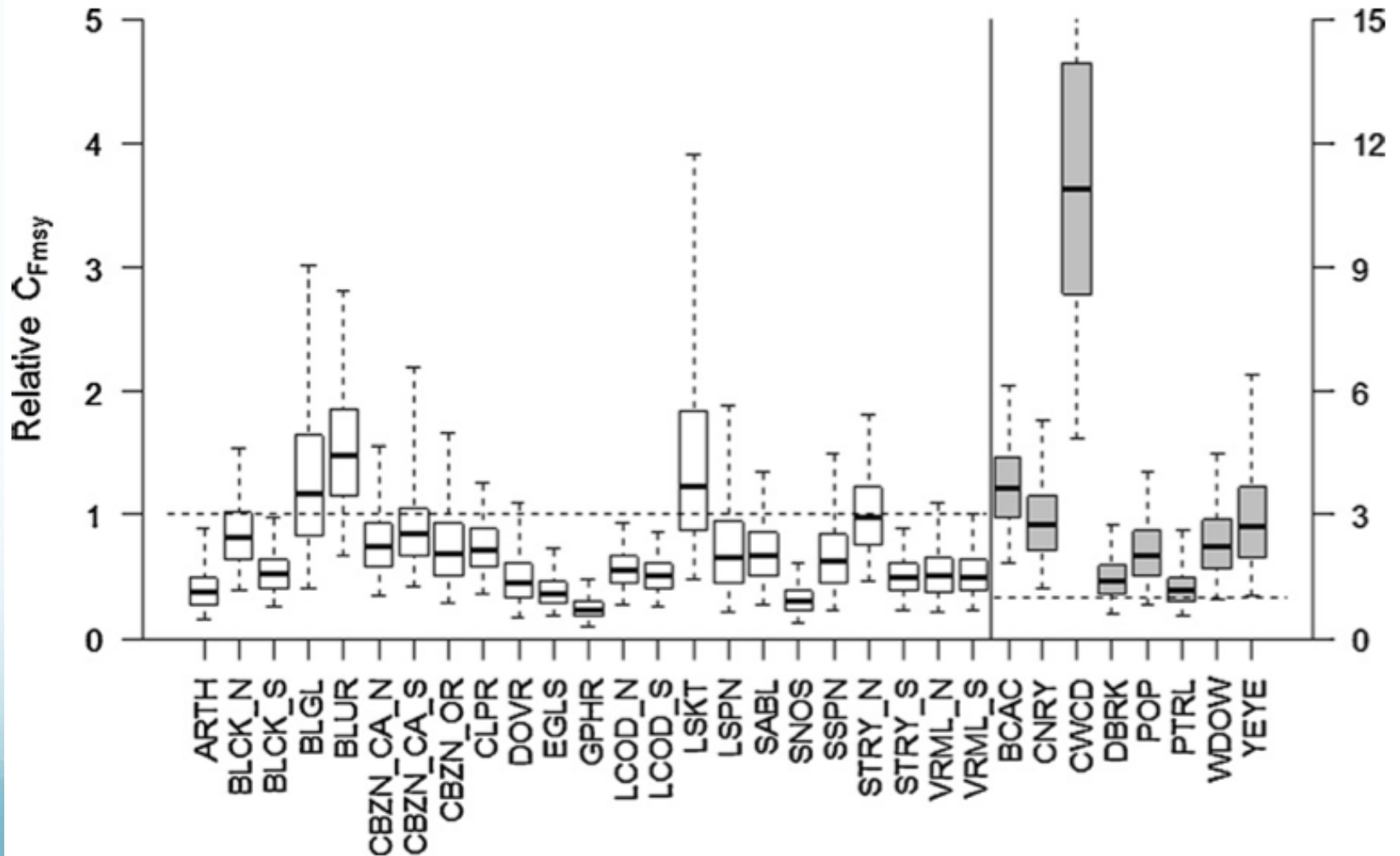


Specifying $B_{current} / K$

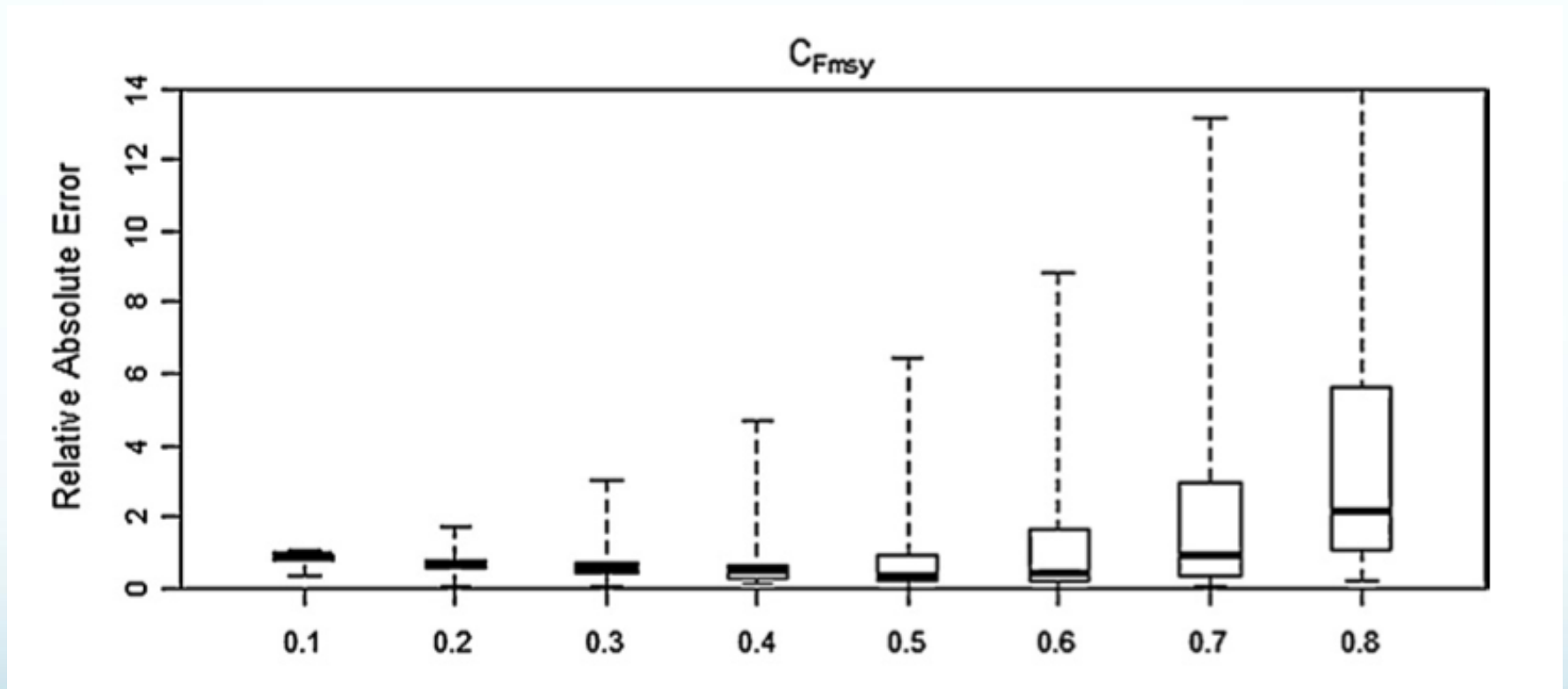
- Most difficult to specify
- May be able to use an index, or trend in an index to inform the decision
 - Eel example
- Borrow information from a similar species



Error in Specifying $B_{current} / K$ leads to Error in the OFL



Less Relative Error for Low $B_{current} / K$



$$E\{ B_{current} / K \}$$

Starting Values and Bounds for K

- May want to start by using some multiple of the total catches:

$$K = \phi \sum_t C(t)$$

- Run the model and adjust ϕ accordingly
- Lower bound: K must be $> \max(C)$
- Upper bound: 10, 20, 100 x K_{low} ??

How can we tell if our model
is appropriate?

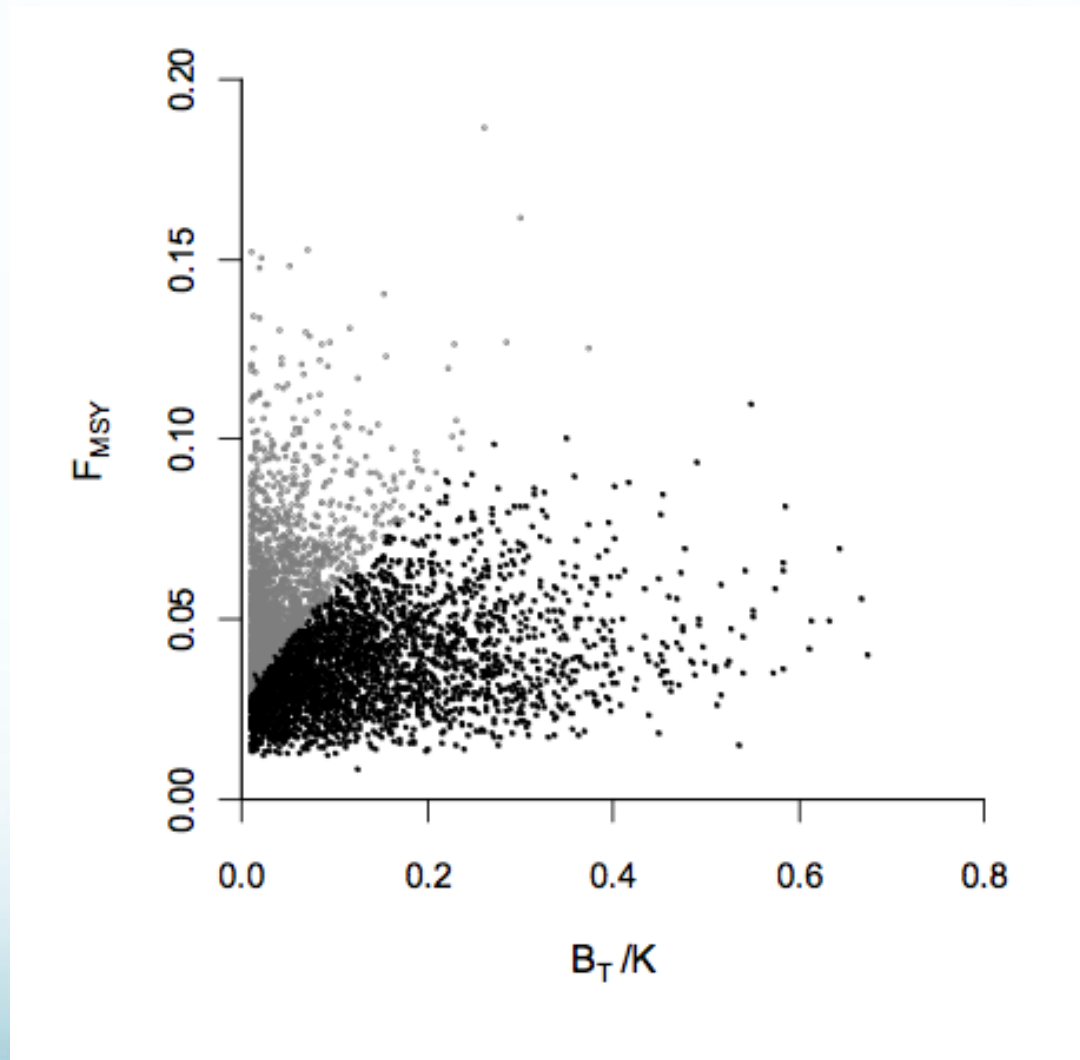
Diagnostics

- Essential to profile over a range of mean values for the input parameters that are highly uncertain
- Look at the results for unrealistic estimates of K and other management quantities
- Look at the accepted / rejected parameter sets for clues (e.g. higher values of $B_{current} / K$ may only result from unrealistically high estimates of F_{MSY})
 - However, very low values of $B_{current} / K$ are typically rejected because of the increased likelihood of negative biomass

Unrealistic Estimates: Eels

M	F.ratio	0.1			0.3			0.5		
		0.3	0.4	0.5	0.3	0.4	0.5	0.3	0.4	0.5
0.1	0.8	28,823	24,044	22,584	31,030	24,395	22,611	36,695	26,356	22,667
	1	24,740	21,771	20,638	26,119	21,802	20,643	30,088	22,060	20,650
	1.2	22,247	20,340	19,266	22,814	20,344	19,267	25,618	20,353	19,268
0.15	0.8	22,527	20,526	19,448	23,232	20,531	19,450	26,194	20,545	19,451
	1	20,586	19,007	17,939	20,599	19,007	17,939	21,627	19,008	17,939
	1.2	19,384	17,914	16,834	19,384	17,914	313,426	19,387	17,914	511,965
0.2	0.8	20,311	18,763	17,693	20,317	18,763	17,693	20,932	18,764	17,693
	1	18,917	17,472	435,606	18,917	17,472	930,629	18,918	17,472	1,130,038
	1.2	17,954	16,532	4,672,573	17,954	16,532	5,166,620	17,954	16,532	5,642,388
0.25	0.8	19,064	17,612	16,543	19,064	17,612	648,467	19,065	17,612	870,102
	1	17,881	16,460	5,293,332	17,881	16,460	5,821,864	17,881	16,460	6,330,041
	1.2	17,040	15,610	22,144,530	17,040	127,352	23,122,834	17,040	223,428	24,155,303

Rejected Parameter Combinations



Reporting Results

- Compare the range of estimates for the OFL recent catches, and how they compare across possible parameter values
 - i.e. profile over different mean $B_{current} / K$, M , etc.
- Report range of estimates for BRPs (B_{MSY} , U_{MSY} , and MSY) and status ($B_{current} / B_{MSY}$ and $U_{current} / U_{MSY}$)
- **You cannot say with certainty whether the stock is overfished and if overfishing is occurring (unless catches are 0)**
 - can however provide support for certain values over others

Other Approaches

- Only-Reliable Catch Series (ORCS) approach (Berkson et al. 2011)
- “A Simple Method for Estimating MSY from Catch and Resilience” (Martell and Froese 2012)

ORCS Approach

- 1) Pick some summary measure of the catch
 - e.g. Median, mean, X percentile

- 2) Classify stock into broad categories
 - Under-, fully-, or over-exploited

- 3) Set the OFL:
$$OFL = \begin{cases} 0.5\hat{C} & \text{over-exploited} \\ \hat{C} & \text{fully-exploited} \\ 2\hat{C} & \text{under-exploited} \end{cases}$$
- 4) Characterize stock risk
 - Low, medium, high

- 5) Set the $ABC \leq OFL$

buffer increases for higher risk species

$$ABC = \theta \cdot OFL$$

ORCS Suggested Buffer Sizes

Table 6. Example ABC options for catch-only stocks using the ORCS Working Group Approach.

Risk level	Alternative A	Alternative B	Alternative C	Alternative D
Low risk (high productivity)	0.75 x OFL	0.75 x OFL	0.90 x OFL	0.90 x OFL
Moderate risk (moderate productivity)	0.75 x OFL	0.75 x OFL	0.75 x OFL	0.80 x OFL
High risk (low productivity)	0.75 x OFL	0.50 x OFL	0.50 x OFL	0.70 x OFL

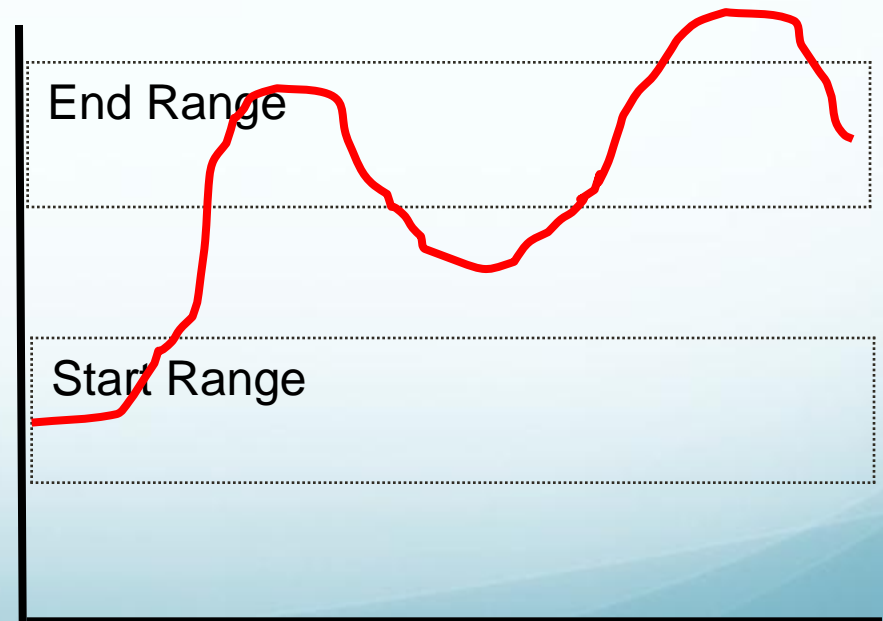
Estimating MSY from Catch and Resilience

- Does not require complete catch history!
 - Needs a more catchy name
- Assumes Schaefer production dynamics

$$B(t+1) = B(t) + B(t)r \left(1 - \frac{B(t)}{K} \right) e^{\gamma} - C(t)$$

- Requires
 - Assumed values for r and K
 - Assumed bounds for $B(t=1)/K$ and $B(t=t_{\max})/K$
 - Assumed level of lognormal stochasticity (could be none)

- 1) pick random r and K
- 2) pick random $B(t=1) / K$, calculate $B(t=1) = K * B / K$
- 3) project biomass using Schaefer production model
- 4) if the final B / K is between the specified bounds, keep estimates of r and K
- 5) Calculate:
 - $MSY = r * K / 4$
 - $B_{MSY} = K / 2$
 - $F_{MSY} = r / 2$



Default Methods for Setting Parameters

Relative Biomass Bounds

	Catch/max catch	B/k
First year	<0.5	0.5–0.9
	≥ 0.5	0.3–0.6
Final year	>0.5	0.3–0.7
	≤ 0.5	0.01–0.4

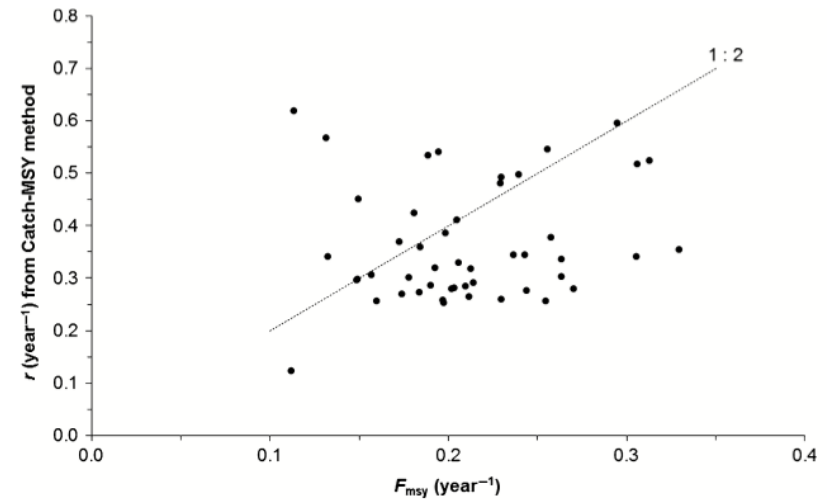
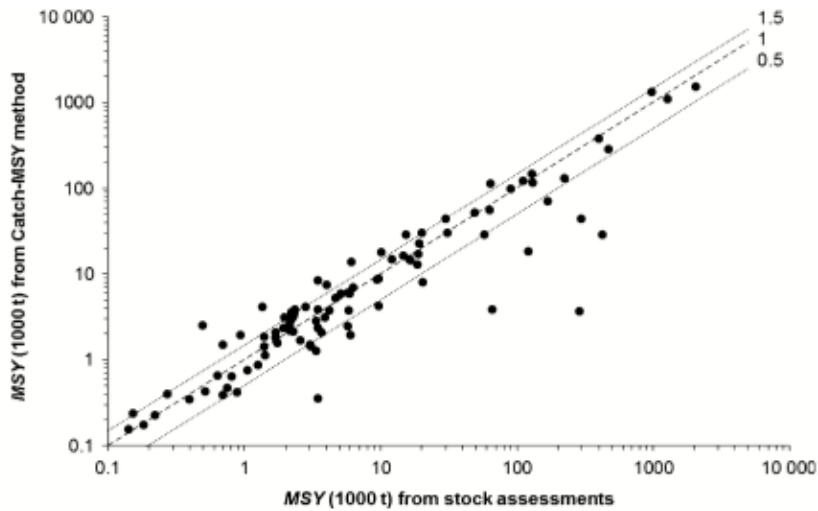
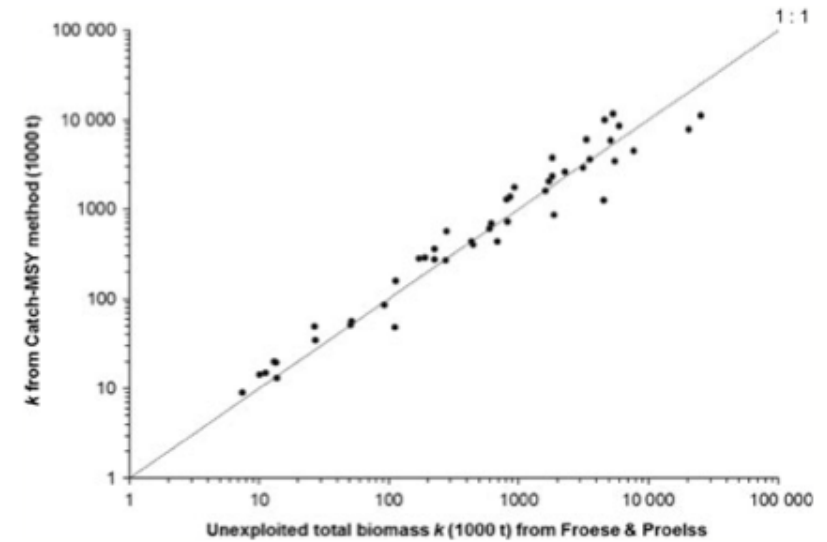
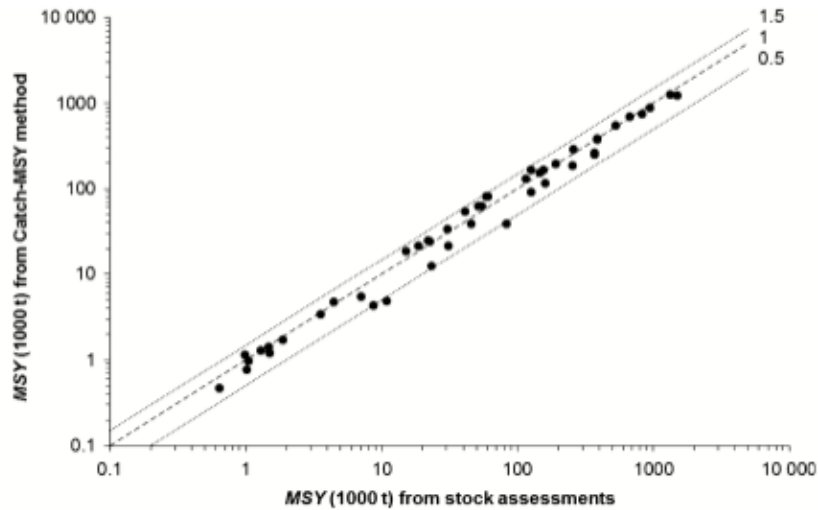
- $K_{\text{low}} = \max(C)$

- $K_{\text{up}} = 100 \times K_{\text{low}}$

Bounds for r

Resilience	High	Medium	Low	Very low
r (year ⁻¹)	0.6–1.5	0.2–1	0.05–0.5	0.015–0.1

Comparisons with Stock Assessments



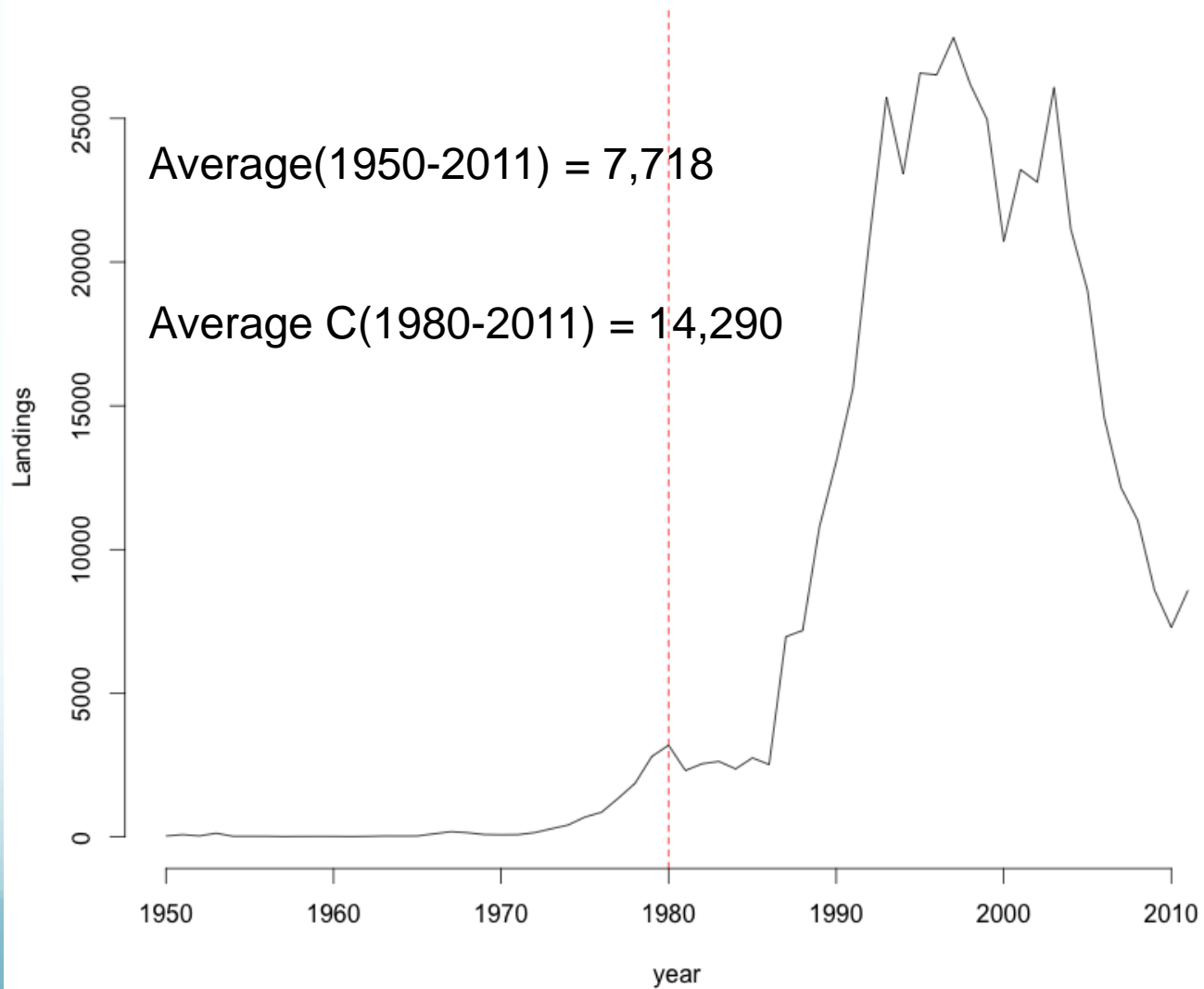
Comparison of Approaches

Method	MSY	OFL	ABC
DCAC	NA	7,198	7,103
ORCS	NA	7,717	5,777
DB-SRA	29,997	27,652	18,533
Martell and Froese (assuming medium resilience)	19,135	21,222	19,135

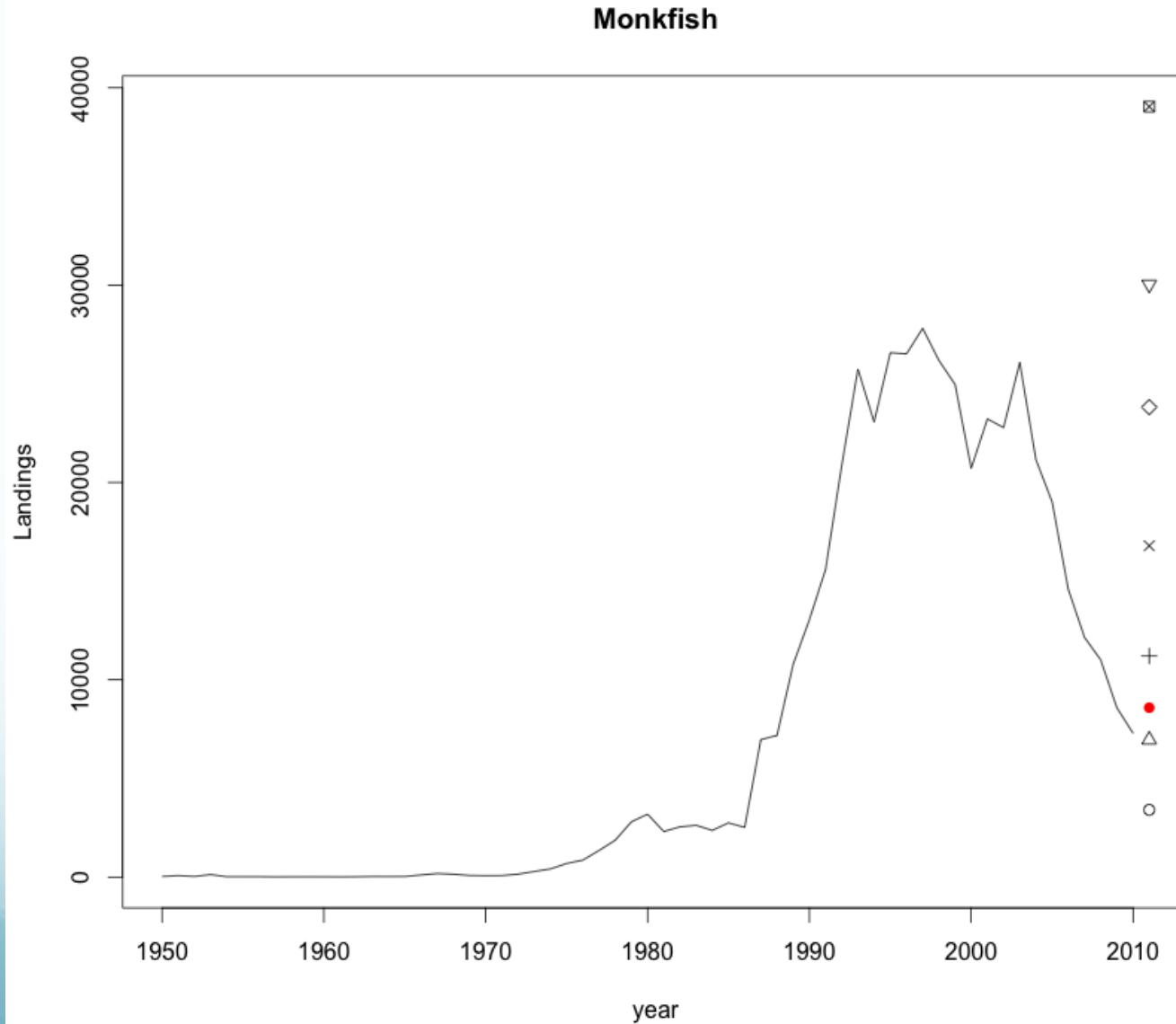
Assessment-estimated MSY = ~25,000

Assessment-estimated MSY = ~50,000

Monkfish Catches



Profiling Over B_{current} / K

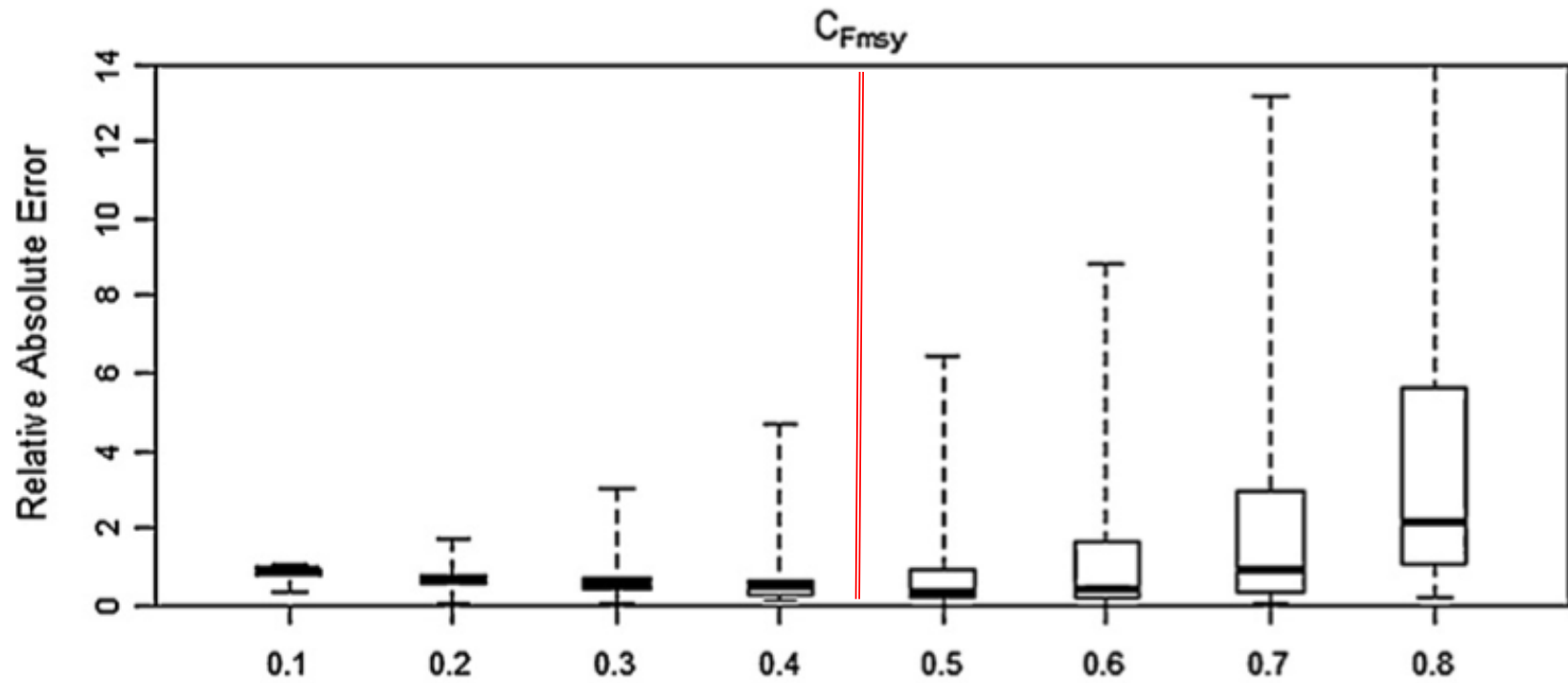


Comparison of Approaches

Method	MSY	OFL	ABC
DCAC (1950-2011)	NA	7,198	7,103
DCAC (1980-2011)	NA	12,581	12,347
ORCS (1950-2011)	NA	7,717	5,788
ORCS (1980-2011)	NA	14,291	10,718
DB-SRA	29,997	27,652	18,533
Martell and Froese (assuming medium resilience)	19,135	21,222	19,135
Martell and Froese (assuming default inputs)	16,339	8,253	7,007

Take Home Messages

- Apply as many approaches as possible
- Provide support for estimates where possible
- Profile over a range of mean values for the different inputs
 - Identify “unrealistic” parameter space
 - Compare OFL estimates to observed catches
- When in doubt (i.e. always) be conservative



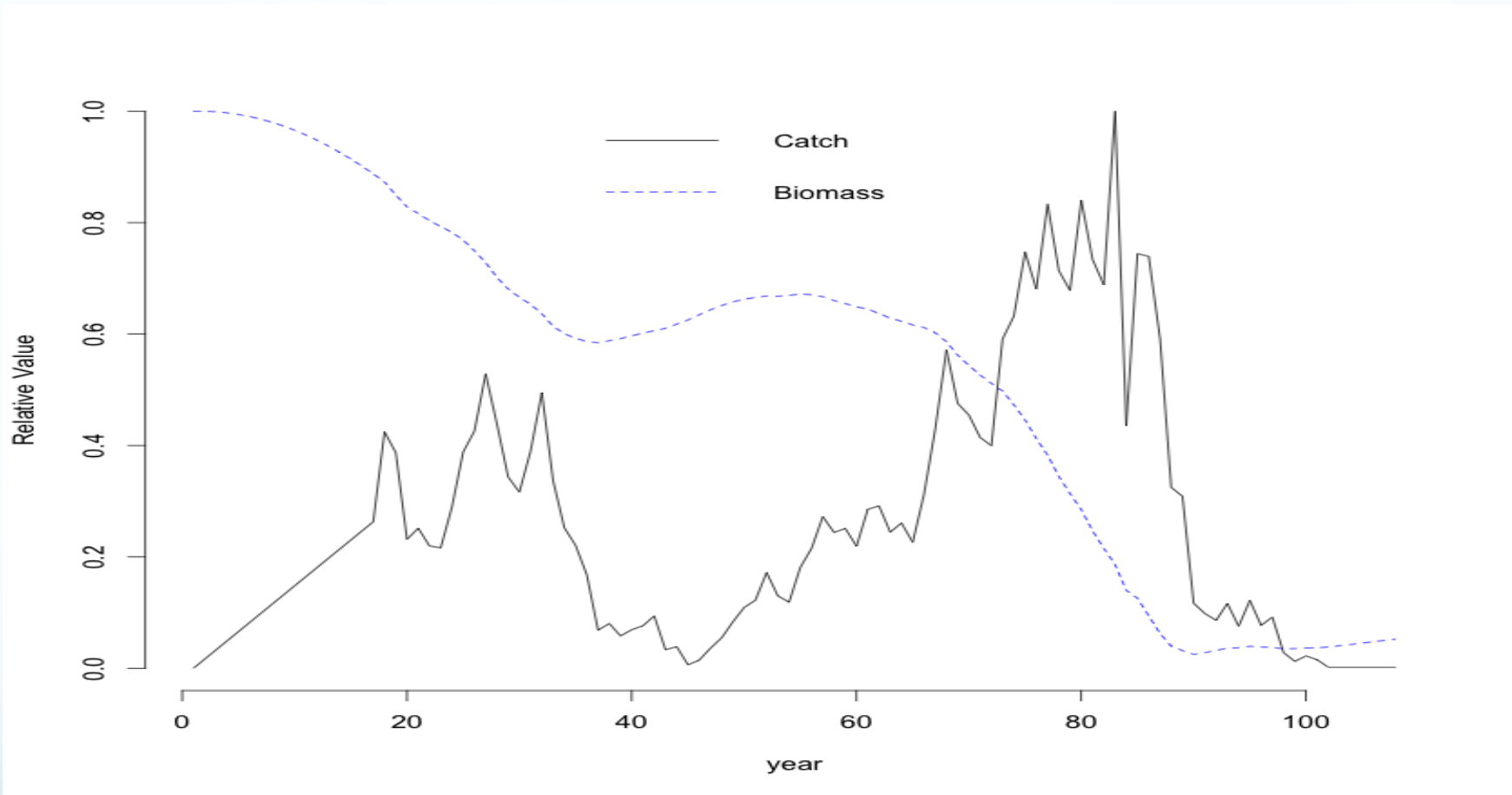
$$E\{ B_{current} / K \}$$

Средний улов скорректированный на историю вылова (DCAS)

29 Сентября – 3 Октября, 2014

Сочи

Развитие промысла



- Цель : Определить долгосрочный устойчивый вылов или "разумно" высокий уровень улова

Средний улов как оценка устойчивого долгосрочного

- Можно использовать средний улов $\frac{\sum c}{n}$
- При условии что улов не влияет на размер популяции
- Необходимо иметь индекс численности для подтверждения
- Маловероятно что улов не влияет на численность популяции в случае нового промысла
- Улов который приводит к первоначальному снижению не является устойчивым
- Включение его в расчет среднего улова ведет к переоценке устойчивого вылова

Средний улов скорректированный на историю вылова (DCAC)

- DCAC корректирует на начальный “излишний” вылов

- излишний вылов в годах потенциального улова
Увеличивает знаменатель для расчета среднего

$$\frac{\sum c}{n+DC \text{ term}}$$

- Обеспечивает более точную оценку устойчивого вылова, чем среднее

- модель основана на формуле потенциального улова
 - Alverson and Pereya 1969
 - Gulland 1970

- Усовершенствована более разумным подходом к некоторым вводным параметрам

Исходная формула потенциального улова

- Уравнение стандартного улова

$$Y_t = F_t * B_t$$

- Стандартный подход:

- $F_{MSY} = M$ и $B_{MSY} = 0.5 B_0$

- Приводят к потенциальному улову

$$Y_{pot} = 0.5MB_0$$

Коэффициент излишка

- Если $B = BMSY$, то Y_{pot} устойчив
- Необходимо учитывать излишний улов который приводит к снижению от B_0 to $BMSY$
- выразим W в “количестве лет потенциального улова”

$$W = 0.5 B_0$$

$$\frac{W}{Y_{pot}} = \frac{0.5 B_0}{0.5 MB_0} = \frac{1}{M}$$

Коэффициент или соотношение излишка

- Не очень гибкий
- Не принимает во внимание текущее состояние запаса
- Лучшее определение $W = B_{first} - B_{last}$
- Нет данных биомассы, взамен можно использовать долю от B_0

$$\Delta = \frac{B_{first} - B_{last}}{B_0}$$

- Не требуется абсолютных оценок
- Желательно знать насколько размер популяции изменился по сравнению с B_0

Коэффициент или соотношение излишка

- имеем

$$\frac{W}{Y_{pot}} = \frac{\Delta B_0}{0.5 M B_0} = \frac{\Delta}{.5M}$$

- Это коррекция на излишний улов
- Чем больше delta = больше лет устойчивого улова полученных в излишнем вылове
- Меньше дельта, соотношение приближается к нулю

Современные обновления параметров

- B_{MSY}/B_0 скорее 0.4
 - *e.g.* Restrepo et al 1998
- F_{MSY}/M не обязательно = 1.0
- Включаем постоянный множитель
 - *i.e.* $F = cM$
- Новый потенциальный вылов
- Новая коррекция на вылов

$$Y_{pot} = 0.4cMB_0$$

$$\frac{W}{Y_{pot}} = \frac{\Delta}{0.4cM}$$

уравнение DCAC

- Устойчивый улов теперь = сумме уловов поделенной на число реальных лет плюс число лет скорректированных на период излишнего вылова

$$Y_{sust} = \frac{\sum c}{n + \frac{W}{Y_{pot}}} = \frac{\sum c}{n + \frac{\Delta}{0.4cM}}$$

- Входные данные

- * Сумма уловов за все годы data
- * колтчество лет промысла data
- * Естественная смертность data or assumed
- * Относительное изменение биомассы популяции assumed
- * Ratio of F_{MSY} to M assumed
- * Ratio of B_{MSY} to B_0 (not necessarily 0.4) assumed

Учет неопределенности

- Бедные данные → неопределенность во входных данных
- Неопределенность учитывается с помощью метода Монте Карло
 - Описывает входные параметры как среднее и дисперсии вокруг заданного распределения
 - Многократно прогоняется модель (e.g. 10,000)
 - Для каждого прогона параметры перебираются случайно
 - Суммарные результаты представляются в виде функции распределения

информация по использованию DCAS

- Не рекомендуется для видов с $M > 0.2$
- V_{first} не обязательно должна равняться V_0
 - Дельта изменения биомассы относится к периоду для которого существует улов
 - Может быть < 0 (увеличение популяции)
- Никаких серьезных изменений в численности популяции, с момента сбора данных
- Результаты, как правило, консервативны
- Не обязательно плохо в ситуации плохих данных

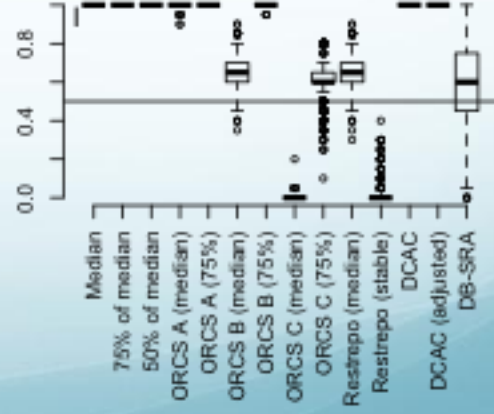
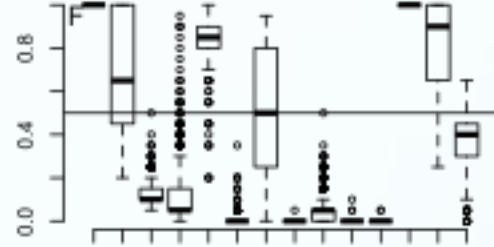
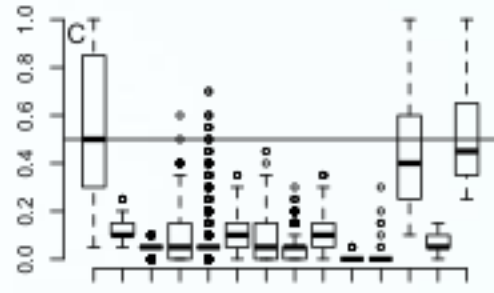
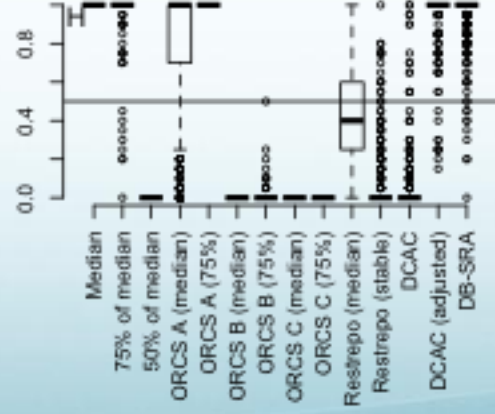
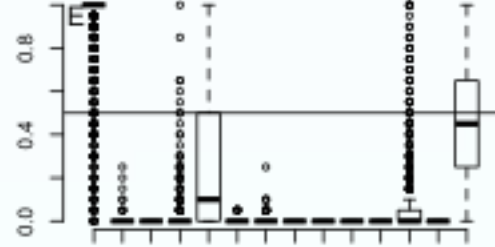
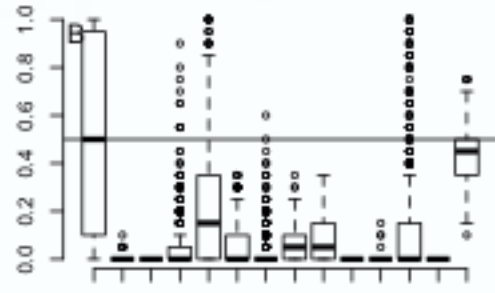
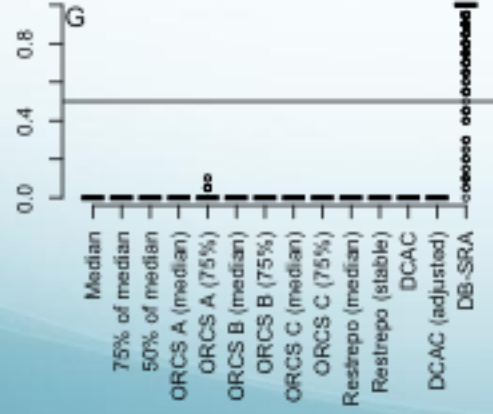
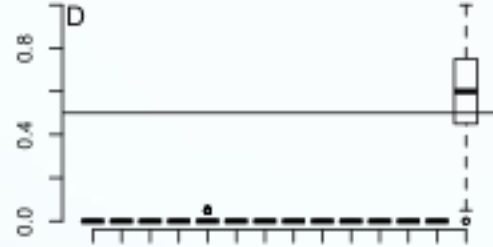
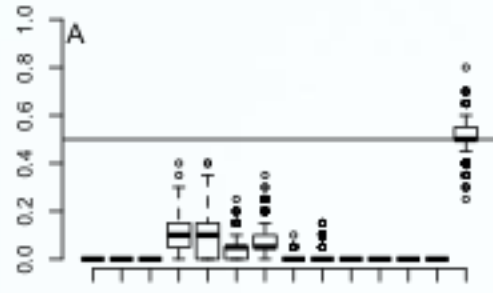
информация по вводным данным

- вводные данные весьма субъективны
- Результаты могут быть весьма чувствительны к вводным данным
- Откуда берутся вврдные величины?
 - Реальные данные
 - Профессиональное суждение на основе истории жизни вида
 - Похожие виды
 - Мета анализ
- Сколько уверенности у вас в оценке?
- Проверьте чувствительность многократными прогонами

Distributions

- Selection of distribution
 - Consider the parameter and potential values
- Uniform – no information on true value
- Normal
- Lognormal – nothing less than 0
- Beta – nothing less than 0 or greater than 1
- Bounded beta
- See “distribution shape tool.xlsx”

Probability of Overfishing



Effects of M and n

