Том LXXXVII / VII	Труды Всесоюзного научно-исследовательского института морского рыбного хозяйства и океанографии (ВНИРО)	1971

УДК 639.2.081 + 639.2.081.11

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ОБЩЕЙ ТЕОРИИ УЛОВИСТОСТИ ОРУДИЙ ЛОВА

В.В.Блинов

Важным направлением научно-исследовательского комплекса работ по созданию теоретической базы АСУОР является разработка математических моделей различных способов лова, применяемых в промышленном рыболовстве. Практически наиболее значимой выходной характеристикой моделей должна быть уловистость орудия лова, которая, однако, может быть определена и на основе общих теоретико-вероятностных соображений.

Определение вероятности улова орудия лова необходимо для прогнозирования и планирования уловов. В формулы уловистости орудия лова должны входить его технические параметры, подлежащие оптимизации.

Для удобства введем два масштаба времени: глобальное T, исчисляющее жизненный цикл особи и динамику популяции, и локальное t, соизмеримое со временем действия орудия лова. Пусть $f_T^{(\alpha)}$ - плотность вероятности скопления рыб вида α концентрации n, параметрически зависящая от времени T, географической широты φ и долготы λ, глубины H, длины рыбы ℓ, пола X ($X=0$ - самка, $X=1$ - самец). Тогда

$$f_T^{(\alpha)}=f_T^{(\alpha)}(n,\varphi,\lambda,H,T,\ell,X). \qquad (1)$$

Условие нормировки функции $f_T^{(\alpha)}$ в пространстве элементарных событий A_T

$$\int_{A_{min}}^{A_{max}} f_T^{(\alpha)} da = 1, \qquad (2)$$

где $A_7 = n \times \varphi \times \lambda \times H \times T \times \ell \times X$,

$da_7 = dn\, d\varphi\, d\lambda\, dH\, dT\, d\ell\, dX$,

A_i – подпространство элементарных событий i-той размерности;

$$A_{i(min)} = 0;$$
$$A_{7(max)} = n_м \times \varphi_м \times \lambda_м \times H_м \times T_м \times \ell_м \times X_м . \qquad (3)$$

Верхние пределы интеграла (2) суть максимальные величины, имеющие физический, биологический и географический смысл. Так, $\varphi_м$ и $\lambda_м$ – максимальные значения широты и долготы ареала обитания данного вида α; $T_м$, $\ell_м$ – максимальное время жизни и длина особи данного вида; $n_м$ – максимальная концентрация косяка данного вида (биомасса или количество особей в единице объема). В дальнейшем индекс α опустим, подразумевая, что все построения относятся к фиксированному промысловому виду рыб.

Семимерное пространство случайных событий A_7 достаточно для построения и изучения промыслово-биологических зависимостей облавливаемой популяции. Функцию $f_т$ назовем фундаментальной плотностью вероятности данного промыслового вида. В задачу формализации промыслово-биологической информации по данному виду рыб входит построение функции $f_т$.

Для промыслового района $(\delta\varphi, \delta\lambda, \delta H)$ в интервале времени δT для орудия лова, приспособленного для лова рыбы основного расчетного размера $\ell_р$, вероятность абсолютного улова

$$W_a = K_{ол} \int\limits_{\delta A_7} \int\limits_{0}^{\ell_м} f_т\, da_7\, d\ell . \qquad (4)$$

$K_{ол}$ – общий коэффициент уловистости орудия лова $(0 < K_{ол} < 1)$.

Вероятность относительного улова орудия лова определяется как отношение вероятности поимки доли рыб длиной $\delta\ell = \ell_2 - \ell_1$ к вероятности абсолютного улова всего спектра длин рыб

$$W_{от} = \frac{W_{a(\ell)}}{W_a} = \frac{K\ell \int\limits_{\delta A_6} \int\limits_{\ell_1}^{\ell_2} f_т\, da_6\, d\ell}{K_{ол} \int\limits_{\delta A_7} f_т\, da_7} \qquad (5)$$

при условии $W_a = 0$.

K_ℓ – коэффициент относительной уловистости орудия лова особей среднего размера $\ell(\ell_1 < \ell < \ell_2)$ Очевидно, $W_{a(\ell)} < W_a$, $0 < K_\ell < 1$.

Отношение $K_{из(\ell)} = \frac{K_\ell}{K_{ол}}$ уместно назвать коэффициентом избирательности (селективности) орудия лова по отношению к особям данного вида α и размера ℓ.

Наконец, сравнительная уловистость двух орудий лова определяется как отношение вероятностей абсолютных уловов сравниваемых орудий лова

$$W_{ср} = \frac{K_{ол(2)} \int\limits_{\delta_2 A_7} f_т \, da_7}{K_{ол(1)} \int\limits_{\delta_1 A_7} f_т \, da_7} \,. \qquad (6)$$

Как видно из формулы (6), при равенстве интегралов в числителе и знаменателе сравнительная уловистость численно равна коэффициенту сравнительной уловистости $K_{ср} = \frac{K_{ол(2)}}{K_{ол(1)}}$ (первое орудие лова считается эталонным), или отношению коэффициентов уловистости сравниваемых орудий лова. Чаще всего $K_{ср} = 1 \pm \delta$, $\delta < 1$. Однако интегралы в (6) не всегда абсолютно равны вследствие различия либо интервалов концентрации рыб $\delta_1 n$ и $\delta_2 n$, либо временных интервалов работы орудия лова $d_1 t$ и $d_2 t$, либо облавливаемых объемов среды $(\delta\varphi, \delta\lambda, \delta H)_1$ и $(\delta\varphi, \delta\lambda, \delta H)_2$, либо комбинации этих факторов. Например, при сравнительных испытаниях тралов на параллельных курсах $\delta_1 t = \delta_2 t$, но могут различаться $\delta_1 n$ и $\delta_2 n$, а также протраливаемые объемы в случае различного раскрытия устья тралов. При последовательных тралениях не исключены всевозможные различия.

Из формулы (4) следует, что коэффициент $K_{сл}$ можно рассматривать как совокупную вероятность невозмущающего действия орудия лова на облавливаемую популяцию. Для каждого типа орудия лова следует строить стохастические модели взаимодействия этих орудий с рыбой, в которых должна вычисляться величина $K_{ол}$. Мультипликативная запись (4) может пониматься как вероятность независимых событий: местонахождения скопления рыб и появления в этом месте орудия лова. Формула (4) в алгебре событий может трактоваться двояко:

$$P(Z) = P(Y)\,P(X) \tag{7а}$$

и

$$P(Z) = P(Y|X)\,P(X)\ . \tag{7б}$$

Формула (7а) соответствует чистой независимости событий и применима для описания процессов озерного и речного лова. Формула (7б) отражает последовательность событий: получение информации о рыбном скоплении X и действие орудия лова Y на основе полученной информации. Структура зависимости (7б), таким образом, соответствует активному морскому промыслу.

В качестве примера рассмотрим улов дрифтерного порядка за дрейф при лове горизонтально мигрирующих косяков. Начиная с некоторого момента времени $t=0$, порядок сетей располагается по линии АВ и перемещается со скоростью v_g (рис.Iа). Относительно хода косяка порядок может быть выметан под различным углом α. Очевидно, вероятность улова рыбы не равна нулю, если рыба успеет достигнуть хотя бы конца сетной части порядка, т.е. за время t_{AB}, когда конец B порядка окажется в точке A, рыба также должна оказаться в левой ε-окрестности точки A. Аналогичные рассуждения справедливы и для промежуточных точек порядка. Таким образом, рыбы, находящиеся в пределах треугольников CAB, $C'AB$ и $C''AB$ (см.рис.Iа) еще могут быть уловлены.

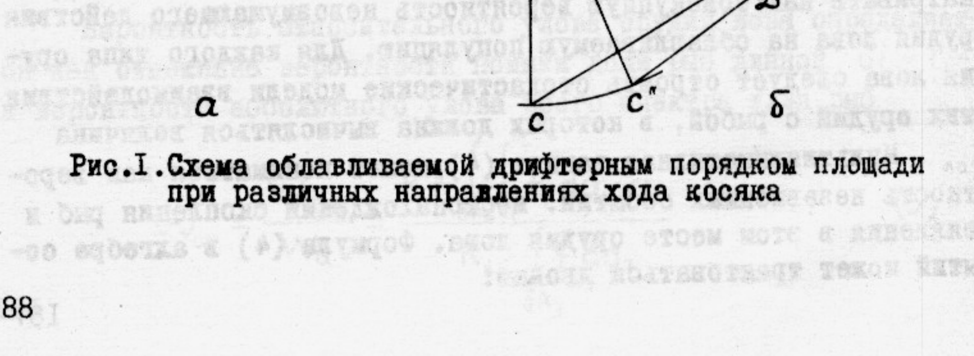

Рис.I. Схема облавливаемой дрифтерным порядком площади при различных направлениях хода косяка

Такая же схема применима для всего пути дрейфа ℓ_g (рис.1б). $A_к, B_к$ - крайние точки дрифтерного порядка в конце дрейфа. Различим моменты времени при движении порядка t и движении косяка τ. Пусть v_p - скорость движения косяка, $da = v_p d\tau$, $d\ell_g = v_g dt$. Площадь треугольника DEB равна $\frac{1}{2} da\, d\ell_g \sin\alpha = \frac{1}{2} v_p v_g dt\, d\tau \sin\alpha$, при высоте сети H_c облавливаемый объем $dV = \frac{1}{2} H_c v_p v_g dt\, d\tau \sin\alpha$.

Концентрация рыбы в облавливаемом объеме описывается функцией вида $n = n(t, \tau)$. Наконец, процессы "механического" (по терминологии Ю.А.Изнанкина [1]) взаимодействия рыбы с сетью описываются некоторой функцией $f(\ell, a, d, X)$, где a - шаг ячеи, d - толщина нити. Тогда улов порядка за дрейф запишется:

$$J = \frac{1}{2} K_{gn} H_c v_p v_g \sin\alpha \int_0^{\tau_к} \int_0^{t_к} n(t,\tau) f(\ell, a, d, X)\, dt\, d\tau. \qquad (8)$$

Формула (8) получена при условии постоянства скоростей v_p и v_g, а также действительной высоты сети H_c и угла α. Функция $n(t, \tau)$ описывает динамику концентрации косяка в облавливаемом объеме. Величины ℓ и X являются неявными функциями t и τ.

В случае косяков с разной скоростью хода формула (8) усложняется: облавливаемая площадь $ABCDEEK$ состоит из треугольника и трапеций (рис.2). Вместо (8) в общем виде можно записать (для $\alpha = \frac{\pi}{2}$):

$$J = \frac{1}{2} K_{gn} v_g \int_0^{\tau_к} \int_0^{t_к} v_p(t_0, t_1, t_к) n(t,\tau) f(\ell, d, a, X)\, dt\, d\tau. \qquad (9)$$

Коэффициент K_{gn} в (8) и (9) отражает "психологическое" [1] воздействие сети на приближающуюся рыбу $(0 < K_{gn} < 1)$.

Вероятность улова J дрифтерного порядка за дрейф запишется:

$$W_{a(gn)} = \frac{1}{2} K_{gn} H_c v_p v_g \sin\alpha \int_{SA_б} f_T\, dn\, d\ell\, dX\, dT\, dt\, d\tau. \qquad (10)$$

Здесь $K_{ол}$ формулы (4) отождествлен с коэффициентом K_{gn}.

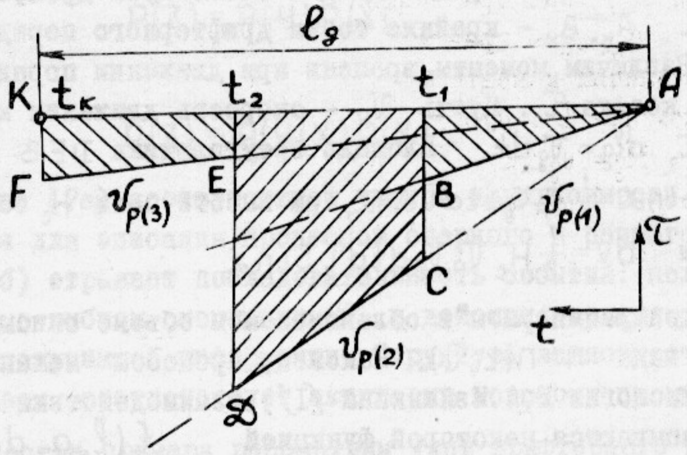

Рис.2. Схема облавливаемой дрифтерным порядком площади при различных скоростях движения косяков

Формула типа (8) дает возможность постановки задач оптимизации дрифтерного лова с помощью ЭЦВМ. Для этого (8) перепишем в более общем виде:

$$J = \frac{1}{2} K_{gn} \int_0^{\tau_к} \int_0^{t_к} v_p v_g H_c n(t, \tau) f(\ell, d, a, X) \sin\alpha \, dt \, d\tau. \quad (II)$$

Выражение (II) является вариационным функционалом. Так как все входящие в подинтегральное выражение функции ограничены, а пределы интегрирования конечны, то функционал (II) имеет максимум. Оптимизация дрифтерного лова состоит в максимизации улова J за дрейф: $J_{опт} = J_{max}$.

Качественно рассмотрим однопараметрическую оптимизацию J по скорости дрейфа v_g. С ростом скорости v_g растет J при постоянстве всех остальных функций. Слабое влияние на уловистость сети формы ячеи в диапазоне $u_1 = 0{,}5$–$0{,}7$ отмечается многими авторами /I, 2, 3/. Однако для $u_1 < 0{,}5$ и $u_1 > 0{,}75$ резко растет отпугивающее действие вытянутой ячеи, т.е. K_{gn} падает. Это происходит при искажении формы сетного полотна с ростом v_g. Высота сети H_c при этом также уменьшается. Следовательно, существует максимум функции $J = J(v_{gn})$ и диапазон оптимальных скоростей дрейфа δv_g° (рис.3).

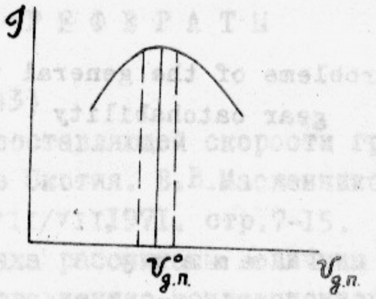

Рис.3. Схема однопараметрической оптимизации уловистости дрифтерного порядка

Многопараметрическая оптимизация функционала J зависит от структуры функции $f(\ell, d, a, \chi)$. Например, с помощью ЭЦВМ можно оптимизировать J по $v_д$, d и a, задаваясь подходящими типами остальных функций v_p, $\mathcal{L}$, $n(t, \tau)$.

Формула (IO) вероятности улова требуется для экономических и прогностических моделей.

Таким образом, в настоящей работе обобщено понятие вероятности улова орудия лова и на примере выражения для улова дрифтерного порядка за дрейф показана постановка оптимизационных задач дрифтерного лова.

Литература

1. Изнанкин Ю.А. Уловистость жаберных сетей. Труды БалтНИРО. Вып.3, 1959.
2. Пятерикин Н.К. Некоторые вопросы уловистости дрифтерных сетей, М., изд-во "Рыбн.хоз-во", 1959.
3. Сечин Ю.Т. Изменение уловистости сетей в зависимости от диаметра нитки, натяжения и коэффициента посадки сетного полотна. Труды Саратовского отд.ГОСНИОРХ. Т.9, 1969.

Some problems of the general theory of fish gear catchability

V.V.Blinov

S u m m a r y

The multidimensional density of the population parameter distribution f_T is introduced and a formula of the probability of having a catch by a fishing vessel is suggested. The probabilities of absolute and relative catchabilities of fishing gear as well as comparative catchability of two fishing gear are presented.

The function f_T should be developed on the basis of mathematical treatment of the biologic and fisheries data.

The catchability theory of a drift net is considered as an example. The integral expression of the catchability of the drift net as a functional of the multidimensional space of biologic and technical parameters is suggested. The monoparameter and multiparameter optimization problems are outlined to be solved.