

УПРАВЛЕНИЕ РЫБНЫМ ПРОМЫСЛОМ

Абакумов А.И.

Институт автоматизации и процессов управления ДВО РАН, Владивосток, Россия
abakumov@iacp.dvo.ru

Аннотация: Рыболовство является сложным и многогранным процессом, управление которым представляет собой многозвенную структуру. Модельные исследования выявляют критические ситуации и предлагают рациональные способы их разрешения. В стратегическом смысле математические модели позволяют наметить технологические пути рационального сочетания необходимых объемов промысловых изъятий и экологического охранения видов водных организмов. Рассматриваются основные направления модельных исследований проблем рыболовства.

1. Введение

Одним из ярких аспектов взаимодействия человека и природы является рыболовство. Морское и океаническое рыболовство своими масштабами сравнялось с крупными транснациональными процессами, породило многообразные экономические структуры. Управление рыболовством связано со многими проблемами, в том числе и информационного характера (Clark, 2010). Сказывается недостаток знаний о биологических ресурсах, их состоянии и функционировании. Для рыбных популяций трудноопределяемыми характеристиками являются их пространственно-временная динамика, естественная смертность и формирование пополнения (Hilborn, Walters, 1992). Научные экспедиции, промысловая статистика и иные источники информации лишь частично восполняют эти пробелы.

Другой проблемой рыболовства является процесс промысла. С экологической точки зрения важны проблемы технологий промысла (потери неиспользуемой части вылова) и экологические последствия изъятия биоресурса. В теории рыболовства (Hilborn, Walters, 1992; Clark, 2010) разработаны различные варианты стратегий промысла. В большинстве случаев они описывают какое-либо закономерное состояние популяции или сообщества, например, равновесное, или как-либо соответствующее известным характеристикам рыб. В динамике же система может находиться в состоянии, далеком от равновесного, что существенно влияет на жизнедеятельность сообщества, результаты промысла и последствия промыслового воздействия.

При управлении рыболовством существенным обстоятельством является факт «пообъектного» (повидового) планирования промысла, в то время как орудия промысла «всеядны», захватывают все, что попадает в зону их действия. Это создает серьезные трудности при организации промысла и контроле за его результатами.

В целом основной остается проблема рациональной эксплуатации природных ресурсов, в настоящее время она осознается в полной мере организаторами рыбных промыслов. Поэтому при математическом моделировании, наряду с симуляцией динамики обилия, одной из основных является проблема оптимального сбора урожая.

2. Модель промысла

Общий подход к модельному описанию процессов промысла и динамики обилия промысловых популяций в составе сообщества можно описать следующим образом. Динамика обилия популяций в сообществе моделируется системой параболических уравнений вида (Васильев, Романовский, Яхно, 1987; Cantrell, Cosner, 2003):

$$\frac{\partial y_i}{\partial t} + \nabla \cdot (v_i y_i) = \nabla \cdot (k_i \nabla y_i) + F_i(t, x, u, y) \quad \text{для } i=1, 2, \dots, m. \quad (1)$$

Состояние сообщества описывается вектор-функцией $y(t, x) = (y_i(t, x))_{i=1}^m$ плотности обилия популяций по компактному множеству $D \subset R^n$ изменения пространственной переменной x и по времени $t, t \in T = [0, T]$. Переменная x означает моделируемые характеристики особей. Это могут быть характеристики пространственного расположения, возраста, размера, массы, морфологических особенностей или физиологического состояния организмов, и многое другое. Вектор v_i означает скорость направленного движения (переноса) особей в множестве D . Символ « $\cdot$ » означает скалярное произведение. Символ ∇ , как обычно, обозначает оператор взятия производной по переменной x (градиент), параметр k_i представляет собой коэффициент диффузии. Взаимодействие популяций между собой и воздействие на них промысла происходит локально и описывается функцией F_i .

Сообщество подвергается промысловым воздействиям, описываемым кусочно-непрерывной (с разрывами первого рода по гладким многообразиям меры нуль) вектор-функцией $u = u(t, x)$, $u \in U \subset K(T \times D; R^q)$ интенсивности промысла (буквой K обозначен некоторый класс таких функций). Полезность управления определяется функцией дохода $\varphi(t, x, y, u)$, в качестве критерия оптимизации может быть выставлена максимизация дохода за период промысла T :

$$\int_{T \times D} \varphi(t, x, y, u) dt dx \rightarrow \max_{u \in U}. \quad (2)$$

Модель (1) (с использованием или без использования функционала (2)) здесь служит примером одной из общих конструкций модельного описания процессов промысла и динамики обилия промысловых популяций водных организмов. Структура модели зависит от целей моделирования и информации о промыслах и популяциях. В конкретных приложениях модель может быть дискретной по времени и/или пространству. Из-за распространенности «пообъектного» планирования промысла модель часто применяется к популяциям и реже – к сообществам.

3. Особенности промысла

Свойства модельных решений отражают особенности промысла. Не останавливаясь на общеизвестных свойствах типа снижения среднего возраста особей в популяциях под воздействием промысла, независимо от конкретики промысла и биологических особенностей популяций можно сформулировать ряд общих отличительных особенностей.

Многовидовой характер промысла приводит к проблеме анализа воздействия промысла на популяции, для него не предназначенные. Это отражается в модельном анализе проблем квотирования и изучения последствий промысла (Абакумов и др., 2009). Способ распределения квот среди рыболовных фирм существенно влияет на эффективность и экологические последствия промысла.

Учет в моделях структурных различий особей (возрастных, размерных и т.п.) в популяциях приводит к значительному повышению устойчивости решений. Можно сказать, что структура популяции стабилизирует ее по отношению к флуктуациям промысловых воздействий. Рыбы обладают большой плодовитостью и высокой смертностью в раннем онтогенезе. Это делает процесс формирования промыслового пополнения близким к стохастическому. Тем не менее, некий усредненный по возрасту или размеру особей режим промысла оказывается по своей эффективности близким к оптимальному, сглаживая разницу между урожайными и неурожайными поколениями. Аналогично этому учет сезонности размножения и интенсивности промысла не оказывает значительного влияния на результаты моделирования (Абакумов, Израильский, 2016).

Преимущества оптимального режима промысла перед неоптимальным, как правило, оказываются значительными как по значению функционала (2) эффективности, так и по признакам сохранности популяций в водоеме. С другой стороны, решение ряда задач

оптимизации промысла показывает, что преимущества оптимальной стратегии при учете различных биологических особенностей промысловых особей часто незначительно отличаются от решений, не учитывающих большинство таких особенностей.

Общими свойствами задач оптимизации промысла являются свойства магистральности для решений. Магистральность аналогична соответствующему свойству в моделях экономической динамики (Макаров, Рубинов, 1973). Это свойство означает, что решение в своей динамике большую часть времени находится в окрестности заранее описанного многообразия или обладает рядом заранее указанных свойств (Clark, 2010). Подобное поведение оптимального решения обеспечивается свойствами кусочно-постоянной функции управления u .

Модельные исследования играют важную роль в планировании, управлении и анализе результатов рыбного промысла, прогнозировании промысловых запасов и оценке последствий для водных экосистем (Clark, 2010). Компьютерный анализ всех процессов рыболовства приводит к повышению эффективности промысла и снижению негативного воздействия на природную среду.

Литература

- Абакумов А.И., Бочаров Л.Н., Решетняк Т.М. Оптимальное распределение квот для многовидовых промыслов на примере Карагинского промыслового района // Вопросы рыболовства. 2009, т.10, № 2(38), с. 352 – 363.
- Абакумов А.И., Израильский Ю.Г. Эффекты промыслового воздействия на рыбную популяцию // Математическая биология и биоинформатика. 2016. Т. 11. № 2. С. 191-204.
- Васильев В. А., Романовский Ю. М., Яхно В. Г. Автоволновые процессы / Под ред. Д. С. Чернавского. М.: Наука, 1987. 240 с.
- Макаров В.Л., Рубинов А.М. Математическая теория экономической динамики и равновесия. М.: Наука, 1973. 336 с.
- Cantrell R.S., Cosner C. Spatial ecology via reaction-diffusion equations. New York: J. Wiley and Sons Publ., 2003. 411 p.
- Clark C.W. Mathematical bioeconomics. The mathematics of conservation. Third Edition. New Jersey: J. Wiley and Sons Publ., 2010. 368 p.
- Hilborn R., Walters C.J. Quantitative fisheries stock assessment. Choice, Dynamics and Uncertainty. New York, London: Chapman and Hall, 1992. 570 p.