

УДК 639.2
ББК 47.2-64:28.681В637

В. Н. Мельников, В. Н. Винникова

ОЦЕНКА БИОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ В СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ РЫБОХОЗЯЙСТВЕННЫМИ ПРОЦЕССАМИ

V. N. Melnikov, V. N. Vinnikova

ESTIMATION OF BIOLOGICAL OBJECTS IN CONTROL SYSTEMS OF FISHERIES PROCESSES

Рассматривается описание биологических процессов в рыбохозяйственных системах управления через связь внешних воздействий (входных величин) с проявлениями реакции на эти воздействия (выходные величины), виды связи входных и выходных переменных при описании биологических объектов и процессов. Рассматриваются требования к математическим моделям систем.

Ключевые слова: рыбохозяйственные системы, биологические объекты, моделирование.

The description of biological processes in fisheries control systems through communication of external influences (entrance sizes) with displays of reaction to these influences (target sizes), types of interrelation of entrance and target variables is considered in the description of biological objects and processes. Requirements to mathematical models of the systems are considered.

Key words: fisheries systems, biological objects, modeling.

При исследовании рыбохозяйственных систем управления прежде всего моделируют процессы, связанные с поведением, распределением, состоянием, ростом, переходом биологических объектов из одного состояния в другое, естественной и промысловой смертностью, их питанием, размножением, воспроизводством и товарным выращиванием и т. д. Кроме того, в рыбохозяйственных системах моделируют процессы управления суточными, сезонными и годовыми циклами, численностью и составом объектов, механизмами регуляции их численности, взаимодействием популяций, жизнестойкостью гидробионтов, первичной продукцией, циркуляцией веществ, потоков энергии, информации и др.

Моделирование перечисленных биологических процессов может относиться к отдельным особям, группам особей, популяциям, сообществам, экосистемам. При этом элементарные модели низших групп биологических образований могут входить в модели более сложных групп биологических образований.

В общем случае для описания биологических процессов в рыбохозяйственных системах управления между собой увязывают внешние воздействия (входные величины) с проявлениями реакции на эти воздействия (выходными величинами), при этом под реакцией понимают изменение любых показателей биологических объектов. Иногда учитывают также количественные и качественные показатели внутреннего состояния объектов [1].

При описании биологических процессов в математические модели не всегда возможно или целесообразно вводить не только показатели внутреннего состояния гидробионтов, но и все или основные внешние воздействия. Тогда математическую модель сопровождают качественным описанием внешних воздействий, состояния биологических объектов и ограничениями на переменные модели. Без этого применение математических моделей обычно не имеет смысла.

В рыбохозяйственных системах на биологический объект управления влияют контролируемые и неконтролируемые воздействия. Обычно управляющие величины являются контролируемыми. Иногда контролируют не внешние воздействия на биологические объекты, а параметры источников внешних воздействий. Внешние воздействия считают контролируемыми, если контроль осуществляют одним из двух названных способов.

Иногда к управляющим относят не только контролируемые переменные, но и неконтролируемые внешние воздействия, источниками которых служат элементы управляющей подсистемы, например источники физических полей, которые способствуют выполнению задач управления [2].

При моделировании биологических процессов внешние воздействия принимают постоянными и переменными во времени, в виде последовательности импульсов. Изменение внешних

воздействий, например физических полей, связано с колебаниями параметров физического поля в некоторой его точке, с перемещением биологических объектов или изменением их ориентации. Скорость изменения воздействий на неподвижные объекты как точечные объекты равна частной производной интенсивности действия поля (скаляра или вектора) по времени. Когда объекты перемещаются, то на интенсивность воздействия поля влияет изменение поля и перемещение объектов [2]. При адаптации объекта к физическому полю и влиянии этого фактора, например, на поведение объекта, определяют скорость изменения воздействия поля на биологический объект.

Значительно реже оценивают величину контактных воздействий элементов системы на объекты, например при отцеживании и обьячеивании рыбы сетным полотном. Величина воздействий в общем случае зависит от усилия, развиваемого рыбой, скорости перемещения элемента, с которым контактирует рыба, действия соседних рыб и т. д. Приблизительно такое селективное воздействие определить несложно [2, 3].

Внешние воздействия можно описывать на детерминированном и вероятностном уровне. Пока чаще применяют описание на детерминированном уровне, как более наглядное.

Иногда необходимо описание с учетом случайного характера воздействий, которое позволяет установить некоторые особенности случайных воздействий на объекты, оценить точность и достоверность исследуемых величин и функций, определить характер и величину погрешностей различного рода, наметить пути и рациональные пределы их устранения. Статистические характеристики воздействий обычно определяют для отдельных точек поля управления, расположенных определенным образом относительно источников воздействия. Их оценка не отличается в общем случае от оценки других величин и функций для стационарных и нестационарных случайных процессов.

Связь входных и выходных переменных при описании биологических объектов и процессов может быть детерминированной, вероятностной, индетерминированной (неопределенной) и комбинированной.

В первом случае связь между входными и выходными величинами однозначна. При вероятностной связи между входными и выходными переменными можно установить соотношения с вероятностью $0,5 < p < 1,0$. При индетерминированной связи проследить такую зависимость невозможно, хотя она существует и иногда поддается математическому или формальному описанию. Если биологические объекты отнести к комбинированным системам, то в одних случаях для их описания можно использовать детерминированные и вероятностные зависимости, в других – применять методы, характерные для индетерминированных систем. Иногда при описании биологических объектов как вероятностного и индетерминированного звена полезно выделять детерминированную часть, описанную определенными математическими моделями [2].

При увеличении числа биологических объектов в рассматриваемой совокупности и времени наблюдений за ними часто объекты постепенно теряют индетерминированность и переходят в разряд вероятностных [4].

При детерминированном описании биологических процессов в наиболее общем виде входные и выходные переменные связывают системы дифференциальных уравнений.

Если рассматривать биологические объекты как детерминированное звено системы управления, то связь между входными и выходными переменными находят не только при детерминированных, но и при случайных внешних воздействиях. Сравнительно просто такую связь устанавливают, если случайные воздействия стационарны, а биологические объекты можно считать линейным звеном. В других случаях из-за сложности или невозможности точных решений задачу обычно решают приближенно.

Для описания биологических объектов как вероятностного звена системы управления широко используют классические методы регрессионного, корреляционного и дисперсионного анализа, нормальные уравнения Гаусса, а также методы группового учета аргументов, контрольных карт, последовательного анализа и т. д. [4].

Одним из наиболее распространенных методов описания биологических объектов является метод статистического моделирования. При использовании этого метода учитывают вероятности проявления тех или иных реакций на внешние воздействия, а последние выражают через входные переменные. Например, при описании промысловых и промыслово-экологических сис-

тем вероятность ухода рыбы из зоны облова тем или иным путем можно выразить через скорость перемещения и размеры орудия лова, параметры сетного полотна и т. д. Решение задачи существенно облегчается, поскольку вероятность проявления той или иной реакции на внешние воздействия часто связана с влияющими факторами экспоненциальными зависимостями [4]. Влияющие факторы (входные переменные) и показатели степени при них подбирают по результатам анализа процесса и обработки экспериментального материала.

Математическое описание биологических объектов и процессов как детерминированного или вероятностного звена во многом зависит от числа учитываемых внешних воздействий. Для выбора основных воздействий удобен дисперсионный анализ. О степени влияния воздействия судят по отношению дисперсии по данному воздействию к дисперсии по остальным воздействиям.

Для анализа биологических объектов как звена системы управления с некоторыми ограничениями можно использовать теорию адаптивных систем управления. В этом, как и в других случаях, нельзя учесть все взаимосвязи, и часть механизмов адаптации отбрасывают. Это особенно полезно, если отказ от учета таких механизмов не приводит к изменению цели и характера реакции биологических объектов. Таким образом, описание биологических объектов как адаптивной системы сводится к формальному описанию, при котором количество переменных ограничено, а связь между ними достаточно определена и проста. При этом часто учитывают не только текущие значения условий и реакций, но и их прошлые значения.

Кроме описания отдельных биологических процессов, моделируют рыбохозяйственные системы, в каждой из которых обычно протекает несколько биологических и иных процессов. При этом математические модели систем в общем случае должны отвечать следующим требованиям:

- отражать во взаимосвязи все основные абиотические и биотические факторы в рыбохозяйственной системе;
- соответствовать исходным данным и процессам, характерным для данной рыбохозяйственной системы;
- с достаточной для практики точностью воспроизводить реальные процессы в системах без излишнего усложнения при описании процессов;
- при заданных ограничениях обеспечить единственное решение при оценке равновесного состояния биомассы в рыбохозяйственной системе;
- при существенной нестационарности процессов в рыбохозяйственной системе отражать нестабильность системы;
- поддаваться проверке на любом этапе решения задачи;
- при необходимости способствовать определению различных составляющих смертности в зависимости от размеров или возраста биологических объектов;
- принимать во внимание миграции, прежде всего с учетом изменения условий обитания объектов;
- отражать распределение кормовых организмов и т. д. [2].

Для успешного моделирования биологических процессов и рыбохозяйственных систем необходимо прежде всего иметь четкое представление о целях и задачах, требующих решения, иметь данные для моделирования, достаточные знания в области прикладной математики, опыт работы с крупномасштабными машинными моделями, использовать компьютеры с большой памятью и быстродействием.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мельников В. Н., Мельников А. В. Экологическая кибернетика: в 2 ч. – Астрахань: Изд-во АГТУ, 2010. – 392 с.
2. Мельников В. Н. Биотехнические основы промышленного рыболовства. – М.: Легкая и пищ. пром-сть, 1983. – 216 с.
3. Мельников А. В., Мельников В. Н. Селективность рыболовства. – Астрахань: Изд-во АГТУ, 2005. – 376 с.
4. Мельников А. В., Мельников В. Н. Управление запасами промысловых рыб и охрана природы. – Астрахань: Изд-во АГТУ, 2010. – 572 с.

Статья поступила в редакцию 25.01.2012

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Мельников Виктор Николаевич – Астраханский государственный технический университет; г-р техн. наук, профессор; профессор кафедры «Промышленное рыболовство»; alex_meln@list.ru.

Melnikov Victor Nickolaevich – Astrakhan State Technical University; Doctor of Technical Sciences, Professor; Professor of the Department "Industrial Fishery"; alex_meln@list.ru.

Винникова Виктория Николаевна – Астраханский государственный технический университет; ведущий инженер кафедры «Промышленное рыболовство»; vikulia5@mail.ru.

Vinnikova Victoria Nickolaevna – Astrakhan State Technical University; Leading Engineer of the Department "Industrial Fishery"; vikulia5@mail.ru.