
ПРОМЫШЛЕННОЕ РЫБОЛОВСТВО, АКУСТИКА

УДК 639.2

Н.С. Иванко, С.В. Лисиенко

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
690087, г. Владивосток, ул. Луговая, 52б

ОСОБЕННОСТИ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ СЛОЖНОЙ ИНДУСТРИАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ «ПРОМЫСЛОВАЯ ЗОНА» В КОНТЕКСТЕ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ОРГАНИЗАЦИИ И УПРАВЛЕНИЯ ДОБЫЧЕЙ ВОДНЫХ БИОЛОГИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ

Рассматриваются особенности применения математического моделирования к описанию процессов, протекающих при промысле водных биологических ресурсов. Приведена классификация математических методов и возможность их применения при моделировании сложной системы «промысловая зона». В соответствии с приведенной классификацией описан подбор моделей для подсистем сложной индустриальной системы.

Ключевые слова: промысловая система, добыча, многовидовой промысел, математическая модель, многовидовая промысловая система, водные биологические ресурсы.

N.S. Ivanko, S.V. Lisienko

FEATURES OF MATHEMATICAL MODELING OF COMPLEX INDUSTRIAL SYSTEM «FISHING ZONE» IN THE CONTEXT OF IMPROVING THE ORGANIZATION AND MANAGEMENT OF PRODUCTION OF AQUATIC BIOLOGICAL RESOURCES

Features of application of mathematical modeling to the description of processes proceeding at fishery of water biological resources are considered. The classification of mathematical methods and the possibility of their application in the modeling of a complex system "fishing zone" is given. In accordance with the above classification, the selection of models for subsystems of a complex industrial system is described.

Key words: fishing system, production, multi-species fishing, mathematic model, multi-species fishing system, aquatic biological resources.

Введение

Совершенствование организации и управления добычей водных биологических ресурсов является на современном этапе развития отечественного рыболовства точкой роста и направлено на возрастание общего инновационного потенциала рыбного хозяйства, призванного к решению стратегических задач, одной из которых является обеспечение продовольственной безопасности страны [1].

Современная рыборобывающая деятельность в промысловых зонах рыбохозяйственных бассейнов является сложной и многогранной процесс, включающий ведение производственной деятельности добывающими судами в сложных биотехнических системах, представляющих собой совокупности биологических объектов и технологий рыболовства. В этом смысле промысловая зона характеризуется как сложная индустриальная

система, а ее исследования, направленные на совершенствование организации и управления добычей водных биологических ресурсов, требуют системного подхода, взаимной увязки производственных процессов и биотехнических систем с помощью современных методов математического моделирования.

Для целей совершенствования организации и управления промыслом в сложной индустриальной системе «промысловая зона» при построении математических моделей разного уровня необходимо учитывать всю многоаспектность процессов, в ней происходящих [2]. Например, особенности поведения рыб при выборе режима работы судна или группы судов, естественные суточные миграции промысловых объектов при выборе тактики ведения технологических процессов по добыче и т.д. В этой связи выбор математического инструмента с учетом особенностей математического моделирования процессов и систем добычи водных биологических ресурсов, создание моделей индустриальных систем «промысловая зона» для решения задач по совершенствованию их организации и управлению, основанных на правильности и обоснованности принятия управленческих решений, является важной и актуальной задачей.

Объекты и методы исследования

Рассматривая промысловую зону как индустриальную систему, в ней выделяют в качестве основных процессов процесс добычи ресурсного потенциала – совокупности объектов промысла. Каждый объект обладает биологическими и биометрическими характеристиками, влияющими на его поведение. Вылов объектов промысла осуществляется добывающими судами, обладающими характеристиками и возможностями работы в определенном промыслово-технологическом режиме. Особенности работы судна определяются его техническими характеристиками, а также реальными условиями ведения промысла.

Анализ лова производится на основании расчета показателей лова и условия максимизации его производительности. Для этих расчетов используются биотехнические модели, учитывающие механику орудий рыболовства, различные показатели и параметры их использования по отношению к целевым видам. Учет селективности орудий рыболовства производится в моделях селективности лова. Такие модели служат не только для определения технических характеристик орудий лова, но и для оценки показателей производительности этих орудий и величины улова.

Создание математической модели управления промыслом в промысловой зоне станет эффективным способом оптимизации промышленного рыболовства за счет реализации системы управления принятием решений [3].

Вид математической модели, используемой для принятия управленческих решений, зависит от характера процессов, протекающих в управляемой системе, а также от информации, известной об этих процессах, и, конечно же, от целей моделирования.

При моделировании любой системы выделяют следующие основные этапы:

- постановка задачи, определение цели моделирования;
- изучение моделируемой системы в целом, выделение подсистем и задач;
- подбор методов решения задач и моделей для описания подсистем;
- проведение предварительных работ по формализации системы;
- непосредственное моделирование с применением выбранных методов и способов описания модели;
- анализ полученной модели и результатов моделирования.

Последний этап является обязательным и важным этапом моделирования, так как позволяет дать оценку построенной модели. Наиболее часто используемыми показателями являются адекватность и точность. Адекватность модели – это степень близости модели

реальному состоянию системы. Точность – это погрешность расчетов. Оценка этих параметров во многом зависит от выбранной модели и методов моделирования.

Модели математического моделирования, применяемые при моделировании процессов промышленного рыболовства, делятся на статические и динамические [4]. Статические модели описывают выбранный режим работы, а динамические – переход от одного режима работы к другому.

Дальнейшая классификация математических моделей, используемых в рыболовстве, получается при выборе методов исследования. В этом случае модели могут быть детерминированными и стохастическими. Основой для детерминированных моделей являются данные о внутренней структуре управляемой системы. Если же данные о процессах и объектах моделирования полностью или частично отсутствуют, в таком случае это уже стохастическая модель. Детерминированные и стохастические модели могут быть численными и аналитическими в зависимости от используемых математических методов. Классификация математических моделей, используемых для описания процессов, протекающих в рыболовстве, представлена на рис. 1.



Рис. 1. Классификация математических моделей
Fig. 1. Classification of mathematic models

В зависимости от используемой математической модели при моделировании применяются различные математические методы. Стохастические модели используют экспериментально-статистические методы, которые позволяют оценить степень зависимости входных данных от выходных, т.е. выявить влияние неуправляемых факторов. Методы, используемые детерминированными моделями, представлены на рис. 2.

Принятие управленческих решений зависит от целей управления. С точки зрения временной характеристики управление делится на стратегическое, оперативное и тактическое [3].

Стратегическое управление – результат управляющих воздействий проявляется через длительное время, оперативное управление – результат управляющих воздействий проявляется через короткое время, тактическое управление – результат управляющих воздействий проявляется практически сразу, т.е. через очень короткий промежуток времени.



Рис. 2. Математические методы детерминированных моделей
Fig. 2. Mathematical methods of deterministic models

Каждое из видов управления является важным, и для каждого из них выбираются свои критерии в зависимости от различных параметров. Параметры или их еще называют факторы, влияющие на выбор критериев управления, условно можно разделить на две группы:

- управляемые – те, на которые можно воздействовать;
- неуправляемые – те, на которые нельзя оказать никакого воздействия.

К управляемым параметрам относятся расположение судна в районе промысла, используемые орудия рыболовства и прочие факторы, на которые человек, т.е. управляющий орган, может воздействовать. К неуправляемым факторам относятся поведение промысловых объектов, их биологическое состояние, гидрометеорологические условия районов промысла и другие условия, не зависящие от человека [4].

Результаты и их обсуждения

Особое значение при построении математической модели сложной индустриальной системы «промысловая зона» имеет блочный принцип построения моделей в области рыболовства, так как процесс управления рыболовством является сложным, а деление на подсистемы и описание отдельных элементов может существенно упростить решение поставленной задачи. В этом случае для реализации математической модели необходимо выделять подсистемы (блоки) в сложной системе, которой является многовидовая промысловая зона. И тогда общая модель управления многовидовой промысловой системой является динамической математической моделью, а подсистема может быть статической моделью.

Особенность управления промыслом заключается в том, что промысел является стохастическим процессом. В задачах управления, для которых нет полной картины об обстановке, объекте управления или его поведении, хорошим подспорьем являются модели, в

частности математические модели, которые позволяют провести анализ по имеющимся неполным данным. Таким образом, для управления промыслом как единой индустриальной сложной системой должны использоваться стохастические динамические модели, в то время как подсистемы могут описываться и стохастическими динамическими моделями, и стохастическими статическими моделями.

Достижение целей управления – главная задача любой модели, идеальным будет сочетание всех трех видов управленческого воздействия. Одним из вариантов реализации такой управленческой системы может стать модель распределения добывающих судов в многовидовой промысловой зоне.

Целевой функцией может стать суммарный объем добычи всем промысловым флотом с учетом ограничений различного вида [5]. В общем виде целевая функция представляет собой зависимость от целевых объектов промысла, используемых средств и методов промысла, режимов работы добывающих судов, количества добывающих судов с их делением по типам и т.д. Целевая функция – это многопараметрическая функция, причем на каждый параметр функции накладываются свои ограничения, которые образуют общую систему ограничений, записанных в виде неравенств.

Также целевой функцией может быть любой из экономических показателей, например, прибыль, полученная от работы промыслового флота в многовидовой промысловой зоне, как показатель, учитывающий не только доход, полученный от реализации объемов вылова или выпущенной продукции, но и издержки (расходы), связанные с работой добывающих судов в промысловой зоне. Тогда, помимо описанных выше параметров, целевая функция зависит от доходов от реализации продукции, расходов на топливо, зарплату экипажа, доставку готовой продукции на берег в случае экспедиционного режима работы и т.д. Одним из самых жестких ограничений является общий допустимый улов целевого объекта промысла.

В общем виде целевую функцию можно представить формулой

$$F(N, M, n_i, D(i, j, k), Z(i, j, k), A(i, j, k), t(i, j, k)),$$

где N – общее количество всех добывающих судов; M – общее количество всех объектов промысла; n_i – количество всех добывающих судов типа i ; $D(i, j, k)$ – доход от работы судна типа i в подзоне промысла k при добыче промыслового объекта j ; $Z(i, j, k)$ – полные затраты по эксплуатации судна типа i в подзоне промысла k при добыче промыслового объекта j ; $A(i, j, k)$ – норма добычи промыслового объекта j при работе судна типа i в подзоне промысла k ; $t(i, j, k)$ – время работы судна типа i в подзоне промысла k при добыче промыслового объекта j .

В зависимости от целей управления данная формула может принимать различный вид. Особый интерес представляет частный случай формулы, когда идет промысел только одного целевого вида в одной подзоне, но несколькими судами одновременно. В таком случае получается упрощенная задача, которая может быть сведена к задаче линейного программирования с ограничениями, накладываемыми на промысел целевого вида.

Выводы

Учет всех рассмотренных особенностей математического моделирования сложных индустриальных систем «промысловая зона» в процессе создания их математических моделей позволит решать задачи организации и управления промыслом во взаимосвязи с особенностями технологий рыболовства, промысловой доступностью ресурсного потенциала такой системы, состоянием запасов промысловых объектов с установлением влияния осо-

бенностей поведения, распределения на интенсивность лова, научно обоснованно подходить к формированию стратегий по совершенствованию организации и управления добычей водных биологических ресурсов, разработке правил рыболовства, конвенционных соглашений в отношении распределения промысловых усилий, интенсивности рыболовства, места и времени его осуществления.

Список литературы

1. Лисиенко С.В. Концептуальный подход к совершенствованию организации ведения добычи водных биологических ресурсов в контексте развития общей теории промышленного рыболовства (на примере Дальневосточного региона) // Вестн. Астраханского гос. техн. ун-та. Сер. Рыб. хоз-во. 2014. № 1. С. 18–28.
2. Лисиенко С.В., Иванко Н.С. Об особенностях моделирования процессов и систем промышленного рыболовства в контексте реализации концепции рационального природопользования // Актуальные проблемы биоразнообразия и природопользования: материалы II Нац. науч.-практ. конф., посвященной 20-летию кафедры экологии моря ФГБОУ ВО «КГМТУ». Симферополь, 2019. С. 342–345.
3. Андреев М.Н., Студенецкий С.А. Оптимальное управление на промысле. М.: Пищ. пром-сть, 1975. 288 с.
4. Лисиенко С.В. О многовидовом рыболовстве в контексте совершенствования системной организации ведения промысла ВБР // Рыб. хоз-во. 2013. № 4. С. 34–41.
5. Мельников В.Н. Общая характеристика основных видов математических моделей теории рыболовства // Вестн. АГТУ. Сер. Рыб. хоз-во. 2009. № 1. С. 17–22.

Сведения об авторах: Лисиенко Светлана Владимировна, кандидат экономических наук, доцент, зав. кафедрой, e-mail: lisienkosv@mail.ru;

Иванко Нина Сергеевна, аспирант, старший преподаватель, e-mail: ivns@mail.ru.