

УДК 681.3 : 639.2.053.8

О МЕТОДОЛОГИИ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА ПРИМЕНИТЕЛЬНО  
К ИССЛЕДОВАНИЯМ СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ РЫБНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

М.Я. Драпацкий

В последнее время в научной литературе, как зарубежной, так и отечественной, много внимания уделяется так называемому системному анализу. Существует даже специализированный международный орган – Институт прикладного системного анализа (ИИАСА), опирающийся на сеть Национальных Комитетов, находящихся в разных странах, в том числе и в Советском Союзе.

Нас интересует системный анализ с точки зрения его практического использования в исследованиях сырьевой базы рыбной промышленности. Но сначала, чтобы составить представление о системном анализе, необходимо остановиться на понятии "система" вообще и "биологическая система" в частности.

Всю сферу системных исследований можно разделить на ряд областей (И.Блауберг и др., 1970):

- а) формулирование общей системной теории (системной картины мира);
- б) разработка логики и методологии системного исследования (построение понятийных средств, создание аппарата описания связей системных объектов, иерархического строения системы и т.д.);
- в) осуществление специальных научных системных разработок;
- г) применение теории систем к решению определенного класса задач.

Фактически почти каждый исследователь вкладывает в понятие системы свое особое содержание.

А.Холл и Р.Фейджин (1970) дают исключительно широкое толкование этому понятию: "Множество соотносящихся друг с другом объектов, или множество объектов, объединенных некоторым отношением". Несколько конкретнее определение Л.Берталанфи (1969), который исходит из понимания системы как "комплекса элементов, находящихся во взаимодействии". Развивая далее свою мысль, Л.Берталанфи приходит к заключению, что организация системы проявляется в тех отношениях между ее взаимосвязанными частями, при помощи которых поддерживается существование системы как таковой. Именно через организацию каждая часть системы взаимодействует с другими в процессе передачи информации и регулирования, цель которого состоит в сохранении системы. Отсюда следует, что изучение изолированных частей не может обеспечить адекватной информации о системе.

Необходимо учитывать при этом, что элементы, составляющие систему, могут в свою очередь рассматриваться как системы более низкого порядка, элементы которых являются подсистемами еще более низкого порядка и т.д.

К.Боулдинг (Boulding, 1956) наметил два подхода к общей теории систем.

Первый подход К.Боулдинга основывается на выборе определенных явлений общего характера: динамических взаимодействий между членами совокупностей (отношения хищничества, конкуренции, паразитизма, взаимопомощи и т.д.); взаимодействия индивидов с внешней средой; поведения каждого индивида (поведение может быть описано как попытка сохранить или восстановить исходные состояния, когда они нарушаются изменениями окружающей среды или когда им угрожают подобные изменения); роста индивидов как одного из важнейших аспектов поведения, выделяемого в специальную категорию; информативных и других связей между индивидами, по тем же соображениям выделяемых для специального анализа.

Второй подход К.Боулдинга выражается в иерархической классификации систем: первый уровень — статические системы (уровень структурных схем); второй — простые динамические системы (где все действия заранее predetermined); третий —

простые кибернетические системы (процессы передачи и сбора информации, заложенные в системе, позволяют ей саморегулироваться и поддерживать таким образом определенное равновесие в заданных пределах); четвертый – открытые или самовосстанавливающиеся системы; пятый – растение как система; шестой – животное как система; седьмой – человек как система; восьмой уровень – социальные организации.

В анализе экономических систем лишь сейчас начинают пользоваться идеи, соответствующие третьему уровню.

Определение понятия системного анализа дано у Э.Квейда (1969): "Системный анализ – логико-аналитический метод, применяемый для перспективного планирования при создании сложных систем и проведении крупных мероприятий в условиях неопределенности".

По существу системный анализ является средством для одновременного выявления и определения большого количества процессов и компонентов, а также взаимосвязей, образующих данную систему. Другими словами, системный подход дает возможность исследователю удерживать целое, когда он анализирует его части, что позволяет выбрать способ объединения частей в целое – в полную систему.

На первый взгляд ничего принципиально нового такой подход не несет, так как исследования на различных уровнях, в том числе и крупномасштабные, проводились и ранее. Однако раньше такие исследования носили в основном эпизодический характер и не были так тесно связаны с практикой, как сейчас, когда проблемы рациональной эксплуатации и охраны природных ресурсов, взаимоотношений человека с окружающей средой, оптимизации управления сложнейшими экономическими и экологическими системами решаются как на национальном, так и на международном уровне. Поэтому актуальность системного анализа трудно переоценить.

В основе системного анализа лежит требование операционального описания изучаемых объектов, т.е. описания посредством идентификации, наблюдения и измерения.

Системный анализ, по мнению С.Янга (1969), предполагает дробление системы на подсистемы до тех пор, пока не достигается уровень ее основных компонент.

В частности, можно выделить десять основных подпроцессов анализа:

- 1) определение целей;
- 2) выявление проблем для достижения этих целей;
- 3) исследование проблем и установление диагноза;
- 4) поиск решения проблем;
- 5) оценка альтернатив и выбор наилучшего пути решения;
- 6) согласование решений;
- 7) утверждение решения;
- 8) подготовка к вводу решения в действие;
- 9) применение результатов решения;
- 10) оценка эффективности решения.

Существуют и другие формулировки, характеризующие процедуру системного подхода к исследованиям, в частности формулировка Э.Квейда (1969), которая, на наш взгляд, проще и логичнее:

- 1) постановка задачи;
- 2) выбор альтернативных путей (средств) решения задачи;
- 3) оценка ресурсов, расходуемых на решение задачи;
- 4) составление модели;
- 5) выбор критериев оценки эффективности;
- 6) сравнение альтернатив и принятие решения.

Одним из наиболее важных аспектов системного анализа является нахождение оптимальной модели процесса формирования решений — модели, обеспечивающей наибольшее количество решений в течении определенного периода времени с максимальной отдачей на решение и при наименьших затратах.

При этом в данном случае под моделированием понимается не просто описание (имитация) реальных процессов, но главным образом выявление релевантных (оказывающих влияние на результат) факторов, выбор тех из них, которые могут быть

описаны количественно, объединение факторов по общим признакам и сокращение их перечня, установление количественных соотношений между элементами процесса.

Ф.Ханика (1969) первой задачей анализа систем полагает определение функциональных характеристик системы, позволяющих получить представление о ее структуре и отношениях между взаимодействующими элементами, которые потом можно описать при помощи моделей.

Р.Акофф (1962) считает необходимым предупредить ошибку полного отождествления моделей с аналогами реальной жизни: "При использовании аналога мы сознательно разрабатываем для модели такую структуру, которую, основываясь на анализе и экспериментировании, считаем в достаточной мере соответствующей структуре реальной. На основании аналогии мы знаем лишь, что две ситуации имеют некоторые общие свойства, но ничего не знаем относительно соответствия их структуры. С помощью аналогии удается обычно (если вообще удастся) прийти лишь к самым общим выводам. Но иногда на основании аналогии делаются заключения с такой степенью вероятности, которую они могли бы заслуживать, только если бы они были выведены в ходе использования соответствующего аналога или другой модели".

Одним из основных принципов успешного моделирования больших систем является сопоставимость модели с исходным материалом. Если исследователь выбирает модель до того как начать сбор материала, он сможет собрать именно те данные, какие будут служить входными параметрами этой модели. Если же материал уже собран, легче подобрать соответствующую (может быть более простую) модель, чем заново собирать данные для построения заранее выбранной сложной модели, так как сбор исходного материала — неизмеримо более дорогостоящий процесс, чем само моделирование.

Отдать предпочтение какой-либо из этих двух установок трудно. Одни модели требуют меньше исходных данных, но и дают меньшую информацию, тогда как другие требуют больше исходных данных, но и обеспечивают больший запас получаемой информации. В тех случаях, когда о системе нельзя получить столько сведений, сколько требуется для построения сложных моделей, предпочтительнее простые модели, поскольку они по-

казывают, как можно максимизировать ценность информации, которой мы располагаем.

В общем виде модели можно классифицировать как аналитические модели процессов и модели сложных систем, рассматривающих процессы в комплексе.

Системное исследование может проходить через несколько повторяющихся циклов, т.е. последовательных приближений.

Детальную проработку проблемы целесообразно отложить на заключительные этапы исследований. На начальных этапах, когда проверяется справедливость идеи, лучше использовать несколько грубых моделей, чем детально проработать одну. Этот подход вытекает из реалистического понимания возможностей применения ЭВМ, так как вычислительная машина при современном понимании того, как она может быть использована, не может помочь решению проблемы, которую теоретически нельзя решить без ее помощи.

Преимущества такого подхода состоят в том, что в простых моделях не теряются и не затушевываются за множеством частных подробностей основные элементы реального процесса. Однако при таком подходе тратится масса сил на изучение следствий, вытекающих из небольшого числа упрощенных исходных предположений, для чего привлекается сложный математический аппарат.

При построении математической модели сложного процесса не просто подыскивают какую-либо полезную для информации эмпирическую формулу, а пытаются описать процесс при помощи одного или нескольких уравнений, основанных на более глубоком изучении механизма исследуемого процесса. Одна из самых важных черт моделирования — использование ЭВМ для получения эффекта самообучения. Мы строим простейшую модель явления, в виде программы вводим ее в машину, исследуем разницу в поведении реальной и "модельной системы" и на этой основе улучшаем модель. Если исходная модель содержит неадекватные действительности и нереалистические предположения, картина на выходе машины быстро подскажет нам, какие именно предположения следует изменить, чтобы приблизить модель к оригиналу.

Наиболее простой классификацией моделей является деление на две основные группы: детерминированные и вероятностные. Для преодоления сложностей анализа вероятностных систем введено понятие "Черного ящика", внутрь которого мы

при нынешнем уровне знаний не можем заглянуть и пытаемся разобратся в принципах его работы, ограничиваясь изучением входов и выходов. Это позволяет нам делать предсказания, касающиеся вероятного поведения системы, хотя мы очень мало знаем или вообще не знаем о внутренней ее структуре (Бир, 1965).

По поводу применения стохастических моделей существуют различные мнения, как пессимистические, так и оптимистические.

Наиболее пессимистически смотрят на это Р.Бивертон и С.Холт (1969), которые убеждены, что "за исключением специальных случаев, усилия, затрачиваемые на вывод стохастических уравнений и их решение, не оправданы, если принять во внимание неточность наших данных, сложность биотической системы, с которой мы имеем дело, и порядок величины ожидаемых расхождений в экспериментах".

Большинство проблем управления природными ресурсами сводится в конечном счете к одной основной проблеме — оценке возможных стратегий управления. Рассмотрим общие черты рассматриваемой проблемы, сформулированные К.Уаттом (1971).

Мы имеем дело с зависимой переменной, являющейся функцией многих независимых переменных, только часть которых человек может изменять по своему усмотрению;

на решение биологических проблем налагаются определенные ограничения, связанные с экономическими факторами, которые выражаются в форме неравенств;

одной из переменных должно быть время, если мы хотим, чтобы наш подход был реалистическим (отсюда процесс принятия решений может быть многошаговым);

важно исходить не из непосредственных результатов принимаемых в данный момент решений, а из результатов всей последовательности решений, дающих в итоге оптимальный суммарный эффект.

При этом необходимо учитывать фактор времени. Здесь существует два подхода. Первый допускает, что изменение всех переменных во времени представляет собой количественный процесс без каких-либо качественных скачков; длительность всех экспериментов одинакова, поэтому время считается посто-

янной величиной. Второй подход принимает время переменной величиной, предполагая существование порогового эффекта, связанного с качественным изменением системы, а потому представляется нам более реальным.

Большие биологические системы представляют собой чрезвычайно сложные динамические образования, характеризующиеся явлениями запаздывания, кумулятивными эффектами, порогами, большим числом переменных, их взаимодействием и нелинейными зависимостями. Ввиду этой сложности мы с самого начала должны допустить, что математические модели, основанные на слишком упрощенных и, следовательно, далеких от реальности предположениях, не могут быть использованы для решения конкретных задач в области эксплуатации ресурсов.

Существует множество факторов, влияющих на продуктивность и стабильность ресурсов. К. Уатт (1971) приводит такие соображения. С точки зрения энергетики сообщества простая трофическая пирамида предоставляет наилучшие возможности для использования биосферы. Теория организации сообществ показывает, однако, что такая простота пищевых цепей неизбежно ведет к необычайно сильным флуктуациям в системах. Жертвуя стабильностью ради продуктивности, мы могли бы создать систему с высокой средней продуктивностью, но при этом амплитуда колебаний численности относительно среднего уровня может оказаться слишком большой.

Любое действие, связанное с эксплуатацией ресурсов, по-разному используемых различными социальными группами, может иметь множество самых разнообразных биологических последствий, и эти последствия должны быть предусмотрены заранее.

Численность высокостабильных видов регулируется в основном механизмом, зависящим от плотности, тогда как внешние факторы играют здесь второстепенную роль. У нестабильных видов, наоборот, изменения численности во времени обусловлены в основном внешними факторами и мало связаны с факторами, зависящими от плотности. Видовая популяция, численность которой подвержена частым и нерегулярным изменениям, находится в среде, условия которой нестабильны и лишь случайно могут оказаться оптимальными для данного вида. Стабильный вид находится в устойчивой среде.

Из этого вытекает, что один и тот же вид обычно оказы-



вается стабильным в центре своего ареала и нестабильным вблизи его границ.

Отсюда можно заключить, что для любой эксплуатируемой популяции оптимальная стратегия эксплуатации определяется типом связей между используемым видом и факторами среды.

По Франку (Frank, F., 1957), факторы, регулирующие амплитуду колебаний численности, можно подразделить на три группы: репродуктивный потенциал, емкость среды и потенциал конденсации (термин, обозначающий способность вида существовать в условиях, когда плотность популяции сильно превышает нормальную без каких-либо вредных побочных последствий для вида).

Управление рыболовством действует как регулятор в регенеративной системе: собирает информацию, составляет предсезонные прогнозы и распределяет время промысла, интенсивность его по подрайонам, количество рыб, не затрагиваемое промыслом, и т.п. (Меншуткин, 1965).

Информация, поступающая в систему управления, касается размеров, состава, миграционных путей и темпа движения стад, количества, эффективности и распределения по районам орудий лова и т.д.

Цель рационального использования промысловых рыбных ресурсов — регулирование их промысла на основе установления и сохранения оптимального запаса для получения максимально возможной (с учетом установленных ограничений) продукции.

Необходимо стремиться к выработке таких правил регулирования промысла, которые бы обеспечили охрану многообразных генотипов, включая и представленные менее продуктивными стадами.

Идеально было бы, если бы ежегодно существовал единственный оптимум промысловой смертности для каждого стада.

В действительности при регулировании рыболовства приходится сталкиваться с группой целей, порой несовместимых. Естественно поэтому, что наиболее результативный путь для сравнительной оценки различных ситуаций и стратегий — это реалистическое описание явлений, моделирование и оптимизация сложных систем на ЭВМ.

Применение методологии системного анализа в этой области позволяет рассчитывать на большой научный и практический эффект в исследованиях сырьевой базы рыбной промышленности.

## Л и т е р а т у р а

- А к о ф ф Р. Общая теория систем и исследование систем как противоположные концепции науки о системах. - "Общая теория систем", М., "Мир", 1962, с.66-79.
- Б л а у б е р г И., С а д о в с к и й В., Ю д и н Э. Системный подход в современной науке. - "Проблемы методологии системного исследования", М., "Мысль", 1970, с.7-124.
- Б е р т а л а н ф и Л. Общая теория систем. Критический обзор. - "Исследования по общей теории систем". М., "Мир", 1969, с.41-50.
- Б и в е р т о н Р., Х о л т С. Динамика численности рыб, М., "Пищевая промышленность", 1969, 533 с.
- Б и р С. Кибернетика и управление производством, М., Физматгиз, 1965, 180 с.
- К в е й д Э. Анализ сложных систем, М., "Советское радио", 1969, 520 с.
- М е н ш у т к и н В. Применение метода кибернетического моделирования к исследованию динамики численности промысловых рыб. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук. М., 1965, 25 с.
- У а т т К. Экология и управление природными ресурсами. М., "Мир", 1971, 460 с.
- Х а н и к а Ф. Новые идеи в области управления. М., "Мир", 1969, 216 с.
- Х о л л А., Ф е й д ж и н П. Определение понятия системы. - "Исследования по общей теории систем", М., "Мир", 1970, с.252-254.
- Я н г С. Системное управление организаций. М., "Советское радио", 1969, 520 с.
- B o u l d i n g, K. General system theory - the skeleton of science. Mag. "Management science". April, 1956, 180 pp.
- F r a n k, F. The causality of Microtine cycles in Germany. J. Wildlife Mgt., 21, 1957, pp. 113-121.

To methodology of application of the system  
analysis to investigations of fishery  
resources

M.Ja.Drapatsky

S u m m a r y

The system analysis is promising to the study of biological systems, particularly to fishery resources. Investigators should be guided with a distinct notion of the system itself, of systems classification and sequence of procedures representing the methodology of the systems analysis.

The principle objective of the systems analysis of marine resources is to issue recommendations on the optimum strategy of exploitation of fish populations. While issuing fishing regulations one comes across a group of goals which are now and then incompatible. Modelling of processes studied at computers is a promising way for comparison of estimates resulted from different situations and strategies.

