

УДК 551.463:834.242

РАЗВИВАЮЩАЯСЯ МОДЕЛЬ И ИМИТАЦИОННОЕ
МОДЕЛИРОВАНИЕ ОКЕАНСКОЙ РЕВЕРБЕРАЦИИ

В.В. Ольшевский

И. В в е д е н и е

Исследование свойств океанской реверберации в последнее десятилетие характеризуется следующими основными особенностями:

1. Океанская реверберация рассматривается как комбинированное системно-физическое явление, с помощью которого можно анализировать и прогнозировать различные акустические характеристики океана.

2. Исследование реверберации стимулировало развитие различных методов в таких новых научно-технических направлениях, как теория распознавания образов, эмпирическое предсказание, системный анализ (подход), имитационное машинное моделирование.

3. В настоящее время усиленно развиваются исследования как энергетических, так и статистических свойств океанской реверберации с учетом рефракции акустических волн в водной среде, влияние отражающих границ (водной поверхности и дна), рассеивающих свойств границ и объемных неоднородностей, поглощения и т.д.

4. Уже разработан целый ряд моделей океанской реверберации, появились экспериментальные данные натуральных исследований, позволяющие (в принципе) ставить вопрос об определении количественной меры адекватности различных моделей реверберации реально наблюдаемым явлениям в океане.

5. Многие специалисты признают, что океанская реверберация открывает путь к естественному обобщению моделей этого явления на модель гидролокации, а далее - на акустическую модель океана.

Таким образом, к настоящему времени создалась следующая ситуация: исследования, главным образом последних лет, по созданию

общей акустической модели океана и одного из ее наиболее содержательных и интересных вариантов – акустической статистической модели активной гидролокации (см., [1-7]) – привели к необходимости пересмотра некоторых методических приемов в этом направлении и вскрыли важные особенности самой процедуры разработки и исследования рассматриваемых моделей. В первую очередь, это касается обоснованных формальных приемов, которые следует использовать при построении моделей, тем более, что до последнего времени такие приемы основывались главным образом на эвристических процедурах и интуитивных решениях. Естественно, что модель океанской реверберации является при этом частью модели гидролокации, причем частью основной, определяющей.

2. Декомпозиция

Декомпозиция как метод исследования имитационной модели гидролокации заключается в расчленении последней на подсистемы с последующим формальным их описанием. Этот метод позволяет вычислить (на основе задания критериев, ограничений, априорной информации об акустико-океанологических условиях гидролокации и соответствующих гипотез) те характеристики имитационной модели, которые существенны в решаемой научной и (или) прикладной задаче.

Декомпозиция – многоэтапная иерархическая процедура – завершается тогда, когда дальнейшее расчленение элементов на подсистемы нецелесообразно. Естественно, что построение имитационной модели методами декомпозиции должно предусматривать потенциальные возможности ее совершенствования, модернизации, т.е. рассматриваемая имитационная модель должна быть развита в себе. По сути дела, методы декомпозиции в определенном смысле соответствуют методам построения моделей случайных величин, процессов и полей, а также систем их статистической обработки (см., например, [1,3-5,7]). Декомпозиция используется как основной метод построения моделей экономических, организационных, управленческих и других сложных систем [8-11]. Можно считать, что декомпозиция представляет собой основу системного анализа и имитационного моделирования, под которыми следует понимать построение модели сложной системы, проведение имитационных машинных экспериментов с этой моделью, обработку результатов машинной имитации и принятие на этой основе соответствующих решений – научных, технических, организационных и др.

Идея развивающейся имитационной модели является наиболее перспективной, гибкой и экономичной, так как она обеспечивает наилучшую приемственность уже созданных моделей с последующими. В этом смысле модель океанской реверберации является типичной: ее структура должна иметь модульный принцип построения и быть развивающейся.

3. Подсистемы

Подсистемой будем называть любую часть рассматриваемой системы, которая может считаться самостоятельной по своему функциональному назначению, структуре и информационным связям. Естественно, что всякая исходная система при этом сама может представлять собой подсистему, а всякая подсистема – исходную систему, подвергающуюся декомпозиции. Поэтому полная гидролокационная сложная система подвергается декомпозиции неоднократно, т.е. иерархически: расчленяется на подсистемы первого уровня, которые, в свою очередь, подвергаются декомпозиции на подсистемы второго уровня и т.д. С этой точки зрения декомпозиция при построении модели океанской реверберации сводится к определению иерархии подсистем в этой модели, последний (наиболее высокий) уровень которых соответствует элементарным составляющим – модулям имитационной модели и информационно согласуется с математическим обеспечением современных ЭВМ. После этого необходимости в декомпозиции, естественно, не возникает, так как имитационная модель модульного типа может быть реализована в виде совокупности стандартных программ для ЭВМ.

4. Иерархия подсистем

Гидролокационная сложная система описывается моделью, для которой на основании имеющегося опыта акустико-океанологических исследований можно определить следующую иерархию подсистем, состоящую из четырех уровней. Мы не можем привести строгих доказательств того, что декомпозиция при построении имитационной модели гидролокации и, в частности, модели океанской реверберации должна иметь именно четыре иерархических уровня. Но такая четырехуровневая концепция декомпозиции соответствует как физико-математическим и статистическим воззрениям, так и нашему опыту информационного анализа большинства акустико-океанологических систем (см., например, [5]).

Рассмотрим эти уровни.

Семантические подсистемы – первый уровень декомпозиции. Они представляют собой части общей гидролокационной модели, соответствующие наиболее укрупненному информационному, гидрофизическому и системному ее содержанию как сложной системы. С информационной точки зрения семантические подсистемы описываются с помощью векторных функций векторных аргументов и соответствующими векторными операторами преобразования этих функций. Семантические подсистемы, как наиболее укрупненные, сами могут представлять сложные системы, имеющие внешние связи с другими семантическими подсистемами, а также и внутренние, самостоятельные структуры собственных подсистем более высокого уровня декомпозиции, т.е. декомпозиции "вглубь" структуры своей модели. Семантические подсистемы, естественно, должны образовывать в своей совокупности полную модель гидролокации.

Морфологические подсистемы – второй уровень декомпозиции – представляют собой как самостоятельные части, так и варианты реализации семантических подсистем, которые соответствуют функционально самостоятельным элементам со свойствами, определенными с помощью конечного числа однотипных характеристик. С информационной точки зрения морфологические подсистемы описываются с помощью векторных или скалярных функций векторных аргументов и соответствующими векторными или скалярными операторами преобразования этих функций.

Таким образом, совокупность, или набор, вариантов морфологических подсистем образует семантическую подсистему, придавая последней более конкретное содержание, а также определяя соответствующие им внутренние связи или варианты ее реализации.

Алгоритмические подсистемы – третий уровень декомпозиции – представляют собой наиболее простые функционально самостоятельные элементы со свойствами, определяемыми информационно-гидрофизической характеристикой какого-либо одного типа. С информационной точки зрения алгоритмические подсистемы описываются с помощью скалярных функций в общем случае векторных аргументов и соответствующими скалярными операторами.

Модульные подсистемы (или модули) – четвертый уровень декомпозиции – представляют собой такие части алгоритмических подсистем, которые соответствуют элементарным корректным математическим описаниям фундаментальных физиче –

ских закономерностей и информационных преобразований. С информационной точки зрения модули описываются скалярными функциями векторных или скалярных аргументов и соответствующими скалярными операторами.

Одной из важных особенностей рассматриваемой декомпозиции является то, что принятая совокупность модулей должна охватывать все возможные варианты использования алгоритмических подсистем. Но если число подсистем при семантической, морфологической и даже алгоритмической декомпозициях по своей сути, как правило, расширяются (подсистемы на каждом последующем иерархическом уровне декомпозиции разветвляются), то на модульном уровне происходит сужение их числа. При этом многообразии всех вариантов подсистем и имитационных режимов использования модели будет достигаться не за счет увеличения абсолютного количества модулей, а за счет их комбинации, аналогично использованию стандартного математического обеспечения современных ЭВМ.

Итак, модульные подсистемы – последний уровень декомпозиции имитационной модели, обеспечивающий в итоге ее программную реализацию, экономичность структуры, а также статус развивающейся.

5. Структурная и информационная декомпозиция

При построении имитационной модели гидролокации возможны две ветви, которые, с одной стороны, взаимосвязаны, а с другой, – нередко имеют различное гидрофизическое и системное содержание.

Структурная декомпозиция сводится к выявлению таких элементов модели, которые определяют главное содержание подсистем. Последнее в конечном счете передается другим подсистемам. Структурная декомпозиция представляет собой процедуру определения входных и выходных данных подсистемы с указанием возможных связей с ее другими подсистемами.

Информационная декомпозиция сводится к определению тех преобразований, которые необходимо провести над входными данными, чтобы получить выходные данные рассматриваемой подсистемы. Информационная декомпозиция представляет собой процедуру определения соответствующих операторов преобразования функций в соответствующих подсистемах.

Далее рассмотрим первый шаг при декомпозиции – семантические подсистемы имитационной модели гидролокации.

6. Структурная схема семантических подсистем

На рис. I представлена информационно-операторная схема первого уровня декомпозиции, соответствующая семантическим подсистемам. Последние сосредоточены в шести группах; каждая подсистема описывается вектор-функцией определенного типа; всего таких вектор-функций определено 16, а различных векторных операторов - 11.

На схеме приняты следующие обозначения: все вектор-функции размещены в прямоугольниках; однократные операторы размещены в одиночных окружностях, а двукратные - в двойных окружностях; пятиугольниками обозначены входные данные, поступающие из соответствующих банков данных, причем некоторые из этих банков содержат управляемые данные, а некоторые - данные, которые определяются внешней средой модели, т.е. являются информационными.

Далее мы рассмотрим более детально семантические подсистемы и определим соответствующие вектор-функции, операторы и банки данных, которые образуют эти подсистемы.

Характеристики семантических подсистем источников акустических полей описывают I группу семантических подсистем (см. рис. I). Сюда входят две подсистемы, которым далее дается краткое описание.

Искусственные источники акустических полей (электрические, оптические, механические, воздушные, химические и др.) названы искусственными в том смысле, что при гидролокации их можно выбирать, управлять ими, проектировать желательные из них. Они описываются с помощью вектор-функции $\vec{f}(\vec{x})$.

Банк данных B_1^1 как набор вариантов источников и их характеристик, классифицируемый по типу превращения различных видов энергии в акустическую, носит управляющий характер (индекс единица вверху). Таким образом, B_1^1 - это класс источников, параметры и различные характеристики которых мы можем выбирать и проводить с их помощью целенаправленное управление излучаемыми сигналами, которые используются в гидролокационной системе.

Поскольку таких классов искусственных источников существует в настоящее время несколько, а каждый из них описывается, как правило, специфическими уравнениями и соотношениями, то эта специфика должна учитываться при дальнейшей декомпозиции на морфологические подсистемы.

Естественные источники акустических полей, связанные с волнением водной поверхности, с атмосферными явлениями, с торошением льда, с жизнедеятельностью различных биоло-

гических организмов, с движением в океане судов и различных технических аппаратов, с протеканием сейсмических явлений и рядом других причин, описываются с помощью вектор-функции $\vec{F}(\vec{\Psi})$. Перечисленные типы источников определены как естественные в том смысле, что при гидролокации их выбирать невозможно, нельзя также влиять на их характеристики или управлять ими. Об этом качестве свидетельствует обозначение соответствующего банка данных V_2^0 , который носит информационный характер (индекс ноль вверх). Банк данных V_2^0 при этом представляет собой набор вариантов таких источников, которые проявляются при акустическом шумоизлучении в океане.

Поскольку существует несколько классов естественных источников, причем каждый из которых порождает акустические поля в соответствии со своим специфическим механизмом шумообразования, то при дальнейшей декомпозиции на морфологические подсистемы, необходимо учитывать эту специфику.

Океанологические и физические характеристики объектов локации описывают Π группу семантических подсистем. Под объектами локации понимаются любые подводные тела (айсберги, технические аппараты), полезные ископаемые дна, водная поверхность, различные неоднородности в толще океана, неровности дна, неоднородности состава грунта и т.д.

К океанологическим характеристикам относятся состояние атмосферы над океаном, волнение водной поверхности, структура ледового покрова, газосодержание водной среды, ее химический состав, температура, динамика движения водных масс, биологический состав океана, структура и химический состав дна, а также некоторые другие характеристики водной поверхности, водных масс и дна. Они описываются с помощью вектор-функции $\vec{Z}(\vec{\gamma})$. Некоторые из этих характеристик взаимосвязаны с отдельными составляющими вектор-функции $\vec{F}(\vec{\Psi})$.

Банк данных V_2^0 представляет собой совокупность систематизированных и классифицированных сведений об океанологических характеристиках, объем и характер которых достаточен для использования их в модели гидролокации. Этот банк данных V_2^0 носит информационный характер.

К физическим характеристикам объектов локации относятся сведения о поверхности объектов, их структурные свойства, физико-химические данные, све-

дения о возможной динамике движения и взаимодействия с океаном. Эти характеристики описываются с помощью вектор-функции $\vec{B}(\vec{\lambda})$.

Банк данных V_B^0 представляет собой совокупность систематизированных и классифицированных физических характеристик объектов локации, достаточных для использования в модели гидролокации. Этот банк данных V_B^0 носит информационный характер.

Акустические характеристики источников, океана и объектов локации описывают III группу семантических подсистем (см. рис. I), состоящую из следующих подсистем:

Акустические характеристики и искусственных источников образуют подсистему, которая описывается следующим операторным уравнением:

$$\vec{M}(\vec{\rho}) = \vec{Q}_{MI}^Z \{ \vec{I}(\vec{\xi}) \}, \quad (1)$$

где $\vec{I}(\vec{\xi})$ определяет физические характеристики источников (см. выше); \vec{Q}_{MI}^Z - двукратный векторный оператор преобразования вектор-функции $\vec{I}(\vec{\xi})$ в вектор-функцию $\vec{M}(\vec{\rho})$, соответствующую акустическим характеристикам источников, причем океанологические характеристики $\vec{Z}(\vec{\gamma})$ могут влиять на свойства оператора через нелинейные и параметрические явления, происходящие при излучении акустических волн.

Банк данных V_M^0 носит информационно-управляющий характер.

Акустические характеристики естественных источников образуют подсистему, которая описывается следующим операторным уравнением:

$$\vec{L}(\vec{q}) = \vec{Q}_{LJ}^Z \{ \vec{J}(\vec{\psi}) \}, \quad (2)$$

где $\vec{J}(\vec{\psi})$ описывает физические характеристики источников (см. выше); \vec{Q}_{LJ}^Z - двукратный векторный оператор преобразования вектор-функции $\vec{J}(\vec{\psi})$ в вектор-функцию $\vec{L}(\vec{q})$, соответствующую акустическим характеристикам источников, при этом океанологические характеристики $\vec{Z}(\vec{\gamma})$, аналогично (1), могут влиять на свойства этого оператора.

Банк данных V_L^0 носит информационный характер.

Акустические характеристики океана образуют подсистему, которая описывается следующим операторным уравнением:

$$\vec{Y}(\vec{\beta}) = \vec{Q}_{YZ} \{ \vec{Z}(\vec{\gamma}) \}, \quad (3)$$

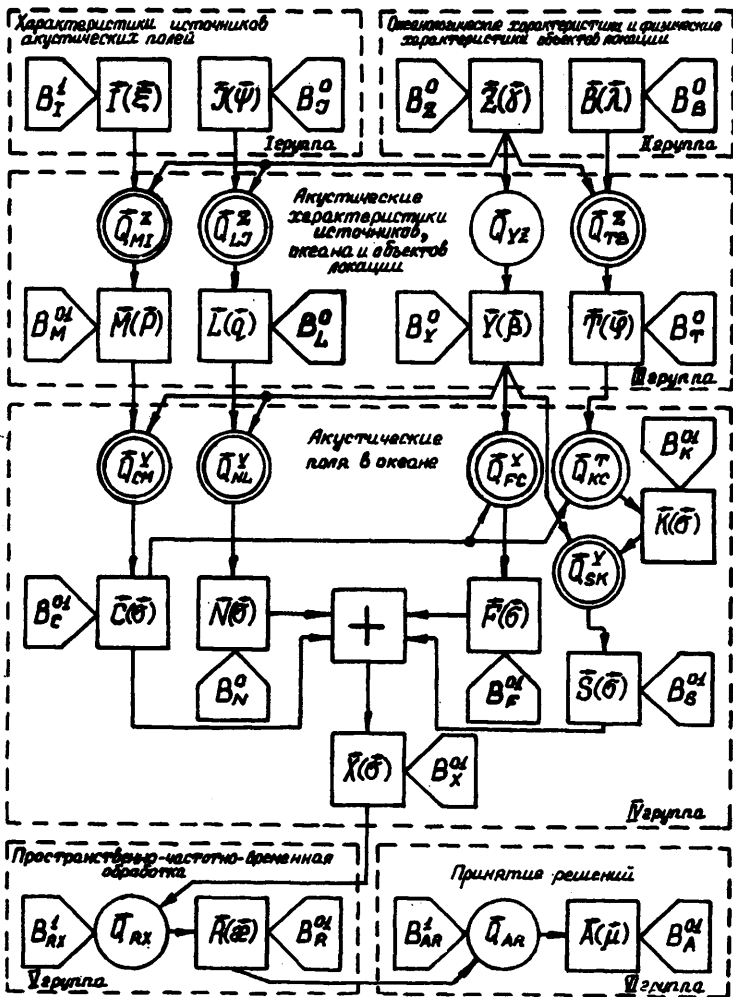


Рис. 1. Структурная схема имитационной модели гидролокации на уровне семантических подсистем.

где $\vec{Z}(\vec{\gamma})$ соответствует океанологическим характеристикам (см. выше); \vec{Q}_{YZ} - однократный векторный оператор преобразования вектор-функции $\vec{Z}(\vec{\gamma})$ в вектор-функцию $\vec{Y}(\vec{\beta})$, описывающую акустические характеристики океана.

Банк данных V_Y^0 носит информационный характер.

Акустические характеристики объектов локации образуют подсистему, которая описывается следующим операторным уравнением:

$$\vec{T}(\vec{\phi}) = \vec{Q}_{TB}^Z \{ \vec{B}(\vec{\lambda}) \}, \quad (4)$$

где $\vec{B}(\vec{\lambda})$ описывает физические характеристики объектов локации (см. выше); \vec{Q}_{TB}^Z - двукратный векторный оператор преобразования вектор-функции $B(\lambda)$ в вектор-функцию $T(\phi)$, соответствующую акустическим характеристикам объектов локации; при этом океанологические характеристики $\vec{Z}(\vec{\gamma})$ могут влиять на свойства этого оператора через взаимодействие океана с объектом, на нелинейные явления при его движении и т.д.

Акустические характеристики объектов локации могут быть классифицированы в соответствии с механизмами акустических явлений, имеющих место при формировании эхо-сигналов. Такими механизмами, в частности, являются: эффекты рассеяния акустических волн от поверхности объекта, механизмы, связанные с возбуждениями и колебаниями оболочек, образующих объекты, эффекты рассеяния акустических волн на внутренних структурах объектов и, наконец, явления, имеющие место при их движении (эффект Доплера).

Акустические поля в океане образуют IV группу семантических подсистем (см. рис. I), являющихся узловыми во всей модели гидролокации, так как именно с помощью акустических полей связываются, с одной стороны, источники искусственных сигналов, подводных шумов, океанологические характеристики и характеристики объектов локации, а с другой, - информационные гидроакустические системы, функционирование которых создает общий полезный эффект всей имитационной модели гидролокации.

Дадим далее краткую характеристику семантических подсистем, описывающих акустические поля в океане различного типа: таких основных подсистем здесь насчитывается пять.

Прямые акустические поля образуют подсистему, которая описывается следующим операторным уравнением:

$$\vec{D}(\vec{\sigma}) = \vec{Q}_{SM}^T \{ \vec{M}(\vec{p}) \}, \quad (5)$$

где $\vec{M}(\vec{p})$, согласно (1), соответствует акустическим характеристикам искусственных источников; \vec{Q}_{SM}^T - двукратный векторный оператор преобразования вектор-функции $\vec{M}(\vec{p})$ в вектор-функцию $\vec{D}(\vec{\sigma})$, с помощью которой описываются прямые акустические поля, создаваемые в океане источниками с акустическими характеристиками $\vec{M}(\vec{p})$. При этом рассматриваемый в (5) двукратный оператор зависит от акустических характеристик океана $\vec{Y}(\vec{\beta})$. Пространство наблюдения прямых полей $\vec{D}(\vec{\sigma})$, вообще говоря, считается произвольным, эти поля должны, конечно, моделироваться в области, где находится приемная гидролокационная система, а также в области расположения отражающих границ, рассеивающих неоднородностей и объектов локации.

Банк данных V_C^0 прямых акустических полей является информационно-управляющим.

Акустические поля подводных шумов образуют подсистему, которая описывается следующим операторным уравнением:

$$\vec{N}(\vec{\sigma}) = \vec{Q}_{ML}^T \{ \vec{L}(\vec{q}) \}, \quad (6)$$

где $\vec{L}(\vec{q})$, согласно (2), описывает акустические характеристики естественных источников; \vec{Q}_{ML}^T - двукратный векторный оператор преобразования вектор-функции $\vec{L}(\vec{q})$ в вектор-функцию $\vec{N}(\vec{\sigma})$, с помощью которой описываются акустические поля подводных шумов, создаваемые в океане источниками с акустическими характеристиками $\vec{L}(\vec{q})$. При этом рассматриваемый в (6) двукратный оператор зависит от акустических характеристик океана $\vec{Y}(\vec{\beta})$. Пространство наблюдения акустических шумов $\vec{N}(\vec{\sigma})$ должно соответствовать, по крайней мере, области, где находится приемная гидролокационная система, хотя область их моделирования, вообще говоря, должна быть более широкой, с тем, чтобы влияние на эти поля акустических характеристик океана можно было учесть в полной мере.

Банк данных V_N^0 является информационным.

Акустические поля океанской реверберации образуют подсистему, которая описывается следующим операторным уравнением:

$$\vec{R}(\vec{\sigma}) = \vec{Q}_{FC}^T \{ \vec{C}(\vec{\sigma}) \}, \quad (7)$$

где $\vec{C}(\vec{\sigma})$, согласно (5), соответствует прямым акустическим полям, по-

рождаемым искусственными источниками $\vec{M}(\rho)$; \vec{Q}_{FG}^T - двукратный векторный оператор преобразования вектор-функции $\vec{G}(\vec{\sigma})$ в вектор-функцию $\vec{F}(\vec{\sigma})$, с помощью которой описываются акустические поля океанской реверберации. При этом двукратный оператор, рассматриваемый в (7), зависит от акустических характеристик океана. Таким образом, под океанской реверберацией понимается случайный акустический "отклик" океана, наблюдаемый в области приема после излучения в водную среду поля искусственного сигнала. Область наблюдения акустических полей океанской реверберации $\vec{F}(\vec{\sigma})$ должна соответствовать области, где находится приемная гидролокационная система или их совокупность.

Банк данных V_F^{01} является информационно-управляющим.

Акустические поля эхосигнала вблизи объекта локации образуют подсистему, которая описывается следующим операторным уравнением:

$$\vec{K}(\vec{\sigma}) = \vec{Q}_{KG}^T(\vec{G}(\vec{\sigma})), \quad (8)$$

где $\vec{G}(\vec{\sigma})$, согласно (5), соответствует прямым акустическим полям вблизи объекта локации, т.е. полям, облучающим этот объект; \vec{Q}_{KG}^T - двукратный векторный оператор преобразования вектор-функции $\vec{G}(\vec{\sigma})$ в вектор-функцию $\vec{K}(\vec{\sigma})$, с помощью которой описываются акустические поля эхосигнала вблизи объекта локации. При этом акустические характеристики объекта $\vec{T}(\vec{\phi})$, согласно (4), влияют на рассматриваемый в (8) двукратный оператор. Область моделирования полей $\vec{K}(\vec{\sigma})$ определена вблизи объекта локации, поскольку водная среда в некотором роде считается "идеальной", т.е. безграничной и однородной, так что влиянием $\vec{Y}(\vec{\beta})$ в данном случае в основном можно пренебречь.

Банк данных V_K^{01} является информационно-управляющим.

Акустическое поле эхосигнала в произвольной области приема образует подсистему, которая описывается следующим операторным уравнением:

$$\vec{S}(\vec{\sigma}) = \vec{Q}_{SK}^T(\vec{K}(\vec{\sigma})), \quad (9)$$

где $\vec{K}(\vec{\sigma})$, согласно (8), соответствует акустическим полям эхосигналов вблизи объектов локации; \vec{Q}_{SK}^T - двукратный векторный оператор преобразования вектор-функции $\vec{K}(\vec{\sigma})$ в вектор-функцию $\vec{S}(\vec{\sigma})$, с помощью которой описываются акустические поля эхосигналов в произвольной области приема в океане. При этом на рассматриваемый двукратный оператор влияют акустические характеристики океана $\vec{Y}(\vec{\beta})$.

Банк данных $B_3^{0,1}$ является информационно-управляющим. Результатирующее акустическое поле образует подсистему аддитивного типа

$$\vec{X}(\vec{\sigma}) = \vec{G}(\vec{\sigma}) + \vec{H}(\vec{\sigma}) + \vec{F}(\vec{\sigma}) + \vec{B}(\vec{\sigma}), \quad (10)$$

где слагаемые характеризуют вышерассмотренные акустические поля (5)-(7) и (9).

Пространственно-частотно-временная обработка акустических полей описывается в У группе (см. рис. I), где имеется одна семантическая подсистема, операторное уравнение для которой описывается как

$$\vec{R}(\vec{\mu}) = \vec{Q}_{RX}(\vec{X}(\vec{\sigma})), \quad (11)$$

где $\vec{X}(\vec{\sigma})$, согласно (10), характеризует результирующее акустическое поле, воздействующее на приемную антенну гидролокационной системы; \vec{Q}_{RX} - однократный векторный оператор преобразования вектор-функции $\vec{X}(\vec{\sigma})$ в вектор-функцию $\vec{R}(\vec{\mu})$, с помощью которой описываются результаты (выходные эффекты) пространственно-частотно-временной обработки акустических полей при использовании соответствующих алгоритмов обработки гидролокационной информации.

Оператор \vec{Q}_{RX} , вообще говоря, формируется на основе банка данных B_{RX}^1 , который содержит различные варианты реализации алгоритмов пространственно-частотно-временной обработки акустических полей $\vec{X}(\vec{\sigma})$ и является управляющим.

Принятие решений. Принятие различных решений по результатам обработки акустических полей описывается в VI группе (см. рис. I), где содержится одна семантическая подсистема, операторное уравнение для которой имеет следующий вид:

$$\vec{\Lambda}(\vec{\mu}) = \vec{Q}_{AR}(\vec{R}(\vec{\mu})), \quad (12)$$

где $\vec{R}(\vec{\mu})$, согласно (11), характеризует выходные эффекты системы пространственно-частотно-временной обработки гидролокационной информации; \vec{Q}_{AR} - однократный векторный оператор преобразования вектор-функции $\vec{R}(\vec{\mu})$ в вектор-функцию $\vec{\Lambda}(\vec{\mu})$, с помощью которой описываются различные решения, представляющие собой результат функционирования гидролокационной системы, ее полезный (итоговый) эффект.

Отметим, что оператор \vec{Q}_{AR} формируется на основе банка данных V_{AR}^1 , содержащего перечень задач, которые должны решаться с помощью гидролокационной системы, а также совокупность правил принятия решений, которые этим задачам соответствуют. Рассматриваемый банк данных по своему характеру является управляющим.

Л и т е р а т у р а

1. ОЛЫШЕВСКИЙ В.В. Модели и имитационные машинные эксперименты в статистической гидроакустике. -Труды Первого семинара "Акустические статистические модели океана". М., 1977, с.70-85. (Акустический институт АН СССР.)
2. МИДДЛТОН Д., ОЛЫШЕВСКИЙ В.В. Современные проблемы построения акустических статистических моделей океана. -Там же, с. 86-90. (Акустический институт АН СССР.)
3. ОЛЫШЕВСКИЙ В.В. Выбор моделей при имитационных экспериментах в статистической гидроакустике. -Труды Третьей научно-технической конференции по информационной акустике. М., 1977, с. 23-32. (Акустический институт АН СССР.)
4. ОЛЫШЕВСКИЙ В.В. Имитационные эксперименты в статистической гидроакустике: модели, алгоритмы, измерения. -Труды Восьмой Всесоюзной школы-семинара по статистической гидроакустике. Новосибирск, 1977, с.138-154. (Ин-т математики СО АН СССР.)
5. ОЛЫШЕВСКИЙ В.В. Принципы исследования акустико-океанологических моделей. -Труды Четвертой научно-технической конференции по информационной акустике. М., 1978, с.11-12. (Акустический институт АН СССР.)
6. ОЛЫШЕВСКИЙ В.В. Статистические свойства морской ревербе - рации. -М.: Наука, 1986.
7. ОЛЫШЕВСКИЙ В.В. Статистические методы в гидролокации. -Л.: Судостроение, 1973.
8. НЕЙЛОР. Машинные имитационные эксперименты с моделями экономических систем. -М.: Мир, 1975.
9. ШЕННОН Р. Имитационное моделирование систем - искусство и наука. -М.: Мир, 1978.
10. ПЕРЕГУДОВ Ф.И., ГЛАДКИХ Б.А., САВЕНКО А.А. и др. Системное проектирование АСУ хозяйством области. -Под общей ред. Ф.И.Перегудова. -М.: Статистика, 1977.
11. СИЛИЧ В.А., ТАРАСЕНКО В.П. Методологические основы разработки математических моделей организационных систем. -В кн.: Системы управления. Томск, 1979, с. 3-37 (Томский госуниверситет).

Поступила в ред.-изд.отд.
12 марта 1980 год