

УДК 681.3 : 639.2.081.7

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ДЛЯ СБОРА И  
ОБРАБОТКИ РЕЗУЛЬТАТОВ ГИДРОАКУСТИЧЕСКИХ СЪЕМОК  
РЫБНЫХ СКОПЛЕНИЙ

А.А.Проценко, А.И.Сухомлинов

Для учета численности рыбных скоплений могут быть использованы данные промысла, траловых и гидроакустических съемок, авианаблюдений, подводных визуальных наблюдений и пр. Особое место среди перечисленных видов наблюдений занимают гидроакустические съемки, в основе которых лежит принцип активной акустической рыболокации. По сравнению с остальными видами наблюдений гидроакустические съемки позволяют получать наибольшее количество данных, относящихся к такому элементарному рыбному скоплению, как косяк. Результаты съемок обычно представляются в виде записей амплитуд эхосигналов, эхограмм, карточек контрольных тралений и планшета съемки и служат первичными данными для последующей обработки.

В настоящее время первичные данные собираются и обрабатываются вручную, что приводит к существенным затратам времени научного персонала на выполнение большого количества однотипных процедур в ущерб интерпретации получаемых результатов, к появлению грубых ошибок, снижающих достоверность исходных данных и результата их обработки, не позволяет повышать качество результата применением более трудоемких алгоритмов и ограничивает возможность совместной обработки данных многолетних наблюдений.

Перечисленные недостатки свидетельствуют о необходимости автоматизации процессов сбора и обработки данных. Такой класс задач решается применением информационных систем, которые включают ЭЦВМ, различные технические устройства для

измерения, подготовки и передачи данных для ввода в ЭЦВМ, а также математическое обеспечение.

Поскольку разработка такой системы требует участия коллектива специалистов, каждый из которых должен четко представлять себе ее работу, необходимо краткое и выразительное математическое описание работы всей системы в целом. Такое описание может также служить руководством для программистов при создании программного обеспечения системы, способствуя простоте и компактности программ и ограничивая применение различных эвристических приемов, которые не всегда оказываются удачными. Кроме того, попытки математического описания систем приводят к появлению некоторых обобщений, что облегчает постановку задач при проектировании систем, с которыми разработчикам приходится встречаться в дальнейшем, и способствуют закреплению специальных навыков у программистов.

Естественное стремление разработчиков при проектировании информационных систем – выбрать наиболее благоприятный план информационного поиска, обеспечивающего минимальные затраты машинного времени на обслуживание запроса потребителя. Под планом поиска будем понимать метод, используемый для поиска по массиву или системе массивов, который в общем случае является функцией массива и организации наборов массивов (Мидоу, 1970). В настоящее время не существует алгоритма, позволяющего в общем виде создать оптимальный план поиска. Однако эту задачу можно попытаться решить, если разработчик по каким-либо причинам ограничен в выборе области возможных значений аргумента.

Успех разработки математического обеспечения системы зависит от качества исходных данных и оперативности их ввода в ЭЦВМ. Поэтому при разработке систем необходимо искать пути автоматизации процессов измерения, подготовки и ввода первичных данных в ЭЦВМ.

Математическое определение системы. Разработка автоматизированной системы для сбора и обработки данных гидроакустических съемок выявила необходимость исследования следующих параметров рыбных скоплений:  $\rho$  – плотность косяка,  $l$  – его длина в разрезе,  $h$  – средняя высота в разрезе,  $h_1$  – глубина погружения,  $h_2$  – глубина места нахождения,  $n$  – количество рыбы в районе;  $f(n_i)$  – возрастной состав

рыб (функция, представляющая собой распределение дискретной величины);  $q$  - количество обнаруженных косяков, приходящихся на милю пройденного пути.

Поскольку значения перечисленных параметров носят случайный характер, для их оценки наиболее целесообразно использовать статистики, которые можно получить в результате обработки данных съемки. Будем считать заданными набор статистик для всех перечисленных параметров и множество  $A$  алгоритмов, предназначенных для их определения. При исследовании свойств параметров  $\bar{w}, n, f(n), q$  будем использовать множество  $Y$  форм выходных документов, содержащих значения статистик параметров  $w, n, f(n), q$  и их изменения по годам и месяцам наблюдений; изменения значений статистик параметров  $\bar{w}, q$  в зависимости от времени суток и параметров  $\bar{w}, f(n), q$  - от значения географических координат.

Условимся каждое значение статистики в документах в дальнейшем называть показателем, а совокупность ее значений в одном документе - характеристикой.

Рассмотрим схему функционирования предлагаемой системы (рис. I).

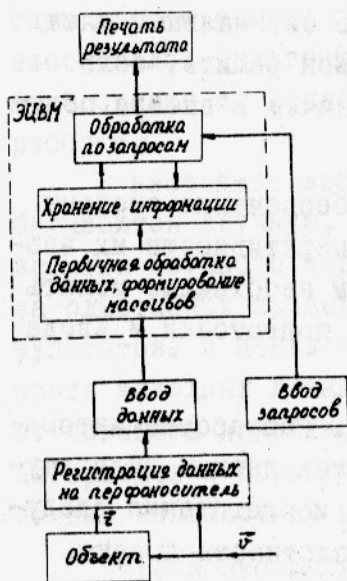


Рис. I. Общая схема процесса сбора и обработки данных

Представим процесс проведения съемки как испытание или проверку некоторого объекта, на вход которого мы имеем возможность оказывать воздействие  $\bar{U} \in Y$ , где  $\bar{U} = (\varphi, \lambda, t, z, u, S)$ , а  $Y$  - генеральная совокупность возможных значений входных воздействий. Каждому значению  $\bar{U}$ , поступившему на вход объекта, соответствует некоторое значение вектора  $\bar{r} = (p, l, h, h_1, h_2, \phi(e), m)$  на его выходе. В процессе испытания все пары значений  $(\bar{U}, \bar{r})$  для ненулевых  $\bar{r}$  и значения  $\bar{U}$  при  $\frac{d^2\varphi}{d\lambda^2} \neq 0$  регистрируются на носителе информации. Обработка зарегистрированных на ЭЦВМ таким образом данных в дальнейшем проходит



в два этапа: ввод новых данных, поиск и обработка данных по запросам потребителя.

Процесс ввода новых данных состоит из непосредственного ввода данных в ЭЦВМ, их перекодировки, проверки ошибок, их устранения, выполнения некоторых арифметических и логических операций, формирования данных в массивы и записи их для хранения на устройствах внешней памяти ЭЦВМ. При этом значения параметра  $\bar{x} \in X'$ , где  $\bar{x} = (m, \varphi, \lambda, t, z, u, s)$ , а  $X'$  - динамическое множество поступивших значений  $\bar{x}$ , используются как признаки, необходимые для поиска соответствующих элементов информации  $\bar{j} \in J$ , где  $\bar{j} = (p, l, h, h_1, h_2, \psi(e))$ , а  $J$  - динамическое множество поступивших значений  $\bar{j}$ .

Поиск и обработка данных по запросам потребителя ведутся по приводимому ниже алгоритму.

Пусть  $X$  - генеральная совокупность возможных значений признака  $\bar{x}$ . Определим значения признаков данных, подлежащих поиску, как

$$X'' = X' \cap \pi(I_X)$$

где  $\pi(I_X)$  - подмножество  $X$ , заданное индикатором  $I_X$ .

После поиска данные сортируются, а в качестве ключевого слова используется результат функционального преобразования  $d = \omega(\bar{x}, I_Y)$ , где  $I_Y$  - индикатор на множестве  $Y$ , обладающий свойством  $\sum_{y \in Y} I_Y = 1$  и определяющий форму  $\pi(I_Y)$  выходного документа. Отсортированные данные образуют множество групп  $G$ , где каждая  $g \in G$  состоит из элементов с одинаковыми значениями признака  $d$  и определяет состав данных, подлежащих совместной обработке для получения набора показателей, соответствующих одному значению аргумента. Состав выходного документа (набор характеристик) определим как

$$S = R \cap \pi(I_C)$$

где  $C = A \times Y$  - прямое произведение множеств  $A$  и  $Y$ ;

$R$  - бинарное отношение на множестве  $C$ , заданное так, что любая пара  $(a, y) \in R$  соответствует одной из характеристик документов;

$\pi(I_C)$  - подмножество  $C$ , заданное индикатором

$$I_C = I_Y \times I_A;$$

$I_A$  - индикатор на множестве  $A$

Таким образом, во введенных терминах предлагаемая система обеспечивает сбор и накопление данных, поиск данных по заданному подмножеству  $\pi(I_X)$  значений признака  $\bar{x}$ , сортировку этих данных на множество групп  $G$ , отдельную обработку данных каждой группы  $g \in G$  для получения характеристик  $S$  формирование и выдачу документа по форме  $\pi(I_Y)$

Оптимизация плана поиска. Попытаемся решить эту задачу для широко распространенного класса машин, у которых в качестве внешней памяти (ВП) используются накопители на магнитных лентах. Существенный недостаток такой памяти — меньшая, чем на внутренних устройствах, скорость доступа и обмена информацией с оперативной памятью (ОП) ЭЦВМ. Поскольку в задачах информационного поиска удельное содержание операций обмена между ВП и ОП достаточно велико, в качестве критерия оптимальности плана поиска наиболее целесообразно взять минимизацию времени на обмен между ними.

Большинством известных методов задача информационного поиска решается в следующем виде. В памяти вычислительной машины хранится массив фраз данных, каждая из которых однозначно определяется своими признаками. Признаки с адресами фраз выделяются в отдельный массив, который называется структурным массивом и служит для ускорения процесса поиска фраз в массиве данных. При поиске данных используются массивы всех уровней.

Определим факторы, влияющие на время обмена между внешней и внутренней памятью в процессе поиска данных.

При распределении данных перед программистом встает задача выбора количества уровней структурных массивов и распределения полей записи между структурными массивами всех уровней и массивом данных. Каждому выходу соответствует определенное количество ячеек памяти для хранения структурной информации. Степень дифференциации массива данных по подмассивам, имеющим единственный признак, различна.

При решенной проблеме распределения данных программисту необходимо решить задачу распределения оперативной памяти ЭЦВМ под структурные массивы и массив данных. Существует возможность составить алгоритм, при помощи которого на основе информации, содержащейся в структурных массивах, и заданного подмножества значений признаков  $\pi(I_X)$  в запро-

се можно определить функциональную зависимость между распределением внутренней памяти и временем обмена ВП и ОП. Исследуя возникшую функциональную зависимость, можно найти оптимальное распределение памяти, при котором время обмена будет минимальным.

Время работы внешней памяти ЭВМ при поиске также зависит от характера упорядочения фраз в структурных массивах и массивах данных. Общее количество возможных вариантов упорядочения всякого массива определяется как  $\delta!$  в случае, если признак, определяющий каждую фразу массива, имеет  $\delta$  составляющих. Для множества значений признака  $X''$ , соответствующего каждому запросу, можно определить некоторый вариант упорядочения массивов, при котором время обмена ВП и ОП также будет минимальным.

Очевидным фактором, влияющим на время поиска, является количество элементов подмножества  $X''$ , определяемого запросом.

С учетом изложенного решение задачи определения оптимального плана поиска аналитическими методами сопряжено со значительными трудностями и требует много времени и сил. Поэтому такую задачу целесообразнее решать путем статистического моделирования на ЭЦВМ (Полляк, 1971)

В предлагаемой модели необходимо учесть априорные вероятностные свойства исходных данных и запросов, которые будут поступать в процессе эксплуатации системы.

Модель должна для каждого варианта распределения и упорядочения данных формировать структурные массивы и заявки и определять среднее время обмена между ВП и ОП при условии оптимального распределения оперативной памяти в момент обслуживания каждого запроса.

Процесс моделирования необходимо продолжать до тех пор, пока оценки необходимых величин не будут определены с достаточной достоверностью.

В результате анализа промежуточных и окончательных результатов моделирования можно распределить данные в оперативной памяти, упорядочить структурные массивы и массив данных, чтобы обеспечить в среднем минимальное время обмена между ВП и ОП при обслуживании одного запроса.

При большом количестве составляющих признака числа вариантов, подлежащих моделированию, может быть довольно боль-



шим, что потребует значительных затрат машинного времени. Поэтому перед моделированием целесообразно выбрать варианты, подлежащие проверке, руководствуясь интуицией, личным опытом и здравым смыслом.

Автоматизация процесса сбора первичной информации. Эффективность рассматриваемой системы существенно повышается с применением автоматического устройства, позволяющего свести к минимуму участие человека в процессе сбора первичных данных. Возможны различные уровни автоматизации этого процесса. Например, для автоматического измерения основных параметров и регистрации результатов измерений на носителе информации в процессе гидроакустических съемок может служить устройство, блок-схема которого приведена на рис.2.

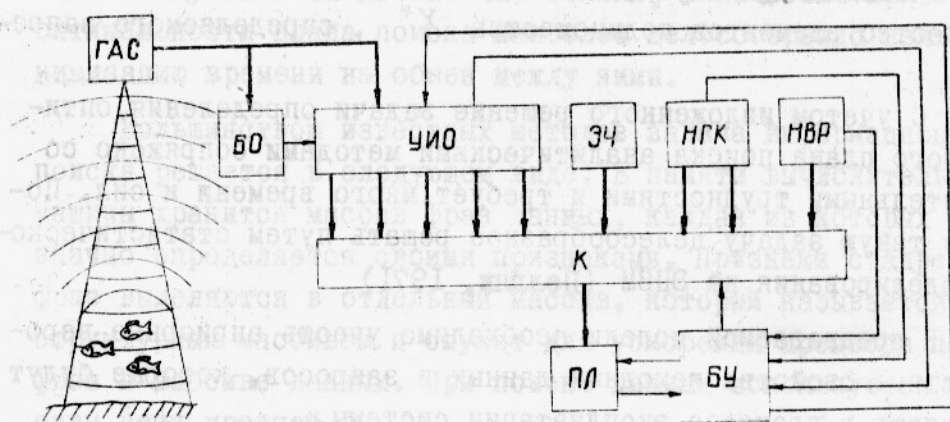


Рис.2. Блок-схема автоматического устройства для сбора первичных данных:

ГАС - гидроакустическая станция; БО - блок обнаружения; УИО - устройство измерения и предварительной обработки сигнала; ЭЧ - электронные часы; НГК - набор географических координат; НВР - набор видов рыб; К - коммутатор; БУ - блок управления; ПЛ - ленточный перфоратор

При работе устройства сигналы, принимаемые ГАС, поступают на БО и УИО. БО анализирует принимаемые сигналы и, обнаружив среди них сигнал от рыбного косяка, дает разрешение УИО на обработку этого сигнала. УИО измеряет основные параметры сигнала, суммирует их и определяет общее количество сигналов, отраженных от одного косяка. Результат этих операций представляется в цифровом коде и хранится на реги-

стратах устройства. После того как судно пройдет над косяком, УИО выдает на БУ сигнал о готовности кодов к перфорации. Параметры "вид рыб" и "географические координаты" определяются по соответствующим приборам визуально и набираются оператором на цифровых наборах НВР и НКК. В момент окончания набора чисел НВР и НКК также выдают на БУ сигнал о готовности кодов к перфорации. БУ анализирует приходящие на него сигналы от блоков и устройств схемы и управляет их работой, обеспечивая перфорацию данных на ПД в соответствии с принятым макетом. Отперфорированная информация подлежит последующему вводу и запоминанию во внешней памяти ЭЦВМ при помощи специально составленных программ.

Дальнейшее развитие рассмотренной системы должно предусматривать автоматизацию процессов распознавания вида рыб в обнаруживаемых косяках и измерения географических координат, ввод в систему комплекса датчиков для измерения гидрометеорологических параметров, подключение всей внешней аппаратуры к ЭЦВМ и усовершенствование математического обеспечения системы, позволяющего вводить и обрабатывать данные непосредственно в процессе их получения.

Решение перечисленных задач позволит существенно расширить наши представления о поведении рыб.

### Л и т е р а т у р а

- М и д о у Ч. Анализ информационно-поисковых систем. М., "Мир", 1970, 368 с.
- П о л д я к Ю.Г. Вероятностное моделирование на электронных вычислительных машинах. М., "Советское радио", 1971, с.



Automated information system for collection  
and processing of results obtained in  
hydroacoustic survey of fish schools

A.A.Protsenko, A.I.Sukhomlinov

S u m m a r y

The process of collection and processing of hydroacoustic information may be automated thanks to information systems including numerical computers, various technical devices for measuring and preparation of data to be input in the computer as well as mathematical software.

The mathematical description of the system of collection and processing of data makes it possible to reveal procedures requiring automation. The problem of plan search optimization is solved on the basis of the criterium of time minimization for exchange of information between the input and operational memories.

The block diagram worked out is used for automatic measurements of principle parameters and registering results of measurements on the technical carrier of information.