

УДК 629.127.4

© А.А. Войтов, директор; Ю.А. Корнеев, с.н.с., к.т.н., старший научный сотрудник;
А.Ю. Корнеев, научный сотрудник

Кировский филиал ОАО "Концерн "Океанприбор", г. Кировск (Российская Федерация)

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ УСТОЙЧИВЫХ АЛГОРИТМОВ ОБНАРУЖЕНИЯ И СОПРОВОЖДЕНИЯ ОБЪЕКТОВ ПРИМЕНИТЕЛЬНО К ГИДРОЛОКАТОРАМ ОСВЕЩЕНИЯ БЛИЖНЕЙ ОБСТАНОВКИ

Применительно к гидролокаторам с высокой разрешающей способностью рассматриваются основные проблемы, возникающие при автоматическом обнаружении и сопровождении объектов. По результатам анализа особенностей характеристик гидроакустических сигналов, рассеянных объектами разных классов, предлагаются и детально разрабатываются алгоритмы внутриобзорной обработки (обнаружение и измерение координат объектов) и алгоритмы межобзорной обработки (автоматическое сопровождение объектов). Рассматриваются вопросы обеспечения устойчивости алгоритмов обработки применительно к объектам разной пространственной структуры.

**ВНУТРИОБЗОРНАЯ И МЕЖОБЗОРНАЯ ОБРАБОТКА ГИДРОЛОКАЦИОННОЙ
ИНФОРМАЦИИ, ОБНАРУЖЕНИЕ ОБЪЕКТОВ, ИЗМЕРЕНИЕ КООРДИНАТ ОБЪЕКТОВ,
ОБЪЕКТЫ РАЗНЫХ КЛАССОВ, АВТОМАТИЧЕСКОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ ОБЪЕКТОВ**

Введение

Для вновь проектируемых гидролокационных (ГЛ) систем характерной чертой является существенное повышение уровня автоматизации обрабатываемой информации, применение "интеллектуальных" алгоритмов обработки, использование баз данных, баз знаний, экспертных систем.

Основные проблемы, которые возникают при разработке высокоавтоматизированных ГЛ-систем, обусловлены следующими причинами:

- нестационарностью характеристик реверберационных помех (что характерно для донной и поверхностной реверберации), большим динамическим диапазоном обрабатываемых сигналов, изменчивостью характеристик помех в зоне обзора,
- априорной неопределенностью модулирующих функций, распределений помех и их параметров,
- априорной неопределенностью пространственных размеров, формы и ориентации обнаруживаемых объектов и навигационных препятствий.

К задачам, решаемым гидролокаторами освещения ближней обстановки (ГЛ ОБО) секторного и кругового обзора, относятся:

- 1) обнаружение точечных (ТО) и локально-протяженных объектов (ЛПО) на морском дне, в толще воды. Обнаружение объектов производится на фоне донной, объемной и поверхностной реверберации,
- 2) измерение координат ТО и ЛПО,
- 3) обнаружение навигационных препятствий – на морском дне, в толще воды, вблизи морской поверхности,
- 4) автоматическая классификация (идентификация) обнаруженных объектов по ряду идентификационных признаков. Идентификационные признаки объектов формируются на этапе первичной (однообзорной) обработки ГЛ-информации /этап первичной обработки ГЛ (ПО ГЛ).

В высокоавтоматизированных и автоматических системах проблемы априорной неопределенности и нестационарности сигнально-помеховой обстановки могут быть решены при применении адекватных условиям ГЛ-наблюдения алгоритмов первичной (внутриобзорной) и вторичной (межобзорной) обработки ГЛ-сигналов.

Набор используемых при обработке ГЛ-информации алгоритмов определяется условиями формирования принимаемых ГЛ-сигналов, особенностями ГЛ-сцен и сигнально-помеховых обстановок. К широко применяемым при обработке ГЛ-информации методам относятся:

- а) методы фильтрации полей с засорениями,
- б) робастное оценивание характеристик случайных процессов и полей,
- в) параметрическая и непараметрическая адаптация,
- г) методы линейного и нелинейного регрессионного анализа.

Все перечисленные выше методы обработки данных используются при реализации алгоритмов первичной (однообзорной) обработки ГЛ-информации.

Состав и структура алгоритмов обработки ГЛ-информации в ГЛ ОБО

Блок-схема взаимосвязи реализуемых в ГЛ ОБО алгоритмов обработки приведена на рис. 1.

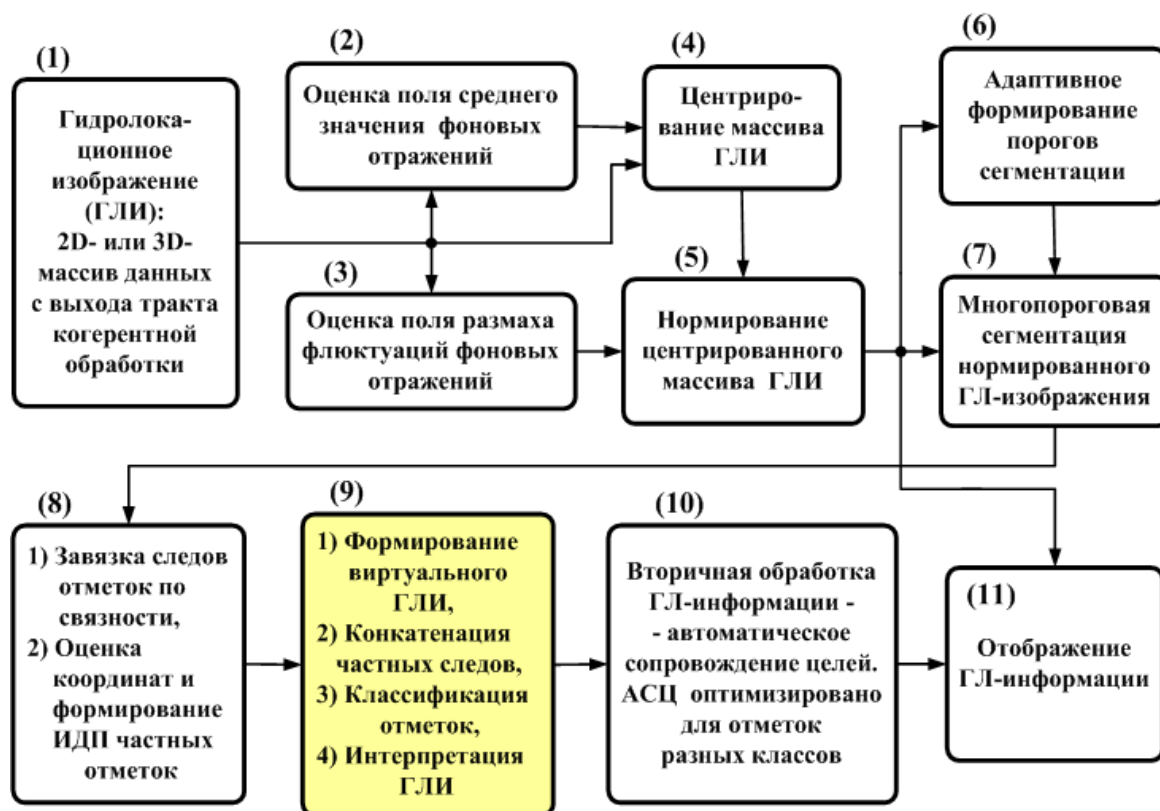


Рис. 1 - Взаимосвязь алгоритмов обработки ГЛ ОБО

Дадим комментарии по составу и особенностям реализации алгоритмов ГЛ ОБО.

1. Алгоритмы автоматического обнаружения и визуализации отметок

1) Алгоритм формирования решающей статистики (процедура обнаружения) имеет ряд особенностей:

а) размеры обнаруживаемых объектов варьируются в широких пределах: от 1 до 5 элементов пространственного разрешения (ЭР) для точечных объектов (ТО), 5...50 элементов разрешения – для локально-протяженных объектов (ЛПО), более 50...80 ЭР - протяженные объекты (ПО),

б) характеристики реверберационных помех в окрестностях обнаруживаемых объектов априорно неизвестны и могут быть нестационарными.

Формирование статистики обнаружения проводится с использованием модифицированного критерия отношения правдоподобия (МОКОП-критерий [1, 3]) с учетом пространственных размеров обнаруживаемых объектов (бл. 2, 3, 4, 5, 6, 7 на рис. 1).

2) Для согласования большого динамического диапазона (60 дБ и более) исходного ГЛИ с малым динамическим диапазоном системы отображения (блок 11 на рис. 1), составляющим 20...25 дБ, применены процедуры центрирования и нормирования массива исходного ГЛИ (блоки 4, 5 на рис. 1, выход блока 5 - ГЛИ $Y_{об}(i,j)$).

3) Для обеспечения устойчивости процедур оценок параметров положения и разброса распределения фоновых отражений (блоки 2 и 3 на рис. 1) к наличию на интервалах оценивания дискретных помех большой интенсивности используются два подхода:

а) применяется процедура «категоризации» отсчетов обучающей выборки, состоящая в предварительном обнаружении аномальных выбросов и их замещении на интерполированные отсчеты, соответствующие гладким фоновым отражениям (т.е. в этом случае реализуется процедура цензурирования отсчетов ГЛ-изображения с замещением),

б) применяются алгоритмы оценивания параметров положения и разброса распределения отсчетов ГЛ-изображения, устойчивые к засорению апертуры фильтра-оценщика аномальными выбросами. К таким процедурам относятся алгоритмы нелинейной фильтрации и оценивания, в частности, медианной фильтрации [2, 3].

2. Многопороговая сегментация нормированного ГЛ-изображения (бл. 7 рис. 1)

Применение многопороговой сегментации нормированного ГЛИ позволяет проводить завязку следов отметок, сформированных на нижнем пороге сегментации (бл. 8.1 на рис. 1), по связности. Процедура завязки следов пояснена на рис. 2.

3. Алгоритмы формирования амплитудных и признаковых рельефов отметок. Формирование оценок координат отметок (рис. 6)

При оценивании координат и идентификационных признаков обнаруживаемых объектов (ИДП объектов, бл. 8.2 на рис. 1) используются предварительно сформированные амплитудные и признаковые рельефы отметок (см. пояснения на рис. 2).

1) $F_R(i_{||}|s)$ - суммарный амплитудный "рельеф" s -ой отметки в проекции на R (координата дальности):

$$F_R(i_{||}|s) = \sum_j y_{об}(i, j) \quad (1)$$

2) $F_B(j_{||}|s)$ - суммарный амплитудный "рельеф" s -ой отметки в проекции на B (координата курсового угла /КУ/).

$$F_B(j_{||}|s) = \sum_i y_{об}(i, j) \quad (2)$$

3) $F_R^\sigma(i_{||}|s)$ - суммарный признаковый "рельеф" s -ой отметки в проекции на R .

$$F^{\sigma}_R(i_L | s) = \sum_j \gamma_{ce}(i, j) \quad (3)$$

4) $F^{\sigma}_B(j_L | s)$ – суммарный признаковый "рельеф" s -ой отметки в проекции на B .

$$F^{\sigma}_B(j_L | s) = \sum_i \gamma_{ce}(i, j) \quad (4)$$

В выражениях (1) и (2) для формирования проекций амплитудных рельефов отметок используются отсчеты нормированной статистики обнаружения $y_{об}(i, j)$. При формировании признаковых рельефов используются признаки сегментации $\gamma_{ce}(i, j)$ на нижнем пороге. Формирование рельефов производится по пространственной области, соответствующей следу отметки на нижнем пороге сегментации (рис. 2).

Оценка координат точечных и локально-протяженных отметок

Оценка координат - дальности R и курсового угла B (или угла места) точечных и локально-протяженных одиночных отметок проводится по единому алгоритму, соответствующему нахождению центра тяжести отметки, обнаруженной (сегментированной) на нижнем пороговом уровне. Нижний порог сегментации ГЛ-изображения соответствует вероятности превышения порога шумовыми выбросами $p_{ш} = 0,02 \dots 0,05$.

Координаты измеряются относительно начала локальной системы координат каждой отметки (см. рис. 2) и определяются как центры тяжести отметки по соответствующей координате.

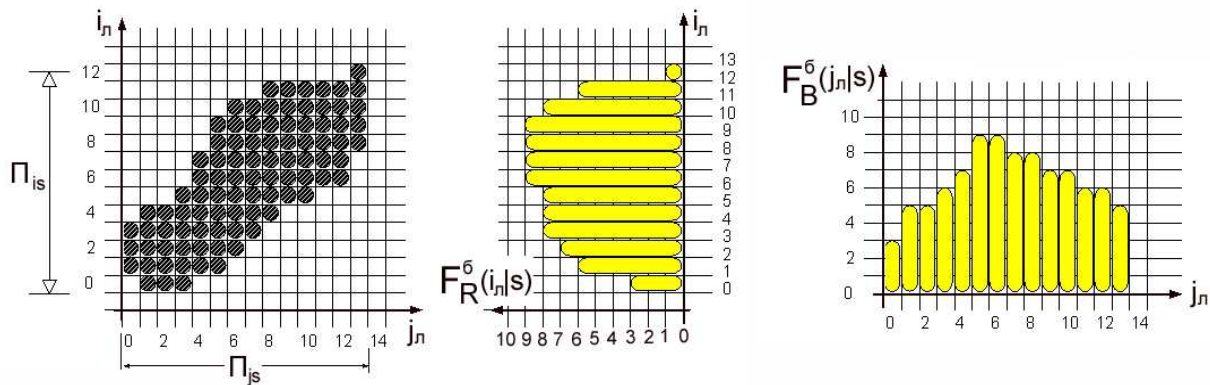


Рис. 2 - Процедура формирования амплитудных и признаковых рельефов локально-протяженных отметок (реализуется по выражениям (1)...(4))

$$\Delta_{js} = \frac{\sum_{p=0}^{\Pi_{js}} F_B(p | s) \cdot p}{\sum_{p=0}^{\Pi_{js}} F_B(p | s)} \quad (5)$$

$$\Delta_{is} = \frac{\sum_{p=0}^{\Pi_{is}} F_R(p | s) \cdot p}{\sum_{p=0}^{\Pi_{is}} F_R(p | s)} \quad (6)$$

Поправки координат s -ой отметки Δj_s , Δi_s являются дробными величинами. Полные относительные координаты s -ой отметки вычисляются по формулам:

$$R_{\text{отн}}(s) = i_n(s) + \Delta i_s, \quad (7)$$

$$B_{\text{отн}}(s) = j_n(s) + \Delta j_s.$$

Абсолютные координаты s -ой отметки вычисляются по формулам (7) путем умножения $R_{\text{отн}}(s)$, $B_{\text{отн}}(s)$ на величину дискрета по соответствующей координате.

Достоинства применяемого алгоритма измерения координат:

- а) алгоритм универсален по отношению к пространственным размерам отметок,
- б) алгоритм обладает близкой к потенциальной точностью измерения координат,
- в) алгоритм универсален по отношению к измеряемой координате (используется для измерения и дальности и курсового угла целей),
- г) алгоритм по структуре и составу операций хорошо согласуется с процедурами обнаружения и формирования идентификационных признаков отметок.

4. Алгоритмы формирования виртуального ГЛ-изображения, конкатенации и классификации отметок, интерпретации ГЛ-изображения (см. бл. 9 на рис. 1)

Процедуры завязки следов, оценки координат и формирования ИДП отметок, реализуемые в бл. 8 на рис. 1, соответствуют параметризации ГЛ-изображения «в целом» и обеспечивают компактное описание помехо-целевой обстановки в зоне обзора ГЛ ОБО. Потенциально возможные классы обнаруживаемых объектов приведены на рис. 3.

Обнаруживаемые одиночные объекты или группы объектов могут иметь следующие структурные особенности и характеристики:

Tun-1. Одиночные отметки, которые могут быть как точечными, так и локально-протяженными (рис. 3а слева, рис. 4а и рис. 4б),

Tun-2. Компактная группа небольшого числа отметок с одной доминирующей по амплитуде и пространственной протяженности отметкой (рис. 3а в центре, рис. 4в). Такая группа отметок соответствует обнаружению отметки большой интенсивности с «окружающими» ее слабыми отметками, обусловленными боковыми лепестками обрабатываемых сигналов по дальности и КУ,

Tun-3. Компактная группа небольшого числа ТО/ЛП-отметок с близкими амплитудами (рис. 3а справа),

Tun-4. Протяженная по координатам многочисленная группа ТО/ЛП-отметок, имеющая дугообразную структуру (рис. 3б, рис. 4з). Такая группа отметок соответствует формированию отраженных сигналов от объекта, движущегося по поверхности либо в толще воды.

В бл. 9 на рис. 1 реализуются следующие алгоритмы обработки:

- а) производится формирование «виртуального» ГЛ-изображения (см. рис. 3а и 3б),
- б) на виртуальном ГЛИ производится анализ координатной близости «частных» отметок с последующей их конкатенацией. В результате конкатенации близко расположенные отметки объединяются в группы «оконтуривающими» прямоугольниками (Об_ОКПР). Об_ОКПР на рис. 3а и 3б показаны пунктирными прямоугольниками.
- в) анализируются структуры и параметры отметок, входящих в группы. По результатам анализа группы отметок классифицируются по типам: **Tun-1, ..., Tun-4.**

После обработки виртуального ГЛИ, формуляры отметок, включающие координаты, ИДП и коды типов отметок, передаются на алгоритмы вторичной обработки.

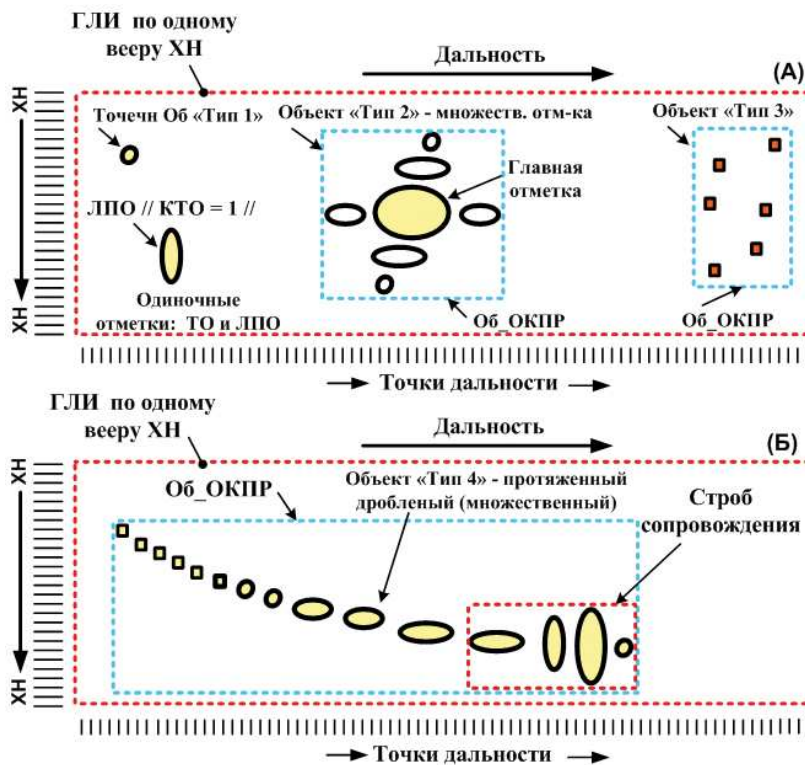
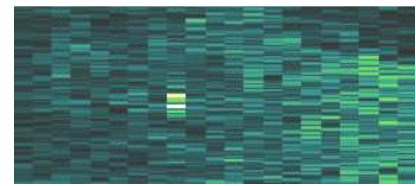
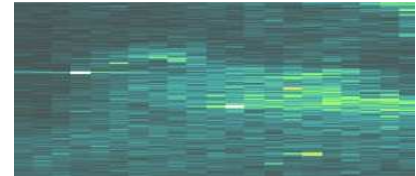


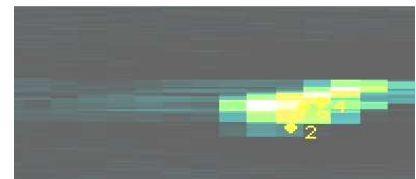
Рис. 3 - Классы обнаруживаемых объектов. Формирование виртуального ГЛ-изображения. Конкатенация частных отметок - пунктирные линии обозначены Об_ОКПР, объединяющие «частные» отметки



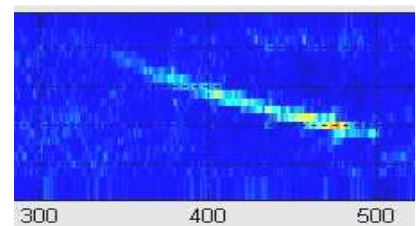
а) Точечные отметки (Тип-1)



б) ЛПО-отметки (Тип-1)



в) Множественные отметки (Тип-2)



г) Протяженные раздробленные отметки (Тип-4)

Рис. 4 - Сигналы, рассеянные реальными объектами

5. Алгоритмы вторичной обработки ГЛ-информации в ГЛ ОБО (алгоритмы сопровождения обнаруженных объектов (целей) /АСЦ/ - бл. 10 на рис. 1)

Отличительной чертой разработанных и реализованных алгоритмов сопровождения является использование в основных процедурах АСЦ идентификационных признаков обнаруженных объектов (ИДП). В традиционно применяемых алгоритмах АСЦ с автоматическим захватом отметок (целей) на сопровождение в процедурах отождествления отметок в стробах захвата и сопровождения используется только координатная информация о целях. Это приводит к следующим трудно разрешимым проблемам:

а) автозахват отметок на сопровождение при наличии множественных отметок в зоне обзора, обусловленных реальными объектами и реверберационными помехами разных видов, являются очень неустойчивым,

б) при наличии множественных целей – движущихся и неподвижных, типична ситуация с перепутыванием траекторий сопровождаемых отметок.

Для преодоления указанных выше проблем в разработанных алгоритмах АСЦ для отождествления отметок в стробах автозахвата (первичные стробы) и стробах

сопровождения используются ИДП объектов. При завязке траектории и сопровождении объектов производится сравнение векторов ИДП, сформированных на текущем и предыдущих циклах обзора. Число компонент векторов ИДП составляет 10...15. Результаты классификации отметок (бл. 9 на рис. 1) используются для оптимизации алгоритмов АСЦ для объектов разных типов: Тип-1, Тип-2, Тип-3, Тип-4 (бл. 10 на рис. 1).

6. Результаты исследований разработанных алгоритмов

Исследования разработанных алгоритмов проводились с использованием статистического моделирования, стендовых проверок на имитаторе и натуральных испытаний. Алгоритмы включают в себя как алгоритмы первичной внутриобзорной последетекторной обработки ГЛ-информации – обнаружение, измерение координат отметок, формирование идентификационных признаков отметок, так и алгоритмы вторичной межобзорной обработки, реализующие автоматический захват и сопровождение отметок.

В высокоавтоматизированных и автоматических системах проблемы априорной неопределенности и нестационарности сигнально-помеховой обстановки решаются благодаря применению адекватных условиям ГЛ-наблюдения алгоритмов первичной внутриобзорной и вторичной межобзорной обработки ГЛ-сигналов. Набор используемых алгоритмов определяется условиями формирования принимаемых ГЛ-сигналов, особенностями ГЛ-сцен и сигнально-помеховых обстановок.

Результаты основных этапов первичной обработки ГЛ-изображения приведены на рис. 5 (см. также структурную схему алгоритмов обработки на рис. 1):

- на фрагментах (1а) и (1б) рис. 5 показано нестационарное ГЛ-изображение с выхода тракта когерентной обработки,
- на фрагменте (2) приведены блоковые оценки медианы фоновых отражений,
- на фрагменте (3) рис. 5 приведено поле интерполированных блоковых оценок медиан фоновых отражений, используемое как компонента поля порогов,
- на фрагментах (4а) и (4б) рис. 1 показано центрированное ГЛ-изображение (амплитудная и яркостная индикация),
- на фрагментах (5а) и (5б) показано ГЛИ, нормированное на СКО флюктуаций (амплитудная и яркостная индикация). На эюре (5а) показаны также три порога сегментации ГЛ-изображения (h_1 , h_2 , h_3). На данных порогах производится формирование идентификационных признаков отметок.
- на фрагменте (6) рис. 5 показано сегментированное на порогах h_1 , h_2 , h_3 нормированное на СКО центрированное ГЛИ.
- на фрагменте (7) показаны следы отметок с оконтуривающими прямоугольниками. Завязка следов производится по связности решений о сегментации в соседних элементах пространственной дискретизации.

Экспериментальные исследования алгоритмов первичной обработки показали следующее:

1) Применение медиан при оценивании параметров положения и разброса поля локальных выборочных распределений ГЛИ позволило обеспечить высокую устойчивость оценок к наличию аномальных выбросов, присутствующих в обрабатываемых массивах отсчетов ГЛ-изображения (см. эюры 1, 2, 3, 4 на рис. 5).

2) Использование блоково-интерполяционных оценок параметров позволило на порядок и более сократить требования к вычислительным процедурам.

3) Достоинствами использованного алгоритма оценки координат по центру тяжести «многомерных» отметок являются: а) «универсальность» по отношению к пространственным размерам отметок, б) близкая к потенциальной точность измерения координат отметок, в) алгоритм универсален по отношению к измеряемой координате (используется для измерения дальности, курсового угла и угла места целей).

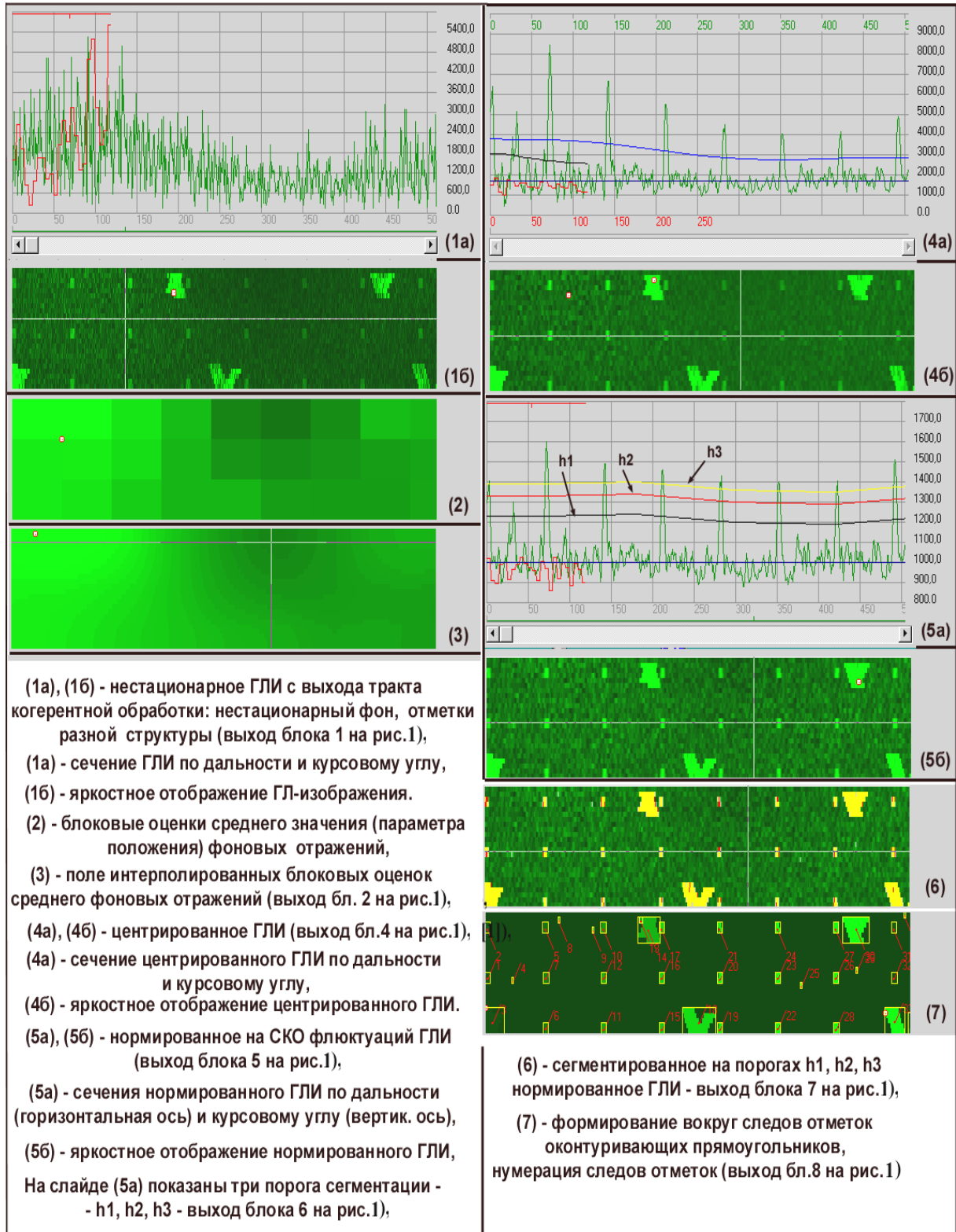


Рис. 5 - Результаты обработки ГЛ-информации в разных точках сквозного алгоритма первичной обработки (структуру тракта обработки см. на рис. 1)

Проведенные предварительные натурные эксперименты, анализ условий работы алгоритмов обнаружения и автоматического захвата отметок на сопровождение показали, что традиционный координатный алгоритм сопровождения отметок [5] должен быть дополнен алгоритмом ассоциирования отметок с трассами по идентификационным признакам (ИДП) отметок. В **вектор** ИДП каждой отметки входят следующие параметры: а) размеры проекций следов отметок на оси координат; б) максимальная и средняя амплитуды отметки; в) площади следов отметок на порогах сегментации; г) объемы отметки над порогами сегментации; д) отношение С/Ш отметки; е) структурные характеристики отметки.

При реализации алгоритмов автозахвата и сопровождения отметок применяется алгоритм ассоциирования отметок с трассами с использованием вектора ИДП. Ассоциирование отметки с трассой производится путем сравнения метрик нескольких отметок, попавших в строб захвата или сопровождения, и ассоциирование с трассой той отметки, метрика которой является минимальной. При этом метрика не должна превышать порога ассоциирования. Мерой сходства отметок с трассами, т.е. с отметками предыдущих циклов, уже ассоциированных с трассой, является метрика, формируемая из компонент вектора ИДП текущей отметки и компонент опорного вектора ИДП. Опорный вектор ИДП формируется осреднением на скользящем окне (5...6 циклов зондирования) компонент векторов ИДП отметок, ассоциированных с трассой.

$$Metrl_b = \sum_j \frac{|ИДП(i, j, k_i, s) - ИДП_{acc}(i-1, j, s)|}{ИДП_{acc}(i-1, j, s)}. \quad (8)$$

В выражении (8) приняты обозначения: i - номер обзора, k_i - номер отметки в стробе на i -ом обзоре, s - номер строба, j -я компонента вектора ИДП. ИДП(i, j, k_i, s) j -я компонента вектора ИДП k_i отметки на i -ом обзоре в s -ом стробе, ИДП_{acc}($i-1, j, s$) - j -я компонента вектора ИДП на ($i-1$)-ом обзоре для отметки, ассоциированной с s -ой трассой.

Ниже на рис. 6 приведен фрагмент алгоритма вторичной обработки ГЛ-информации, включающий этапы завязки, подтверждения и сопровождения отметок.

На рис. 7 поясняется структура алгоритма ассоциирования отметок с трассами, использующего идентификационные признаки отметок и оценки их средних значений.

На рис. 8 показана трасса объекта на 24-м и 25-м циклах сопровождения. На рисунке приведено сегментированное на порогах h_1, h_2, h_3 ГЛ-изображение и стробы сопровождения.

На рис. 9 приведены графики последовательностей компонент идентификационных признаков сопровождаемой отметки, снятые на трассе длиной в 80 циклов, т.е. представлены зависимости компонент вектора ИДП сопровождаемого объекта от номера цикла.

В состав компонент вектора ИДП, описывающего особенности каждой отметки, входили: а) максимальная и средняя по следу отметки амплитуда, б) площади сечений отметки на трех порогах сегментации, в) объемы отметки над порогами сегментации, г) максимальные и средние сечения следа отметки по дальности и курсовому углу, д) протяженность следа отметки по дальности и курсовому углу.



Рис. 6 - Фрагмент алгоритма вторичної обробки ГЛ-інформації (зав'язка, підтвердження і супроводження отміток)

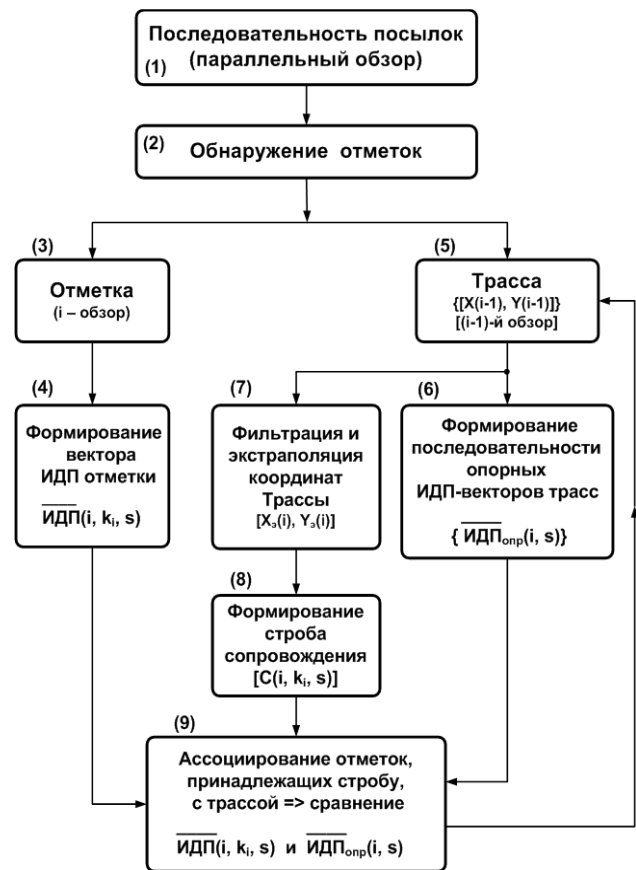
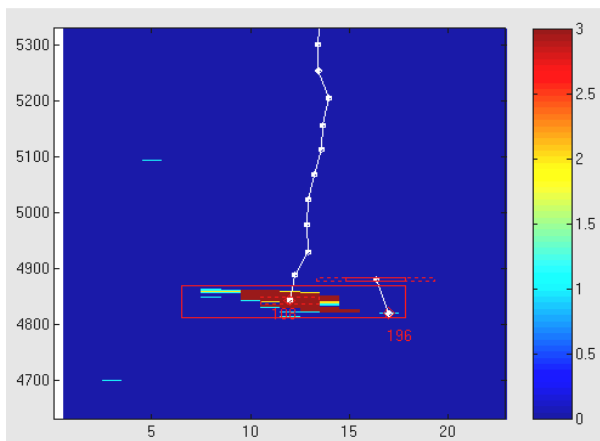
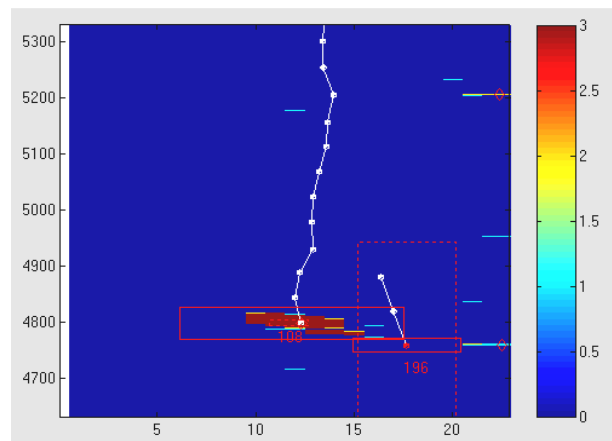


Рис. 7 - Пояснення алгоритму асоціювання отміток з трасами, використовуючого ідентифікаційні ознаки отміток



а) Супроводження об'єкта, 24-й цикл



б) Супроводження об'єкта, 25-й цикл

Рис. 8 - Траса об'єкта (фрагмент). Показано сегментоване на порогах h_1, h_2, h_3 ГЛ-зображення і строби супроводження

На рис. 9 в 8-й і 9-й клітках об'єднаних графіків (снизу - в центрі і справа) приведені залежності метрики і порога асоціювання отмітки з трасою від номера циклу.

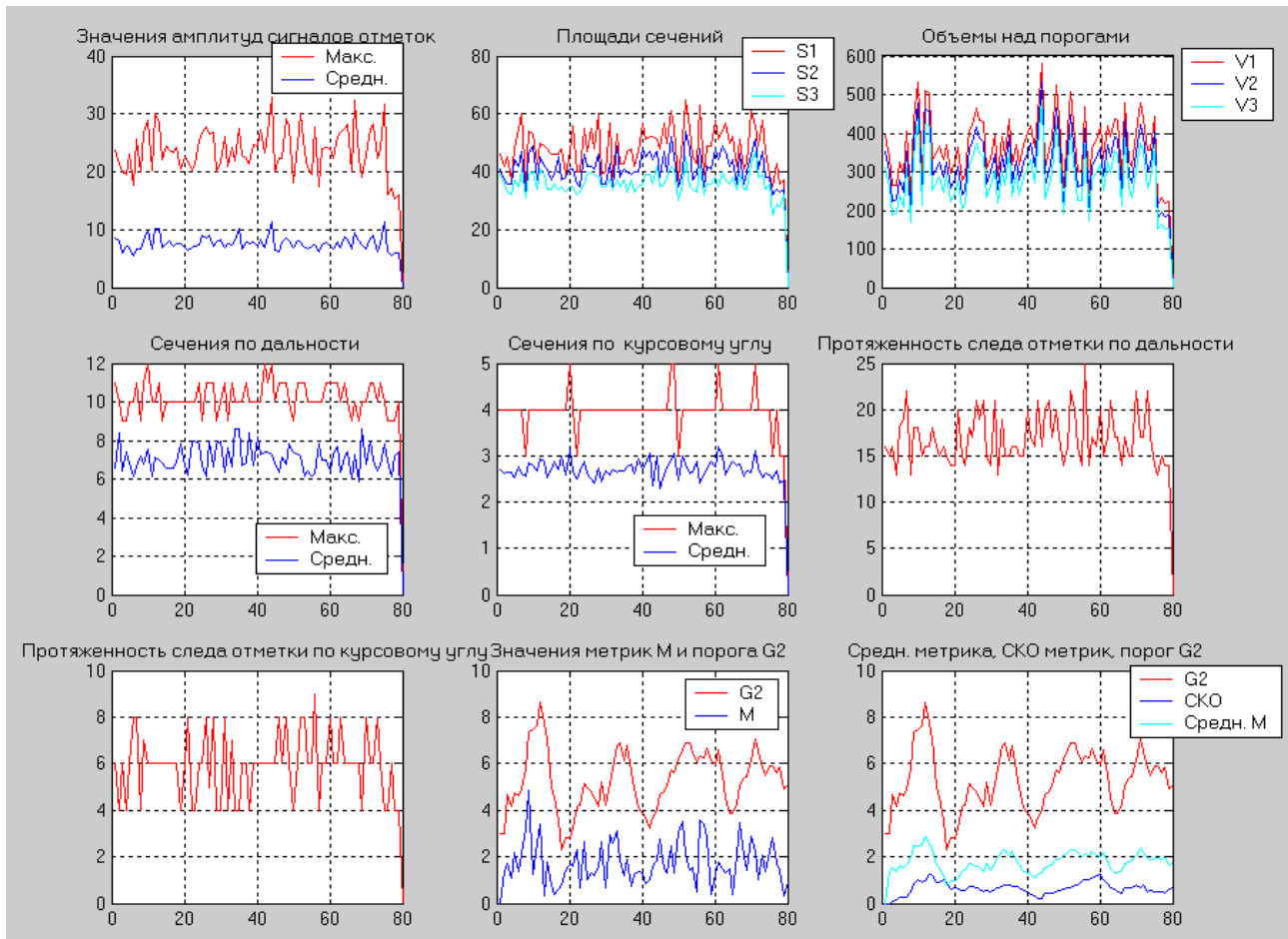


Рис. 9 - Графики последовательностей компонент идентификационных признаков сопровождаемой отметки, снятые на трассе длиной в 80 циклов

Заключение

1. Применительно к гидролокаторам освещения ближней подводной обстановки рассмотрены вопросы реализации перспективных алгоритмов первичной и вторичной обработки ГЛ-информации.

2. Алгоритмы включают как внутриобзорную последетекторную обработку ГЛ-информации – обнаружение и измерение координат отметок, формирование идентификационных признаков отметок, формирование массива ГЛ-изображения для отображения, так и алгоритмы межобзорной обработки, обеспечивающие автоматический захват и сопровождение отметок.

3. При реализации алгоритмов адаптивного обнаружения для обеспечения устойчивости процедур оценивания параметров полей фоновых отражений применены робастные алгоритмы, позволяющие существенно снизить влияние на формируемые оценки параметров ГЛИ аномальных выбросов, присутствующих в обрабатываемых массивах отсчетов ГЛ-изображения.

4. Для обеспечения надежности алгоритмов автоматического захвата и сопровождения объектов в многоцелевых ситуациях применены алгоритмы анализа и классификации отметок, а также алгоритмы межобзорного отождествления отметок по набору идентификационных признаков, формируемых на этапе первичной внутриобзорной обработки ГЛ-информации и при обработке параметризованного «виртуального» ГЛИ.

5. В данной статье представлена лишь небольшая часть результатов по экспериментальной апробации и исследованию алгоритмов обработки ГЛ-информации. Исследования проводились на статистических ситуационных моделях, с использованием полунатурного моделирования, а также в ходе натуральных и сдаточных испытаний ГЛ ОБО. Проведенные натурные испытания выявили ряд непростых вопросов, касающихся моделей обрабатываемых сигналов, которые уточняются авторами в ходе детального анализа особенностей и условий применения разработанных алгоритмов.

Литература

1. Ван Трис Г. Теория обнаружения, оценок и модуляции: Пер. с англ. М., Советское Радио, 1977. Т. 3. – 664 с.
2. Вопросы перспективной радиолокации. Коллективная монография/ Под ред. А. В. Соколова. М.: Радиотехника, 2003. – 512 с.
3. Репин В.Г. Статистический синтез при априорной неопределенности и адаптация информационных систем/ Репин В.Г., Тартаковский Г.П. - М.: Советское радио, 1977. – 432 с.
4. Войтов А.А. Проблемы сопровождения объектов в гидролокаторах освещения ближней подводной обстановки / Войтов А.А., Корнеев А.Ю., Корнеев Ю.А. // Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики : 11-я всероссийская конф., 22-24 мая 2012 г. : труды конф. – Санкт-Петербург. – 2012. – С. 59-63
5. Фарина А. Цифровая обработка радиолокационной информации. Сопровождение целей / Фарина А., Студер Ф. ; [Пер. с англ.] – М.: Радио и связь, 1993. – 320 с.
6. Войтов А.А. Обработка гидролокационной информации в гидролокаторах освещения ближней обстановки / А.А.Войтов, В.В.Гладков, А.Ю.Корнеев, Ю.А.Корнеев // Известия ГУАП. Аэрокосмическое приборостроение: научн. журнал. - СПб.: ГУАП. - 2011.

© О.А. Войтов, Ю.О. Корнеев, О.Ю.Корнеев
РОЗРОБКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ СТІЙКИХ АЛГОРИТМІВ
ВИЯВЛЕННЯ Й СУПРОВОДУ ОБ'ЄКТІВ СТОСОВНО ДО
ГІДРОЛОКАТОРІВ ВИСВІТЛЕННЯ БЛИЖНЬОЇ ОБСТАНОВКИ

Стосовно до гідролокаторів з високою розрізнявальною здатністю розглядаються основні проблеми, що виникають при автоматичному виявленні та супроводі об'єктів. За результатами аналізу особливостей характеристик гідроакустичних сигналів, розсіяних об'єктами різних класів, пропонуються та детально розробляються алгоритми внутрішньооглядової обробки (виявлення й вимір координат об'єктів) і алгоритми міжоглядової обробки (автоматичний супровід об'єктів). Розглядаються питання забезпечення стійкості алгоритмів обробки стосовно об'єктів різної просторової структури.

© Alexander A. Voytov, Yuri A. Korneyev, Alexey Yu. Korneyev
THE DEVELOPMENT AND RESEARCH OF STABLE ALGORITHMS
OF TARGETS' DETECTION AND FOLLOWING IN RESPECT
TO CLOSE SITUATION LIGHTNING SONAR

Major problems are considered in application to high-resolution sonars, that arise when an automatic object tracking. The analysis of features of characteristics of signals scattered by objects of different classes is carried out. Proposals of improving efficiency of sonar information processing are formulated in general. Particular algorithms that improve the basic characteristics of algorithms for automatic tracking of objects are considered.