

**Отображение на карте результатов работы многоканального нечеткого
обнаружителя пассивной гидролокации**

A mapping of the results of the multi-channel detector fuzzy passive sonar

Наталья Николаевна Номоконова
Natalya Nikolaevna Nomokonova

Дмитрий Викторович Стороженко
Dmitriy Victorovich Storozhenko

Владивостокский государственный университет экономики и сервиса. Россия.
Владивосток.

Vladivostok State University Economics and Service. Russia. Vladivostok

доктор техн. наук, профессор кафедры электроники

E-mail: Natalya.nomokonova@vvsu.ru Тел.: +7 423 2745248

ул. Гоголя, 41, г. Владивосток, Приморский край, Россия, 690014.

В статье рассмотрен подход к отображению на координатной карте результатов обработки нечеткого обнаружителя при заданной геометрии процесса.

This article describes an approach to displaying the results on a coordinate map of fuzzy processing of the detector for a given geometry of the process.

Ключевые слова и словосочетания: обнаружение сигналов, цифровая обработка сигналов; технические науки; MATLAB.

Key words: signal detecting; digital signal processing; technical sciences; MATLAB.

Введение

Освоение морских территорий требует эффективных методов обнаружения подводных технических объектов. Решающая роль в обнаружении отводится пассивной гидроакустике, основанной на совокупном применении гидрофонов, как стационарных, так и подвижных. Современная производительность бортовой вычислительной аппаратуры уже не обеспечивает должный уровень автоматизации при принятии решений имеющимися алгоритмами обнаружения сигнала.

Основным признаком присутствия подводного технического объекта в акватории является типичная для данного класса акустическая шумовая сигнатура, сильно изменяющаяся как от параметров морской среды, так и от характера перемещения объекта. Частотная и пространственная неоднородность затухания звука в морской среде, снижение заметности современных подводных технических объектов, а также медленное изменение сигнала, связанное с низкой скоростью перемещения, крайне затрудняют задачу оперативного обнаружения классическим способом превышения порога при минимальном накоплении информации[1]. Это вынуждает использовать дополнительные признаки присутствия объекта в наблюдаемом сигнале, например уровень дисперсии и показатель скорости увеличения интенсивности сигнала[2].

Для совокупного принятия решения на основе анализа нескольких признаков необходим математический аппарат и инструментальная программная среда. В работе для решения задачи обнаружения по интенсивности гидроакустического шума был использован алгоритм на основе нечеткой логики в совокупности с методами цифровой обработки сигнала.

Описание системы

В исследовании за основу была принята типовая многоканальная система пассивной гидролокации, состоящая из ненаправленных автономных гидрофонов, где сигнал передается по радиоэфиру на единый блок обработки информации и принятия решения об обнаружении.

Входные данные для такой системы представляют собой потоки акустического сигнала вызванного гидростатическим давлением в гидрофоне, размещенного в заданной части акватории.

Первичная обработка информации включает в себя методы цифровой обработки сигналов, такие как фильтрация, преобразование Фурье, методы свертки и взаимных корреляционных вычислений. Далее результат обработки поступает на вход порогового устройства, где принимается решение об обнаружении среди шума сигнала от технического объекта на основе выбранного уровня порога в соответствии с характеристиками вероятности ложной тревоги и правильного обнаружения. Как правило, уровень порога устанавливается на двукратном превышении амплитуды сигнала над шумом. Решение задачи локации путем триангуляции требует одновременного обнаружения сигнала тремя датчиками, при этом уровень мощности каждого обнаруженного акустического сигнала необходимо перевести в расстояние до объекта. На практике используется приближенная формула зависимости расстояния от уровня мощности сигнала, что вносит погрешность в определение расстояния от датчика до объекта.

Таким образом, в оценке местоположения объекта типовой системой пассивной гидролокации используется информация только с датчиков, где пороговое устройство зафиксировало необходимое превышение уровня сигнала, остальные датчики не участвуют в анализе.

Авторами предложен иной подход к задаче обнаружения [3-4]. Вместо порогового принятия решения используется аппарат нечеткого вывода на основе анализа двух критериев: мощность сигнала в заданном участке спектра, характер изменения сигнала во времени. В результате на выходе системы обнаружения для каждого датчика возвращается степень истинности присутствия технического объекта (далее СИП), которая может принимать значения от 0 до 1. Таким образом, в анализе местоположения объекта участвует информация со всех датчиков, но со своей степенью истинности. Например, каналу, в котором явно отсутствует полезный сигнал, соответствует нулевая степень истинности.

Возникает необходимость отображения единой карты истинности присутствия в соответствии с заданной геометрией процесса.

Описание решения

В каждый момент времени на вход системы с датчиков поступает информация, которая после обработки обозначается как нормированная мощность полезного сигнала (E_i) в точке приема i -м датчиком.

Для начала установим зависимость расстояния до объекта (r) от мощности полезного сигнала в точке приема (E) в соответствии с законом затухания в степени $3/2$:

$$r = E^{2/3} \quad (1);$$

Далее установим закон спада СИП объекта от предполагаемого местоположения. Для этого используем формулу закона нормального распределения плотности вероятности с домножением числителя на уровень мощности E:

$$z = \frac{E}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{\left(-\frac{(R-r)^2}{2\sigma^2}\right)} \quad (2),$$

где $\sigma = r/2$ – коэффициент «размазанности»,

$R = \sqrt{(x - x_d)^2 + (y - y_d)^2}$ – расстояние от точки карты Z(x,y) до точки датчика D(x_d;y_d).

$$z = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{\left(-\frac{(R-r)^2}{2\sigma^2}\right)}$$

Решение задачи отображения карты для i-го датчика сводится к вычислению степени истинности для каждой точки карты Z(x,y). В результате получим карту распределения истинности присутствия, где максимальный уровень истинности сосредоточен на окружности с радиусом r, на карте в шкале серого соответствует светлой зоне (рис. 1).

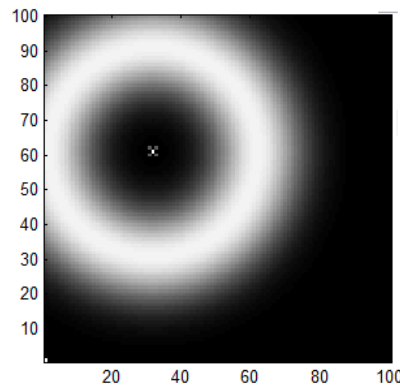


Рис. 1. Распределение истинности присутствия для одного датчика, при $r=35$ единиц

Далее, суммируя карты с нескольких датчиков, получаем единую карту, на которой светлomu пятну соответствует зона с максимальной степенью истинности присутствия объекта в данный такт моделирования. При моделировании движения объекта по прямолинейной траектории (рис. 2), динамика изменений карты СИП показана на рис. 3, где положению объекта соответствует светлое пятно.

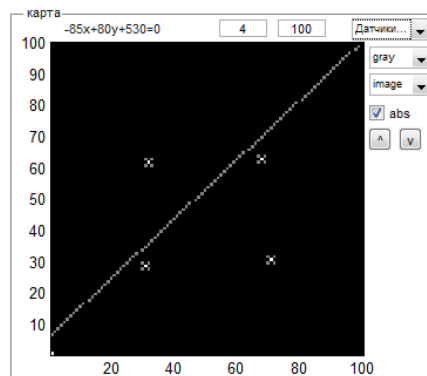


Рис. 2. Траектория движения объекта

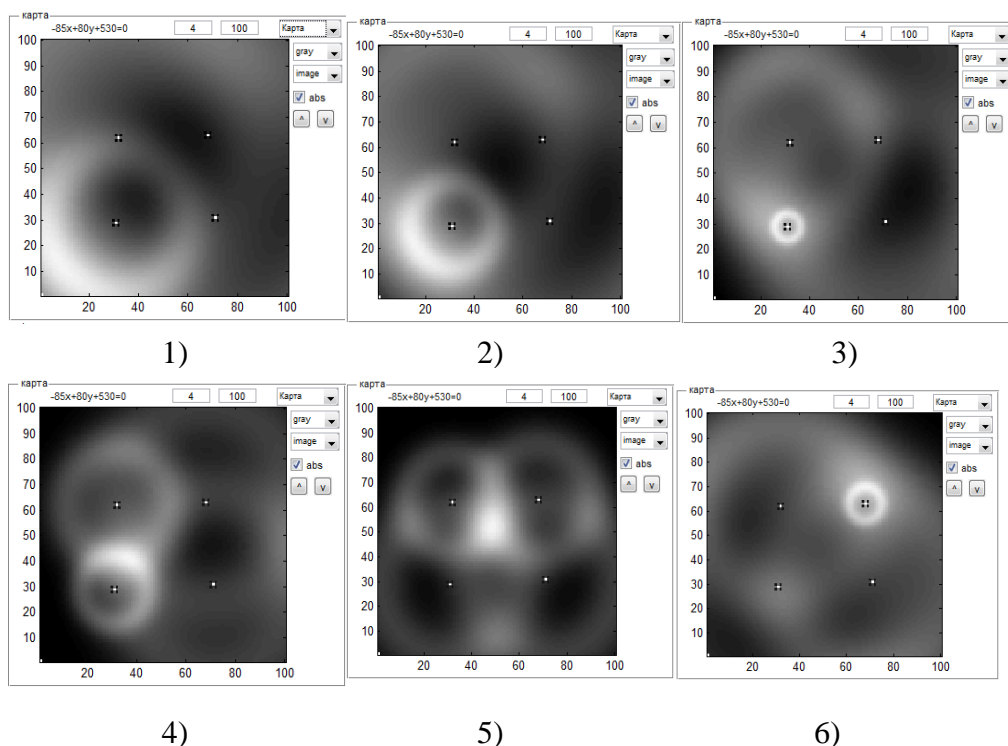


Рис. 3. Динамика суммарных изменений на карте при перемещении объекта

Таким образом, в дальнейшем анализе используется информация со всех датчиков, что позволяет более плавно вводить датчик с предпороговым уровнем зафиксированной акустической мощности.

Для проверки работы данной модели на реальном сигнале требуется указать входные параметры, такие как координаты датчиков, шумность объекта и зависимость расстояния от интенсивности шума получаемого датчиком. Работа с реальными данными, а также выбор оптимальных параметров обработки сигнала является предметом дальнейшей работы.

1. Бурдинский И.Н. Методы и средства детектирования сигналов гидроакустических система позиционирования. – Вестник ТОГУ. – 2009. – № 4 (15). – С. 39–46.
2. Коваленко В.В. Современные тенденции развития гидроакустических методов подводного наблюдения // Труды Нижегородской акустической научной сессии / под ред. С.Н. Гурбатова. – Нижний Новгород: ТАЛАН, 2002. – С. 15–16.
3. Стороженко Д.В. Распознавание сигналов в системах с подвижными объектами / Д.В. Стороженко, А.Е. Бородин, Н.Н. Номоконова // Успехи современного естествознания. – 2008. – № 8. – С. 121 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.rae.ru/use/pdf/2008/08/2008_08_68.pdf, свободный (дата обращения: 23.11.2010).
4. Стороженко Д.В. Применение методов нечеткого вывода в пассивной гидролокации / Д.В. Стороженко, Н.Н. Номоконова // «Проектирование и технология электронных средств». – 2010. №4. – С.55–59.