

# Reconocimiento de patrones en señales acústicas mediante clasificadores neuronales

**Mag. Marcelo A. Tosini**  
**Facultad de Ciencias Exactas**  
**Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires**  
**Tandil (7000) – Buenos Aires - Argentina**

**Dr. Gerardo Acosta**  
**Facultad de Ingeniería**  
**Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires**  
**Olavarria (7400) – Buenos Aires - Argentina**

## RESUMEN

Desde hace varios años se utilizan diferentes tecnologías para recavar información que permita reconstruir y estudiar la conformación del lecho marino con especial énfasis en las plataformas marinas continentales en las que se realiza explotación pesquera, extracción de petróleo o tendido de cables. En estos casos es importante tener un conocimiento cabal de la geografía marina para planificar el tendido de oleoductos, en el caso de explotación petrolera, o cables, de comunicación o eléctricos; o para detectar obstáculos naturales (picos montañosos) que dificulten el tendido de redes, en el caso de la explotación pesquera.

Además, teniendo en cuenta la gran extensión geográfica de los lechos marinos, es importante contar con sistemas con capacidad para realizar dichos estudios de manera automática o, al menos, semiautomática. Es deseable que dichos sistemas tengan capacidad autónoma de movimiento para recopilar información para su análisis in-situ o posterior y cuenten con algoritmos que permitan reconocer estructuras específicas en el lecho marino tales como formaciones naturales (riscos, depresiones, elevaciones, etc) o artificiales (buques hundidos, redes, anclas, etc.).

De este modo, el desarrollo de un sistema de análisis y reconocimiento de patrones específicos se constituye en una parte fundamental para la concreción del objetivo anteriormente mencionado, cual es, el relevamiento topográfico automático del lecho marino.

**Palabras clave:** ecosondas, multibeam, reconocimiento de patrones, investigación marina, relevamiento topográfico

## 1. INTRODUCCIÓN

El análisis y reconocimiento de las estructuras que conforman el lecho marino es un

área de estudio de relevancia desde hace algunos años debido al aumento del interés comercial y político de muchos países en la explotación masiva de los recursos provenientes de sus respectivas plataformas continentales. Desde este punto de vista resulta obvio que un país con acceso a su plataforma marina tenga pretensiones de extender sus actividades de explotación a dicha plataforma, pero desde el punto de vista logístico, esta explotación implica el conocimiento de la geografía y constitución de un territorio que, por estar cubierto de agua, es mas inaccesible para su estudio que el resto de la plataforma continental.

Por esta razón, los mecanismos de relevamiento de la plataforma marina deben ser indirectos y la información debe ser obtenida a partir de dispositivos específicos que permitan realizar mediciones de ciertas características del lecho marino tales como profundidad y composición del suelo bajo análisis.

Entre los dispositivos de análisis indirecto se destacan los sonares, que obtienen información a partir de la emisión y recepción controlada de ondas acústicas hacia el lecho marino.

Existen varios sistemas de sonar que utilizan este principio. Por lo general se encuentran montados en el casco de una embarcación o en el interior de un vehículo sumergible tripulado o controlado remotamente. En estas condiciones, el escaneo de una superficie marina determinada consiste en una recorrida del vehículo a través del área en estudio a fin de obtener a su paso la información topográfica necesaria.

A partir de esta información es posible, entonces, la reconstrucción bi o tridimensional del lecho marino, para posteriores análisis manuales (visuales o de filtrado); o automatizados. Estos últimos a partir de métodos más especializados para reconocimiento de determinados patrones en la superficie. De esta manera se procura la detección de blancos sumergidos y el reconocimiento de sus patrones ecoicos

Uno de los métodos usado frecuentemente para reconocimiento de patrones son las redes neuronales, que, mediante un proceso de entrenamiento, adquieren las características relevantes de uno o mas patrones y permiten su posterior reconocimiento o clasificación.

En la sección tres se muestra (a modo introductorio y general) el estado del conocimiento en tecnología de sonares, con especial énfasis en los sonares de haz múltiple (MBE) y mostrando a modo de ejemplo las características del sonar MBE SimRad Serie EM1000, del que se cuenta con información completa, asistencia técnica y datos de campaña de sectores de la plataforma submarina Argentina.

## 2. OBJETIVOS DEL PROYECTO

El objetivo a largo plazo del proyecto es el desarrollo de un sistema autónomo de captación de señales ecoicas y su análisis en tiempo real a fin de reconocer patrones específicos en el lecho marino. Estos patrones pueden ser cañerías de oleoductos o tendidos eléctricos o de comunicación u obstáculos determinados que deban reconocerse a fin de planificar una potencial ruta para un tendido de las características citadas.

A fin de poder llevar a cabo la totalidad del proyecto, varios sub objetivos deben concretarse: a) estudio completo de los formatos de información manejados por el sistema MBE utilizado; b) estudio de técnicas apropiadas para reconocimiento de patrones; c) obtención de muestras del lecho marino con características específicas (muestras de oleoductos, obstáculos, accidentes topográficos determinados, etc.); d) desarrollo de un sistema de prueba de reconocimiento y d) realización de pruebas de campo, a fin de comprobar la fiabilidad de las predicciones del sistema.

## 3. TECNOLOGÍA DE SONARES

### Tipos de sonares

Como se describe en [1], las técnicas para medir las profundidades del fondo del mar existen desde hace muchos siglos. Durante el siglo XIX, fue común el uso del escandallo, que consistía en un peso (plomada) amarrado a una cuerda graduada, la cual se dejaba caer por la proa o el costado del buque hasta tocar el fondo para después leer la profundidad de acuerdo con la marca correspondiente en la cuerda. Se inventaron diversos mecanismos para obtener con mayor facilidad una lectura de la profundidad (ruedas mecánicas, aparatos de presión, etc.); pero no fue hasta

principios del siglo XX cuando se utilizó un instrumento que empleaba los principios físicos de la propagación del sonido en el agua de mar, con el fin de conseguir un registro continuo y medidas más confiables de las profundidades. Este instrumento fue un sonar (aparato que emite sonido), llamado ecosonda, el cual mide los tiempos de viaje que demoran las ondas acústicas emitidas desde un transductor (en la superficie del mar) y el eco de éstas luego de reflejarse en el fondo marino. Posteriormente, la información de los tiempos se transforma en profundidades (distancia).

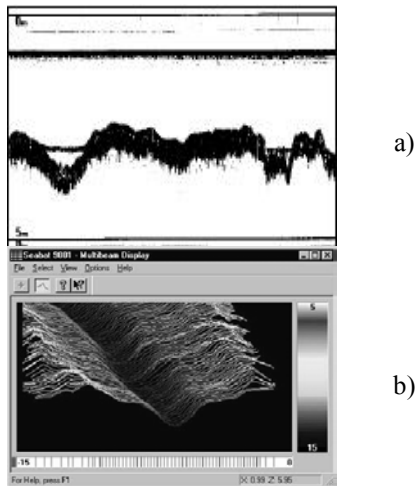
### El ecosonda.

En el ecosonda (Fig. 1.a), la energía acústica se transmite de manera tal que se obtienen los ecos de sólo una parte del piso marino, lo cual se logra dirigiendo el sonido a través de un haz especial, que tiene una forma parecida a un cono. Todos los ecosondas producidos antes de la década de los setenta, eran de tipo monohaz, es decir, la energía acústica transmitida estaba confinada a un solo haz. En un principio el haz era muy ancho (por ejemplo, con un ángulo de 30°), lo que hacía perder resolución y, por consiguiente, exactitud. Por el año 1960, se creó el ecosonda de haz angosto (por ejemplo, 2°) que significó una mayor exactitud para trabajos hidrográficos.

Los datos obtenidos por los ecosondas han sido vitales para la confección de cartas que permiten una navegación segura a través de los mares del mundo.

Dada las dimensiones de los océanos, la pequeña área iluminada por el sonido de los ecosondas de haz angosto, resultó ser insuficiente para conocer ampliamente el fondo del mar. Los modelos morfológicos del piso marino no eran correctos y, por lo tanto, no se podían explicar algunos fenómenos geológicos y geofísicos. Para cubrir mayores áreas y minimizar los costos de operación, se desarrollaron sistemas capaces de mapear extensas zonas con una precisión y exactitud adecuadas. Estos sistemas fueron llamados de multihaz (Fig. 1.b), los cuales emiten varios haces angostos de sonido, ordenados como un abanico, que barren el piso oceánico simultáneamente y aumentan la cobertura espacial (Figura 1.2). Estos ecosondas se componen de varios subsistemas que permiten controlar la calidad del dato adquirido.

En un principio, los sonares de multihaz tuvieron un objetivo científico: conocer la morfología submarina; pero, dadas las exigencias actuales y las ventajas operativas que presentan estos sistemas, fueron perfeccionados para permitir su uso hidrográfico.



**Figura 1.** Imágenes de una misma sección del lecho marino. a) imagen obtenida con un ecosonda de único haz. b) imagen tridimensional reconstruida a partir de un ecosonda de haz múltiple.

### La tecnología de sonares de multihaz<sup>1</sup> para trabajos hidrográficos en aguas profundas

En un comienzo, muchos hidrógrafos no estaban de acuerdo con la utilización de estos sistemas para levantamientos batimétricos en aguas profundas, dado que no confiaban en la exactitud de las medidas. Esto se debía, principalmente, a que la proyección del sonido emitido por los transductores de los sonares era oblicua (excepto en el haz central) y muchos factores podían afectar su propagación y, por consiguiente, la posición del área iluminada acústicamente para cada haz en el fondo marino, podía ser incorrecta. Además, los movimientos del buque causaban incerteza en la determinación de la posición real del área iluminada. Sin embargo, la necesidad de efectuar trabajos batimétricos con casi 100% de cobertura en un área dada, es decir, mapear sin dejar zonas del fondo marino desprovistas de información batimétrica, y la de obtener una cantidad de datos suficientes en un corto tiempo de medición, llevaron a un mejoramiento de los sistemas de multihaz y al método de procesamiento de las señales acústicas. Lo anterior se consiguió desarrollando sensores de movimientos que midieran los ángulos de cabeceo, balanceo y otros del buque, de una manera mucho más precisa y exacta, lo cual permitió efectuar mejores correcciones o determinaciones de la posición real del área iluminada acústicamente. También, ayudó la aparición de sistemas de posicionamiento satelital diferencial mucho más exactos; computadores y programas capaces de procesar gran cantidad de información digital, provenientes en forma simultánea del sistema de multihaz e instrumentos

<sup>1</sup> Traducción del inglés MultiBeam Echo sounder (MBE) que es la denominación más frecuente y utilizada en la bibliografía

periféricos; se desarrollaron nuevos métodos matemáticos y computacionales de detección del fondo marino, que permitieron calcular las profundidades con excelente exactitud, y arreglos de transductores más pequeños, que permitían haces más angostos.

El factor más importante que afecta la propagación de los rayos acústicos emitidos por los transductores, es la variación vertical de la densidad en el agua de mar, lo cual provoca que la velocidad de propagación del sonido sea diferente a distintas profundidades y se desvíe el rayo acústico. La densidad del agua cambia, principalmente, por las variaciones de temperatura, salinidad y presión. Se desarrollaron nuevos modelos matemáticos internos en el sistema, que permitieron calibrar o corregir las desviaciones (difracción) de las ondas acústicas emitidas por los transductores. Para ello se introdujo al sistema, la información oceanográfica respectiva, en tiempo real o como post proceso, que permite calcular la variación vertical de la velocidad del sonido. Esta información oceanográfica puede ser obtenida por un instrumento sensor que es bajado a través de un cable, como un CTD (Conductivity, Temperature, Depth), el cual mide la conductividad (salinidad), temperatura y presión. También en estos sistemas se pueden corregir en tiempo real o como post proceso las variaciones del nivel del mar (marea). Desgraciadamente, en aguas costeras existen otros problemas que son difíciles de solucionar, como la alta variabilidad de las masas de agua (especialmente y temporalmente), transporte de sedimentos (constantemente cambios en el fondo) y turbidez (dificultad en la propagación del sonido). Sin embargo, gracias al conocimiento de las condiciones oceanográficas e instrumentales y otras experiencias que pueda tener el hidrógrafo, varios de estos problemas pueden ser solucionados a través del desarrollo de nuevas metodologías de sondaje, procesos de información y otro

### MBE SimRad Serie EM1000

El MBE Simrad EM 1002 de Kongsberg [2] está diseñado para mapeos de muy alta resolución del lecho marino desde profundidades cercanas a la costa y hasta aproximadamente 1000 metros de profundidad.

El sistema provee más de 10 muestreos (pings) por segundo con 111 haces por ping ( $2^\circ$  de desviación), y estabilización electrónica de rolido. La cobertura en ancho (Acrosstrack coverage) es de cerca de 1200 metros en aguas profundas.

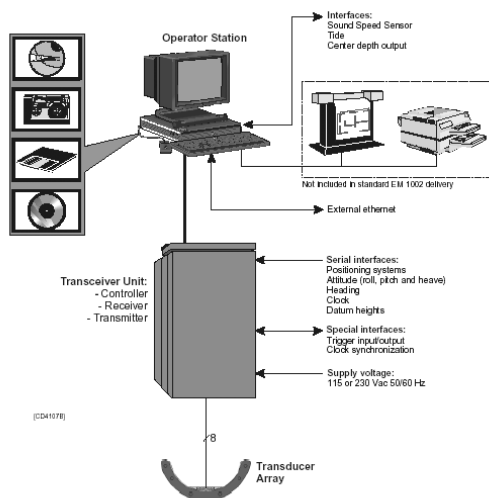
El estándar EM 1002 tiene tres longitudes de pulso distintas (0.2, 0.7 y 2 ms) a fin de maximizar la cobertura en aguas profundas (200 metros o más).

La figura 3 muestra un diagrama esquemático de los componentes del equipo completo [3]. Como se observa, el arreglo de

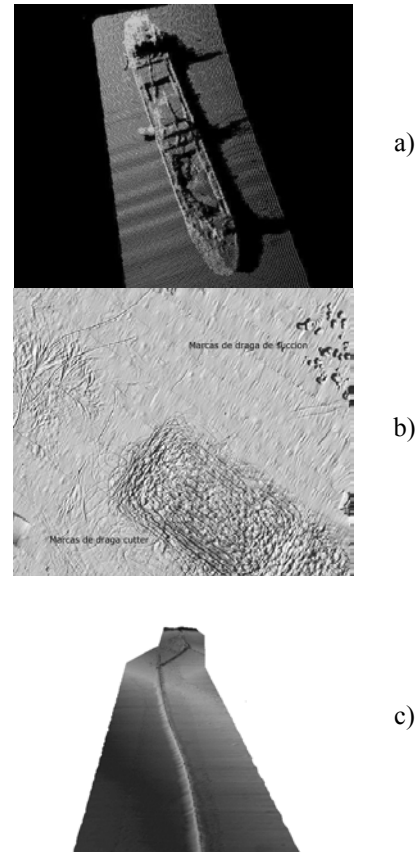
transceivers envía las 111 señales a un procesador dedicado que las procesa junto con información proveniente de otros sistemas navegacionales que proporcionan la respectiva información de actitud (rolido, dirección, longitud, latitud, altura). Toda la información corregida se envía en tiempo real a través de una red de alta velocidad a la consola del operador para su almacenaje (y posterior análisis) o utilización.

Una etapa de procesamiento posterior permite analizar la información ya sea en forma visual o con herramientas específicas para obtener imágenes tridimensionales de profundidad del lecho marino (información topográfica) o de potencia recibida (información estructural). Esta última información permite reconocer la composición del fondo y apreciar los distintos componentes como lodo, arena, grava, piedra, y otros [5].

La figura 4 se observan imágenes obtenidas con el MBE donde se aprecia la fidelidad de las muestras obtenidas. De todos modos, cabe aclarar que dicha precisión se obtiene a partir de la aplicación de potentes herramientas de filtrado y que este proceso se realiza *off-line*. Un análisis de reconocimiento de patrones en tiempo real requerirá el procesamiento de la información cruda que entrega el sistema MBE que originalmente contiene cierto porcentaje de datos erróneos.



**Figura 3.** Diagrama del sistema EM 1002. Gentileza Kongsberg



**Figura 4.** imágenes de mediciones acústicas realizadas con un MBE. a) perfil de un buque hundido a poca profundidad. b) lecho marino en la zona de un puerto. Se aprecian las marcas dejadas por dos tipos de dragas. c) perfil de un oleoducto.

#### 4. ESTADO DE AVANCE

A la fecha se han realizado extensos contactos con especialistas del Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero (INIDEP) que cuenta con un sonar del tipo SimRad Serie EM1000 y han proporcionado documentación e información de campañas realizadas. Con dicho material se procedió al diseño y realización de una herramienta de análisis y conversión de los archivos de campaña a fin de obtener una representación mas manejable de la topografía marina que permita aplicar técnicas neuronales para detección de patrones.

Este trabajo derivó además en dos trabajos adicionales relacionados con los procesos de conversión de datos y análisis avanzados de los mismos a fin de realizar diversos estudios en el propio INIDEP.

Paralelamente a esto, se estudian técnicas de reconocimiento de patrones con las características necesarias para la obtención de resultados en tiempo real [4][6], a partir del análisis de gran cantidad de datos. Cabe notar que este punto representa un gran escollo, puesto que las técnicas neuronales usuales presentan grandes demoras con cantidades de

información masiva, del orden de miles de datos (de profundidad, posición y potencia) por segundo, por lo que se estudian alternativas implementadas totalmente en hardware a fin de acelerar dicho proceso[7][8][9].

## 5. AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer la desinteresada colaboración de los investigadores del INIDEP a cargo del sistema multibeam que posee dicho instituto, ya que la cantidad y calidad de información que nos brindaron, así como material de campañas y asesoramiento nos han permitido acelerar enormemente los tiempos de investigación dedicados al estudio y entendimiento de los sonares de múltiples haces.

## 6. REFERENCIAS

- [1] Cristián Rodrigo Ramírez. La Tecnología de Sonares de *Multihaz* en la Armada de Chile. Anuario Hidrográfico y oceanográfico de la armada de Chile. 2003.
- [2] EM 1002, Multibeam echo sounder Base version & Hull Unit. KONGSBERG SIMRAD AS, Horten, Norway. [www.kongsberg-simrad.com](http://www.kongsberg-simrad.com).
- [3] EM 1002 Product description, KONGSBERG SIMRAD AS, Horten, Norway. [www.kongsberg-simrad.com](http://www.kongsberg-simrad.com).
- [4] A Recurrent Neural Network for Detecting Objects in Sequences of Sector-Scan Sonar Images, Stuart W. Perry and Ling Guan. IEEE JOURNAL OF OCEANIC ENGINEERING, VOL. 29, NO. 3, JULY 2004.
- [5] CHALLENGES OF SEEING UNDERWATER – A VISION FOR TOMORROW, John R. Potter, Acoustic Research Laboratory, EE Department & Tropical Marine Science Inst., NUS. <http://arl.nus.edu.sg>
- [6] 3-Dshape reconstruction in an active stereo vision system using genetic algorithms. A. Dipanda., S. Woo, F. Marzani, J.M. Bilbault, Pattern Recognition 36 (2003) 2143 – 2159
- [7] A modular and scalable architecture for PC-based real-time vision systems, Judit Mart!ínez, Eva Costa, Paco Herreros, Xavi S!anchez, Ramon Baldrich. Real-Time Imaging 9 (2003) 99–112
- [8] Pattern recognition using multilayer neural-genetic algorithm, Yas Abbas Alsultanny., Musbah M. Aqel. Neurocomputing 51 (2003) 237 – 247
- [9] The construction of a Boolean competitive neural network using ideas from immunology, Leandro Nunes de Castro;, Fernando J. Von Zubena , Getulio A. de Deus Jr.b. Neurocomputing 50 (2003) 51 – 85