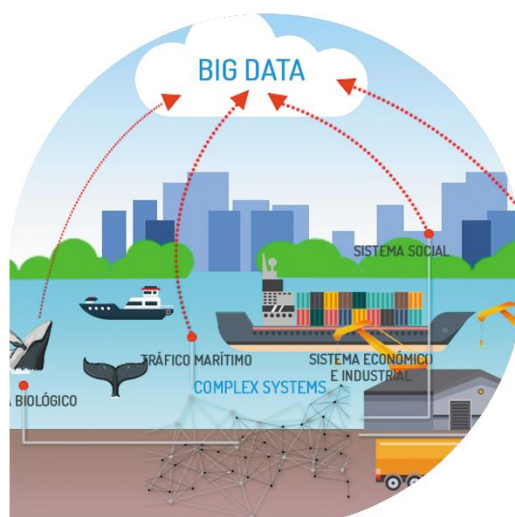




BLUE GROWTH

ENVIRONMENTAL INTELLIGENCE
MODELOS DINÁMICOS COMPLEJOS
DE EVOLUCIÓN SOCIOAMBIENTAL

INFORME DE VIGILANCIA TECNOLÓGICA
2020



Fondo Europeo de Desarrollo Regional
"Una manera de hacer Europa"



Este informe ha sido elaborado por la Asociación Empresarial de Investigación Centro Tecnológico Naval y del Mar gracias al Convenio suscrito con el Instituto de Fomento de la Región de Murcia con el apoyo del fondo FEDER.

Autores: Eduardo Madrid, Rosa Martínez, Rubén Correoso, Pedro Molina, Iván Felis, Paula Gómez y M^a Ángeles García Albaladejo

Más info: www.ctnaval.com



**Fondo Europeo
de Desarrollo
Regional**

**“Una manera de
hacer Europa”**

© CTN, 2020

Todos los derechos están reservados. Se autoriza la reproducción total o parcial de este informe con fines educacionales, divulgativos y no comerciales citando la fuente. La reproducción para otros fines está expresamente prohibida sin el permiso de los propietarios del copyright



Índice

1. Introducción.....	5
2. Metodología	6
3. Blue Growth	9
4. Estado del arte	10
4.1 Contextualización del problema: el paradigma de la Environmental Intelligence.....	11
4.2 El BigData en el medio marino	13
4.3 Sobre la diversidad y procedencia de las fuentes de datos del medio marino.....	15
4.3.1. Datos sobre tráfico marítimo	15
4.3.2. Datos sobre presencia de cetáceos	16
4.3.3. Datos sobre parámetros físico-geo-químicos del mar	17
4.4 Sobre las técnicas de homogeneización y estandarización de datos del medio marino.....	18
4.5 Técnicas de propagación acústica submarina para tráfico marítimo	20
4.6 Análisis de BigData para E.I.: "black-box based models" (data science)	22
4.7 Análisis de BigData para E.I.: "theory based models" (complex science)	26
5. Tendencias.....	30
5.1 Literatura científica	30
5.2 Proyectos	43
5.3 Noticias	48
6. Legislación y normativa	50
7. Bibliografía	51



Índice de imágenes

Ilustración 1. Finalidad de la Vigilancia Tecnológica	6
Ilustración 2. Fases de la Vigilancia Tecnológica	8



1. Introducción

Este informe, elaborado por el equipo del Centro Tecnológico Naval y del Mar, tiene como finalidad ofrecer al tejido empresarial una mejora en el conocimiento del entorno, que permita detectar tendencias y desarrollar estrategias adecuadas basadas en niveles superiores de certidumbre a través de la captación y divulgación de información y conocimiento de importancia estratégica en los ámbitos social, tecnológico y económico, que incidan en la detección de nuevas oportunidades de desarrollo regional.

Los contenidos de este informe están estrechamente relacionados con el desarrollo del proyecto *Investigación de técnicas de fusión, procesado y análisis de BigData del medio marino, que permitan crear modelos dinámicos complejos de evolución socioambiental. Aplicación al impacto acústico del tráfico marítimo en cetáceos*; financiado por el Instituto de Fomento de la Región de Murcia.

Para la realización de este informe se han aplicado técnicas de Vigilancia Tecnológica, una herramienta al servicio de las empresas y organizaciones que permite detectar oportunidades y amenazas aportándoles ventajas competitivas y fundamentos para la toma de decisiones estratégicas mediante la selección y análisis de información de diversos tipos (científica, tecnológica, comercial, de mercado, social...).

Para ello se parte de una introducción metodológica sobre las técnicas y fases de la Vigilancia Tecnológica que se han aplicado para el desarrollo del informe. A continuación, se introduce el Crecimiento Azul como estrategia europea, con el fin de dibujar un cuadro de referencia para la contextualización de los contenidos temáticos del informe. Seguidamente se realiza un análisis del estado de la técnica, proyectos y literatura científica.

Por último, se incluyen las fuentes que se han manejado para la realización de este informe.



2. Metodología

La vigilancia tecnológica se entiende como una “forma organizada, selectiva y permanente de captar información del exterior sobre tecnología, analizarla y convertirla en conocimiento para tomar decisiones con menor riesgo y poder anticiparse a los cambios”. [1] Su finalidad última es generar ventajas competitivas para la empresa ya que le proporciona datos para:



Ilustración 1. Finalidad de la Vigilancia Tecnológica

Para el desarrollo de la Vigilancia Tecnológica el primer paso es plantear los aspectos básicos [2]:

¿Cuál es el objeto de la vigilancia? ¿Qué debemos vigilar? ¿Qué información buscar? ¿Dónde localizarla?

Cuando el objetivo de la VT está claramente delimitado, se procede a planificar la estrategia de búsqueda. Para el despliegue de esta fase conviene tener en cuenta que la información puede presentarse de dos formas: estructurada y no estructurada. La primera es propia de las bases de datos, conjuntos de datos homogéneos, ordenados de una forma determinada, que se presenta en forma legible por ordenador [3]. Su unidad es el registro –o ficha de un artículo científico o una patente– que presenta la información ordenada en campos: autor, título, fecha de publicación, titular de la patente, inventores, etc. En cambio, la información no estructurada se presenta en textos sin un formato determinado (noticias de periódicos, sitios web, blogs, correos electrónicos) cuyo tratamiento requerirá de nuevas herramientas capaces de “leer” y analizar estos textos. Estas herramientas son útiles también para analizar la información de textos completos de artículos

científicos o de patentes. Hoy se considera que el texto es la mayor fuente de información y conocimiento para las empresas. [4].

Tras la selección de las palabras clave se automatiza la búsqueda en función de las diferentes tipologías de fuentes a utilizar, se lanza la misma y se filtran los resultados en términos de pertinencia, fiabilidad, relevancia, calidad y capacidad de contraste [1].

Una vez comprobada la calidad de la información, los métodos de análisis han de garantizar su valor para la explotación de los mismos [5]. El objetivo del análisis es transformar la información en bruto recogida en un producto con alto valor añadido. A partir de aquí, la aportación de los expertos es crítica para crear información avanzada, para generar conocimiento. Pasamos de una masa ingente de información en distintos formatos y lugares a una etapa en la que se captura la información más relevante, se organiza, indexa, almacena, filtra y, finalmente, con la opinión del experto que aporta en este punto del proceso un máximo valor añadido [6].

A continuación, se incluye un esquema con las distintas fases de la metodología empleada durante la generación de este informe.





OBJETIVO DE VT

En esta fase se define el objetivo concreto de la Vigilancia mediante preguntas clave y se delimita el alcance acotando parámetros cronológicos, geográficos...

ESTRATEGIA DE BÚSQUEDA

A continuación se define el listado de keywords, se genera el listado de fuentes de información así como la estrategia de automatización de las búsquedas.



BÚSQUEDA Y FILTRADO

Posteriormente se procede a obtener información y aplicar filtros de pertinencia, fiabilidad o relevancia y se organizan, clasifican y archivan los resultados.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Durante esta fase se analiza la información obtenida a nivel científico-tecnológico, estratégico y bibliométrico.



PUESTA EN VALOR

Por último, basándose en la fase anterior, los expertos extraen conclusiones y se genera el Informe de Vigilancia Tecnológica.

Ilustración 2. Fases de la Vigilancia Tecnológica



3. Blue Growth

El crecimiento azul es una estrategia a largo plazo de apoyo al crecimiento sostenible de los sectores marino y marítimo. Reconoce la importancia de los mares y océanos como motores de la economía europea por su gran potencial para la innovación y el crecimiento. Es la contribución de la Política Marítima Integrada (PMI) en la consecución de los objetivos de la Estrategia 2020 para un crecimiento inteligente, sostenible e integrador. La Estrategia consta de tres componentes:

- a) Medidas específicas de la Política Marítima Integrada
 - Conocimiento marino para mejorar el acceso a la información sobre el mar;
 - Ordenación del espacio marítimo para garantizar una gestión eficaz y sostenible de las actividades en el mar;
 - Vigilancia marítima integrada para que las autoridades tengan una mejor apreciación de lo que pasa en el mar.
- b) Estrategias de cuenca marítima que garanticen la combinación de medidas más adecuada con el fin de fomentar el crecimiento sostenible;
- c) Desarrollo de las siguientes actividades específicas:
 - Acuicultura
 - Turismo marítimo, costero y de crucero
 - Biotecnología marina
 - Energía oceánica
 - Explotación minera de los fondos marinos

El informe de vigilancia tecnológica se centra en el desarrollo de plataformas multi uso como solución a varios de los temas prioritarios marcados por la estrategia europea Blue Growth.



4. Estado del arte

Dado que la temática del presente proyecto es de reciente desarrollo, el estado del arte se plantea como una visión general de los distintos aspectos que intervienen en la aplicación práctica del paradigma de la Environmental Intelligence, enfocados al medio marino y, en particular, a la modelización y predicción del impacto acústico submarino producido por tráfico marítimo en cetáceos. No obstante, se profundiza en aquellos casos en los que se han encontrado estudios relevantes que han servido de guía para focalizar el presente proyecto.

Así, en primer lugar, se aborda el estado del arte de:

1. Contextualización del problema: el paradigma de la Environmental Intelligence

A continuación, dado que este paradigma parte de una valorización de los grandes y diversos volúmenes de datos disponibles, se aborda el estado del arte:

2. El BigData en el medio marino
3. Sobre la diversidad y procedencia de las fuentes de datos del medio marino
4. Sobre técnicas de homogeneización y estandarización de datos del medio marino

Adicionalmente, se presta especial atención a la estimación del ruido submarino proveniente de tráfico marítimo a través del siguiente estado del arte:

5. Técnicas de propagación acústica submarina para tráfico marítimo

Por último, se describe el estado del arte de dos perspectivas complementarias de abordar su análisis, cuya implementación se pretende investigar en el desarrollo del proyecto:

6. Análisis de BigData para E.I.: "black-box based models" (data science)
7. Análisis de BigData para E.I.: "theory based models" (complex science)



4.1 Contextualización del problema: el paradigma de la Environmental Intelligence

Podemos encontrar dos referencias clave en las que se impulsa y enmarca el concepto de Environmental Intelligence (en adelante, E.I.) tal como se entiende en el presente proyecto:

- NOAA: la exadministradora de NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration), la Dra. Kathryn Sullivan introdujo el concepto de E.I. en el sector gubernamental en 2016 como: información procesable (es decir, con calidad para decidir) creada mediante la recopilación (medición y/u observación), compilación, explotación y análisis de datos para caracterizar el estado del entorno en una ubicación o región espacial y temporal (pasado, presente, futuro). Así, la E.I. consistiría en llevar la información correcta sobre el medio ambiente natural a las personas adecuadas en el momento adecuado para fines que van desde la seguridad nacional hasta los beneficios sociales amplios, como las estrategias de conservación y la promoción de la sostenibilidad. Ante este paradigma, manifiesta, por un lado, la necesidad de cruzar los límites de la información aprovechando al máximo los datos que ya se han y están recopilando por parte de los distintos organismos y agencias de observación y, por otro lado, una falta de arquitectura global de la EI en órganos de gobierno existiendo, pues, una oportunidad para que la comunidad ambiental (gobierno, comercio y academia) adopte y madure la disciplina en desarrollo de la EI para mejorar la creación y entrega de información de calidad de decisión a usuarios que van desde ciudadanos individuales hasta corporaciones y gobiernos¹.
- Unión Europea: uno de los desafíos específicos de la UE en el horizonte 2020-2030 es la inteligencia ambiental (Environmental Intelligence, EI)². En concreto, impulsa la aparición de sinergias entre comunidades científicas actualmente distantes (modelización ambiental, investigación sensores, ciencias sociales, inteligencia artificial, etc.), para conducir a enfoques radicalmente novedosos que permitan crear y usar modelos dinámicos del entorno, incluyendo el modelado predictivo, su testeo y seguimiento. En última instancia, el objetivo es utilizar la fusión y análisis datos, proveniente de distintas modalidades de detección y ubicación, para construir una comprensión más

¹ T.J.Hold, Environmental Intelligence, Actionable Information for Decision Makers, Fourth Symposium on the Weather, Water, and Climate Enterprise, 2016

²<https://ec.europa.eu/info/funding-tenders/opportunities/portal/screen/opportunities/topic-details/fetproact-eic-08-2020>

profunda de las interrelaciones socioambientales mediante la prueba y validación de modelos teóricos complejos. En otras palabras, se basa en crear y utilizar modelos dinámicos de evolución ambiental que combinen, analicen e interpreten datos provenientes tanto de tecnologías de sensorización in-situ, satelitales u otras fuentes de datos ambientales, como de información del comportamiento humano, diferencias de género, etc., así como de las ciencias económicas y sociales. Este enfoque se centra en llegar a una mejor comprensión de la dinámica de interacción de los sistemas naturales y sociales; por ejemplo: en cómo las políticas y los modelos económicos predicen el impacto de los comportamientos humanos en el medio ambiente, cómo las normas sociales interactúan en la evolución y explotación del medio ambiente, cómo las decisiones basadas en cambios en el ambiente afectan a su vez en el estado del medio, y viceversa.

En el ámbito del medio marino, a pesar de que no se encuentran referencias que mencionen explícitamente la E.I., sí que encontramos importantes asociaciones y grupos de expertos internacionales que proponen un acercamiento al análisis de datos y al uso de modelos complejos similar al comentado anteriormente. De entre ellos, destacan:

- ICES (International Council for the Exploration of the Sea): ha manifestado que, a pesar de que los avances tecnológicos han permitido a los científicos marinos recopilar volúmenes de datos más grandes que nunca, la capacidad para el análisis de datos no ha progresado de manera comparable. Esta creciente discrepancia se está convirtiendo en un importante cuello de botella para el uso efectivo de los datos disponibles, así como en obstáculo para ampliar aún más la recopilación de datos. No obstante, sostienen que campos como la inteligencia artificial y el machine learning proporcionan las herramientas necesarias para resolver muchos desafíos complejos en la ciencia marina y la gestión de recursos³.
- MSFD, 2008/56/EC (Directiva Marco de la Estrategia Marina): Europa enfoca la gestión del medio ambiente marino a partir de la gestión de problemas únicos (especies, presiones, etc.) hacia una gestión más holística basada en ecosistema (Ecosystem Based Management, EBM). Así, el modelo ecológico tiene un papel clave para desempeñar dentro de la implementación de la MSFD, y debe ayudar al proceso de toma de decisiones que conduzca a medidas de gestión apropiadas e informar de nuevas políticas⁴.

³ K.Malde, N.Olav Handegard, L.Eikvil, Arnt-Børre Salberg, Machine intelligence and the data-driven future of marine science, ICES Journal of Marine Science. 2019.

⁴ Ch.P.Lynam, et al. Uses of Innovative Modeling Tools within the Implementation of the Marine Strategy Framework Directive. Frontiers in Marine Science. 2016

4.2 El BigData en el medio marino

Para monitorear el medio ambiente y garantizar la explotación sostenible de los recursos marinos, los esfuerzos extensivos de recopilación y análisis de datos forman la columna vertebral de los programas de gestión a nivel mundial, regional o nacional. Los avances tecnológicos en tecnología de sensores, plataformas autónomas y tecnología de información y comunicaciones ahora permiten a los científicos marinos recopilar datos en volúmenes más grandes que nunca⁵.

Este crecimiento desmesurado conlleva que no puedan ser capturados, almacenados, gestionados o analizados con herramientas tradicionales, y surja el término Big Data. Big Data hace referencia al conjunto de datos grandes en volumen, de diferentes formatos y fuentes (variedad de datos estructurados y no estructurados), con velocidad de crecimiento, que deben ser tratados para aportar un valor con total veracidad. Así, contar con los datos no es suficiente, la clave está en conseguirlos, saber organizarlos de forma adecuada, tener una capacidad de análisis suficientemente desarrollada para poder obtener conclusiones con respecto a los mismos y, finalmente, saber implantar ágil y eficazmente acciones apropiadas como consecuencia del análisis realizado.

En un sistema Big Data surgen nuevos términos no utilizados en las soluciones tradicionales como:

- Procesamiento distribuido: para conseguir la velocidad necesaria para analizar los datos mientras aún tengan valor, se distribuye el procesamiento en diferentes nodos de un clúster de servidores.
- Escalabilidad horizontal: un sistema Big Data tiene la capacidad de crecer horizontalmente, añadiendo nuevos nodos al clúster de procesamiento. Mientras que el crecimiento horizontal es infinito y precisa de menos recursos, el crecimiento vertical, que consiste en ampliar hardware, utilizado en sistemas no tradicionales tiene un límite.
- Tolerancia a fallos: en un clúster se distribuyen geográficamente los nodos, y se redundan los datos entre ellos. Así en caso de que caiga uno de ellos la información sigue siendo accesible.
- Bases de datos NoSQL: son bases de datos orientadas a Big Data que no guardan relación entre tablas, tienen una consistencia eventual entre nodos, contemplan la escalabilidad horizontal, permiten más flexibilidad en el esquema, y tienen una estructura distribuida, consiguen tolerancia a fallos gracias a la redundancia.

⁵ K.Malde, N.Olav Handegard, L.Eikvil, Arnt-Børre Salberg, Machine intelligence and the data-driven future of marine science, ICES Journal of Marine Science. 2019



Respecto al empleo de BigData en el medio marino cabe destacar que, en los últimos años, el tráfico marino ha ido creciendo de forma considerable⁶. Esto, sumado a los sistemas de monitorización necesarios para la navegación y monitorización de las embarcaciones, hace que los datos obtenidos hayan aumentado en igual medida. En este sentido, la necesidad de conocer los movimientos de barcos propicia que surjan proyectos como:

- ESSnet Big Data: en el que se propone un sistema de almacenamiento distribuido basado en hadoop y frameworks de su entorno⁷. Los datos AIS son preprocesados y almacenado en el clúster distribuido hadoop, después son procesados y reducidos para ser almacenados en base de datos y analizados a posteriori.
- *Big Data on Vessel Traffic: Nowcasting Trade Flows in Real Time*, donde desarrollan indicadores de actividad comercial y marítima basados en llamadas portuarias basadas en AIS⁸.
- Marine traffic: plataforma de monitorización de tráfico marino en la que se pueden observar recorridos e información de buques, puertos, información climatológica⁹.

Por otro lado, la preocupación por el cambio climático, siendo este uno de los puntos clave en Environmental Intelligence hace que surjan proyectos, y asociaciones que se conciencian en monitorizar el medio marino para poder actuar. Tanto para proteger el medio ambiente como para actuar en caso de catástrofe natural. Sobre este concepto hay iniciativas como:

- EMODnet: proporciona acceso a colecciones de datos armonizados y validados tal y como se define en la directiva MSFD¹⁰.
- Big Data OCEAN: proporciona soluciones como detección de errores en embarcaciones, mantenimiento predictivo y reducción del consumo de consumo. Seguridad marítima e investigación en energía undimotriz¹¹.

⁶ EUROSTAT. Maritime ports freight and passenger statistics. Statistics Explained (2017)

⁷ European statistical system (ESS), ESSnet Big Data: WP4 AIS data, BDES 2020 – Big Data for European Statistics, 2020

⁸ Arslanlp S. & marini M. & Tumbarello P., *Big Data on Vessel Traffic Nowcasting Trade Flows in Real Time*, IMF Working Papers, 2019

⁹ J.S.Vesecky, K.E:Laws, J.D.Paduan, *Using HF Surface wave radar and the ship Automatic Identification System (AIS) to monitor coastal vessels*, IEEE Xplore, Geoscience and Remote Sensing (IGARSS), IEEE International Symposium, 2009

¹⁰ <https://www.emodnet-chemistry.eu/welcome>

¹¹ <https://www.bigdataocean.eu/>

4.3 Sobre la diversidad y procedencia de las fuentes de datos del medio marino

A continuación, mostramos una descripción de los principales datos que vamos a trabajar en el presente proyecto, destacando su distinta tipología, clasificación y formas de obtención.

4.3.1. Datos sobre tráfico marítimo

Proporcionan información detallada sobre movimientos de embarcaciones, rutas marítimas o puertos, a una escala global. Estos datos son importantes ya que, según la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Transporte (UNCTAD)¹², más del 90% del comercio mundial se transporta por mar¹³. Esto se traduce en miles de embarcaciones navegando, en cualquier momento dado.

Principales tipologías y clasificación:

- AIS (Automatic Identification System): AIS es un sistema de rastreo automático de embarcaciones. Puertos y barcos emiten, usando distintas tecnologías, señales que contienen información sobre la identificación, localización, destino, ruta, mercancía y, en general, todos aquellos datos que pueden ser útiles en el mar¹⁴. Los datos AIS se compone de pequeñas ráfagas de datos enviados a través de VHF marino normal, pero utilizando la modulación GMSK en lugar de FM para identificar embarcaciones, su posición y telemetría. Los datos se codifican en un patrón de bits (vector de bits) para hacerlo lo más pequeño posible.
- VMS (Vessel Monitoring System): describe sistemas que se usan en la pesca comercial para permitir a las organizaciones pesqueras o medioambientales monitorizar actividades de los barcos pesqueros¹⁵. Forma parte de los programas Monitoring, Control and Surveillance (MCS)¹⁶. Este sistema es utilizado para mejorar la sostenibilidad y la gestión del entorno marino, asegurando buenas prácticas pesqueras. Los transceptores VMS generalmente utilizan una variedad de tecnologías de comunicación, AIS terrestres y satelitales y sistemas satelitales convencionales de Inmarsat, Iridium, Argos, Orbcomm o Qualcomm.

¹² <https://unctad.org/en/Pages/Home.aspx>

¹³ UNCTAD, *Review of Maritime Transport*, 2019

¹⁴ L.Zhang, M.Qiang, T.Fang, *Big AIS data based spatial-temporal analysis of ship traffic in Singapore port Waters*, ScienceDirect, 2019

¹⁵ <http://www.fao.org/fishery/vms/en>

¹⁶ J.M.Davis, *Monitoring Control Surveillance and Vessel Monitoring System Requirements to Combat IUU Fishing*, Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2000

- Datos estadísticos o estadísticas sobre transporte de mercancías, pasajeros.

Forma de obtención: se disponen de diversas fuentes, públicas y privadas de datos sobre el tráfico marítimo de las cuales enumeraremos las más reconocidas son:

- GlobalFishingWatch: Organización que recopila datos anónimos sobre pesca, AIS, etc. Proporciona datasets a priori gratuitos siempre que se sigan ciertos términos¹⁷.
- Marine Traffic: Plataforma de visualización de tráfico marítimo muy completa que funciona o por suscripción o por créditos. Dispone de api y librería para Python¹⁸. Proporcionan un receptor AIS gratuito en caso de querer aportar datos AIS¹⁹.
- AISHub: Plataforma gratuita (mientras aportemos un feed AIS en formato NMEA) para obtener datos AIS, también proporciona información de como configurar un dispatcher²⁰ AIS en múltiples plataformas incluso en raspberry pi, también facilita librerías para hacer un decodificador AIS con una tarjeta de audio e integrarlo con un dispatcher.
- VesselFinder: API para obtener datos AIS en tiempo real y formato en bruto, proporcionan una app móvil y la posibilidad de convertirse en colaborador aportando datos de un receptor AIS²¹.

4.3.2. Datos sobre presencia de cetáceos

los cetáceos son importantes para mantener la salud y estabilidad de los ecosistemas en los que se encuentran²². En la actualidad, muchas de estas especies son vulnerables o están en peligro²³. Es importante, por tanto, obtener datos de posicionamiento, movimientos o poblaciones que permitan, junto a otros datos marítimos, decidir líneas de actuación o toma de decisiones.

Principales tipologías y clasificación:

- Datos geolocalizados y, por tanto, representables en un mapa con puntos individuales que corresponden a cada cetáceo detectado.

¹⁷ <https://globalfishingwatch.org/datasets-and-code/>

¹⁸ <https://pypi.org/project/Marine-Traffic-API/>

¹⁹ <https://www.marinetraffic.com/es>

²⁰ <https://www.aishub.net/ais-dispatcher>

²¹ <https://www.vesselfinder.com>

²² Society for Conservation Biology, *Role of Cetaceans in Ecosystem Functioning*, 28th International Congress for Conservation Biology, 2017

²³ M.Grazia, A.Arcangeli, V.Prado, I.Campana, G.J.Pierce, A.Rotta, J.M.Bellido, *A spatially explicit risk assessment approach: Cetaceans and marine traffic in the Pelagos Sanctuary (Mediterranean Sea)*, PLoS ONE 12(6): e0179686, 2017

Algunos ejemplos: en Peerj²⁴ encontramos mapas de avistamientos en acumulados en largos periodos de tiempo; en Oregonstate²⁵ se presentan los datos de avistamientos por meses; en Cartophilia²⁶ se muestran avistamientos individuales por especie en el curso de varios años, obtenido mediante satélite, permitiendo identificar rutas migratorias, por ejemplo.

- También es habitual encontrar mapas de densidad, en lugar de representación individual, que permiten determinar, por ejemplo, la distribución de las distintas especies o el tamaño de las poblaciones^{27,28}.

Formas de obtención:

- Técnicas de avistamiento: analizando las ondas acústicas submarinas, mediante análisis de imágenes de satélite, usando cámaras de visión térmica²⁹, o usando radar³⁰.
- Datasets gestionados por organizaciones como: Proyecto CETUS³¹, NOAA³², OBIS-SEAMAP³³ con centenares de datasets tanto de datos de cetáceos, como de otros mamíferos marinos, catalog.data.gov³⁴.

4.3.3. Datos sobre parámetros físico-geo-químicos del mar

Se trata de todos aquellos datos sobre las características y evolución tanto de la columna de agua como del fondo y la superficie.

Principales tipologías y clasificación:

- Datos del agua: Parámetros químicos (Salinidad, Clorofila, Oxígeno, Nitrógeno, Fósforo, Nitratos, Nitritos, Amonio, DQO, Cianuros totales, Fluoruros, Iones mayoritarios), Temperatura, Plancton, Mosaicos fotográficos (estos en formato KMZ, KML, e imágenes), Transparencia, Aforos, Turbidez (FTU), pH.
- Datos de la superficie: Alturas de ola, estado de la mar, datos meteorológicos y climatológicos.

²⁴ <https://peerj.com/articles/6673/>

²⁵ <http://blogs.oregonstate.edu/gemmlab/tag/seismic-survey/>

²⁶ <https://www.1843magazine.com/content/places/anonymous/cartophilia>

²⁷ <http://seamap.env.duke.edu/models/Duke-EC-GOM-2015/>

²⁸ <http://ospar.org>

²⁹ D.Zitterbast, S.Richter, L.Kindermann, O.Boebel, Automatic detection and identification of whales using thermal and visual imaging techniques for cetacean censuses and marine mammal mitigation, Ocean Science Meeting, Honolulu, Hawaii, 2014

³⁰ M.Mingozzi, F.Salvioli, F.Serafino, X-Band Radar for Cetacean Detection (Focus on Tursiops truncatus) and Preliminary Analysis of Their Behavior, Remote Sens, 2020

³¹ <https://www.nature.com/articles/s41597-019-0187-2>

³² <https://data.noaa.gov/dataset/?tags=cetacean>

³³ <http://seamap.env.duke.edu/dataset/list>

³⁴ <https://catalog.data.gov/dataset?tags=cetacean+assessment+and+ecology+program>



- Datos de fondo: Batimetrías (pueden obtenerse mediante fotogrametría, mediante laser o por teledetección) y propiedades del fondo y del subfondo (que pueden obtenerse con sónares de barrido lateral)

Formas de obtención:

- BCO-DMO³⁵: Proyectos, publicaciones y datasets biológicos y químicos oceanográficos.
- Data.world³⁶: Catálogo de datos abiertos, entre ellos parámetros marítimos.
- Metocean³⁷: Api para obtener parámetros climatológicos de la superficie marina. Tiene versión gratuita hasta 2000 peticiones al mes. También da la oportunidad de convertirse en desarrollador y beta tester.

Un trabajo de recopilación de fuentes de bases de datos importante puede encontrarse en GitHub^{38,39}, que cubren múltiples ecosistemas y escalas espaciotemporales, con más de 100 accesos a bases de datos gratuitas.

4.4 Sobre las técnicas de homogeneización y estandarización de datos del medio marino

La problemática general en la homogeneización de los datos del medio marino viene dada por la necesidad de representar fenómenos de distinta índole.

A un nivel más detallado, se pueden definir problemáticas más concretas:

- Datos espaciales y no espaciales: La mayoría de los datos que se pretende homogeneizar tienen una referencia geoespacial pero, en ocasiones, se pueden encontrar datos que, sin estar georreferenciados, se puedan asociar geográficamente, como podrían ser datos referidos a un país o región.
- Datos en los que ambas dimensiones, espacio y tiempo, no coinciden: Puede suceder que, en el estudio de diversos fenómenos acaecidos en la misma localización física, dichos fenómenos se sitúen en

³⁵ <https://www.bco-dmo.org/>

³⁶ <https://data.world/datasets/salinity>

³⁷ <https://www.metocean.co.nz/apis>

³⁸ https://github.com/rockita/Environmental_Intelligence

³⁹ <https://www.turing.ac.uk/research/research-programmes/finance-and-economics/programme-articles/how-data-science-can-help-measure-innovation-economy>

momentos temporales distintos, impidiendo establecer una relación entre ellos.

- Dimensión espacial – Componente vertical: La gran mayoría de los datos disponen de la información espacial relativa a sus coordenadas, longitud y latitud. Pero en el entorno marino puede ser importante conocer la altitud (o profundidad). Por ejemplo, distinguir entre superficie y fondo marinos.
- Dimensión espacial.

A pesar de que existen ámbitos de trabajo específicos que utilizan distintas fuentes de datos del medio marino, como ocurre en la Planificación Marítima Espacial (MSP), existe una carencia de estandarización de los mismos. Para intentar paliar este problema surgen las siguientes iniciativas:

- Directiva Europea 2007/2/EC INSPIRE (Maritime Spatial Planning Supported by Infrastructure for Spatial Information in Europe)⁴⁰.
- Principios FAIR (Findability, Accessibility, Interoperability, and Reuse): disponibilidad, accesibilidad, operatividad y reuso de los datos⁴¹.

Para los ámbitos de trabajo del presente proyecto, mostramos a continuación las problemáticas concretas y estrategias que se están desarrollando para su estandarización:

- Datos de tráfico marítimo: la estandarización sobre este tipo de datos no está centralizada, pero existen organizaciones que definen sus recomendaciones y requisitos: IMO⁴² tiene en cuenta las siguientes convenciones, regulaciones y guías (IMO resolution MSC.90(73) Annex 7, Adoption of amendments to the International Convention for the Safety of Life at Sea, 1974, as amended; IMO resolution MSC.74(69) Annex 3, Recommendation on performance standards for AIS), IALA⁴³, ITU⁴⁴.
- Datos de presencia de cetáceos: independientemente de su forma de obtención (señales acústicas, cámaras, satélite, etc.) son bastante homogéneos, es decir, en la mayoría de los sets de datos revisados, un dato básico contiene la referencia espaciotemporal (coordenadas y fecha del avistamiento), así como la especie de cetáceo⁴⁵. A partir de

⁴⁰ A.Abramic, E.Bigagli, V.Barale, M.Assouline, A.Lorenzo-Alonso, C.Norton. Maritime spatial planning supported by infrastructure for spatial information in Europe (INSPIRE), Ocean & Coastal Management, Volume 152 (2018)

⁴¹ FAIR Data in Trustworthy Data Repositories Webinar (DANS/EUDAT/OpenAIRE Webinar - Dec. 2016)

⁴² IMO. Guidelines for the installation of a shipborne automatic identification system, AIS (2007)

⁴³ <https://www.iala-aism.org/product-category/publications/recommendations/>

⁴⁴ IUT-R, M.1371-5. Características técnicas de un sistema de identificación automático mediante acceso múltiple por división en el tiempo en la banda de frecuencias de ondas métricas del servicio móvil marítimo (2014).

⁴⁵ S.K.Pikesley, M.J.Witt, T.Hardy, B.J.Godley, *Cetacean sightings and strandings: Evidence for spatial and temporal trends?*, Journal of the Marine Biological Association of the UK, 2013



ahí, y dependiendo de la profundidad y naturaleza del estudio realizado, se pueden encontrar datos adicionales como: ¿El cetáceo va en grupo? Sí / No; Número de individuos del grupo; Parámetros individuales (edad, sexo, etc.), etc. Por esta homogeneidad en cuanto a la estructura básica de los datos, así como por lo específico de la materia, no se hace tan necesario establecer estándares que regulen cómo se han de definir estos datos.

- Datos de parámetros fisicoquímicos del agua: la Comisión Oceanográfica Intergubernamental (IOC), promueve la coordinación necesaria para asegurar la comparabilidad de las mediciones oceanográficas. En particular, la IOC ha desarrollado estándares químicos y sobre materiales de referencia para estas mediciones en el mar^{46,47}. La IOC también ha publicado recomendaciones para la adopción de normas ISO concretas (ISO 8601, ISO 3166-1 e ISO 3166-3)^{48,49}. En el siguiente artículo se recoge la trayectoria y visión general de IOC para la estandarización de los datos de parámetros oceanográficos⁵⁰.

4.5 Técnicas de propagación acústica submarina para tráfico marítimo

El ruido submarino merece especial atención en el presente proyecto pues la relación y el consiguiente impacto del tráfico marítimo con los cetáceos se produce, principalmente, por compartir bandas frecuenciales. Las embarcaciones emiten sonido en baja frecuencia, que la MSFD estima relevantes en 63 y 125 Hz pero que, en última instancia, se trata de un ruido de ancho de banda⁵¹; los cetáceos utilizan las señales acústicas tanto para comunicarse como para ecolocalización en rangos que pueden abarcar desde 10 Hz hasta 100 kHz según la especie⁵².

Entonces, el conocimiento de la posición de las embarcaciones en función del espacio y del tiempo puede traducirse en un estudio de propagación acústico donde se pormenorice la presión que está ejerciendo dicha embarcación a su alrededor. Dicha presión dependerá, en última instancia de los parámetros geo-físico-químicos del agua que condicionarán la transmisión del sonido bajo el agua.

⁴⁶ Intergovernmental Oceanographic Commission, *IOC/2010/MG/54*, 2011

⁴⁷ Intergovernmental Oceanographic Commission, *IOC Criteria and Guidelines on Transfer of Marine technology (CGTMT)*, 2005

⁴⁸ IODE, *Data Buoy Cooperation panel data Users and Technology Workshop*, JCOMM-MR-040, OPA_DBCP_meeting_DUTW_01, 2006

⁴⁹ UNESCO, *Recommendation to Adopt ISO 3166-1 and 3166-3 Country Codes as the Standard for Identifying Countries in Oceanographic Data Exchange*, 2010

⁵⁰ A.G.Dickson, *Standards for ocean measurements*, *Oceanography* 23(3):34-47, 2010

⁵¹ D. Ross. *Mechanics of Underwater Noise* (Pergamon, New York), pp. 272-287. 1976.

⁵² L. S. Sayigh, «Cetacean acoustic Communication» (chapter), *Biocommunication of Animals* (Springer, New York), pp. 275-297. 2013.

Una revisión completa del estado del arte sobre técnicas de modelización de la propagación acústica submarina puede encontrarse en la memoria de BigWeb2, así como en los entregables asociados. En ellos, se explican las distintas técnicas (Teoría de rayos, modos normales, ecuación parabólica, integración del número de onda y diferencias finitas) así como los principales algoritmos para su implementación. Adicionalmente, una guía a tener en cuenta en la elección del modelo apropiado en cada caso se ha publicado recientemente en un informe⁵³ dentro del proyecto de la Unión Europea titulado *Impacts of Noise and Use of Propagation Models to Predict the Recipient Side of Noise*⁵⁴, en el que se recoge el estado del arte detallado de los modelos de propagación existentes. Además, una recopilación de modelos de libre acceso puede encontrarse online en la página web *Ocean Acoustics Library*⁵⁵. Por otro lado, conviene remarcar que prácticamente todos estos algoritmos están disponibles para uso público de forma gratuita.

No obstante, todos los modelos comentados fundamentan su cálculo en que la fuente es puntual, es decir, está situada en un único punto del espacio, en un tiempo dado. Entonces, para conocer la presión ejercida por una embarcación a lo largo del tiempo deben ejecutarse, a priori, tantos modelos como posiciones individuales se quiera considerar de su trayectoria. Dado que los modelos de propagación suelen requerir de un cierto coste computacional, la implementación práctica de los mismos para un caso real con un elevado número de embarcaciones evolucionando en el tiempo es inviable para los propósitos que se pretenden en el presente proyecto. Para ello, existen modelos simplificados⁵⁶ que, a pesar de ofrecer un menor grado de exactitud, su resolución es mucho más ágil, permitiendo incluso la parametrización de los cálculos cuando el número de puntos a simular es grande. La aplicación de unos métodos u otros depende de las características de la propagación (aguas someras o profundas, rango de frecuencias, etc.).

Además, existen modelos de propagación acústica submarina que abordan el problema de la radiación acústica de embarcaciones mediante técnicas específicas⁵⁷, las cuales ofrecen también un importante grado de mejora computacional respecto de las técnicas clásicas.

⁵³ L. Wang, et al., «Review of underwater acoustic propagation models», 2014

⁵⁴ ENV.D.2/FRA/2012/0025: Impacts of noise and use of propagation models to predict the recipient side of noise.

⁵⁵ <http://oalib.hlsresearch.com/> (Consultado últ. vez: 27/02/2019).

⁵⁶ R.J. Urick, *Principles of underwater sound (3rd edition) Chapters 5 & 6*. 1983.

⁵⁷ H.O. Sertlek et al. «Mapping underwater sound in the Dutch Part of the North Sea» (chapter). *The effects of noise on aquatic life II* (Springer, New York).



4.6 Análisis de BigData para E.I.: “black-box based models” (data science)

Toda esta creciente disponibilidad de conjuntos de datos grandes y complejos de diversas fuentes, como el monitoreo ambiental, la teledetección satelital, modelado climático, medios sociales y contribuciones de la ciencia ciudadana, presenta una oportunidad excepcional para transformar nuestra comprensión tanto de los efectos del cambio ambiental como de nuestro poder transformador del planeta. Así, el Big Data brinda nuevas oportunidades para el descubrimiento basado en datos, pero también requiere nuevas formas de procesamiento de información, almacenamiento, recuperación y análisis.

Dentro del ámbito de la ciencia de datos, existen una serie de técnicas que son útiles para abordar el problema en cuestión. En relación con la tipología de datos a tratar en el presente proyecto, destacan:

- Las técnicas de aprendizaje automático o Machine Learning (M.L.), un subdominio de inteligencia artificial (A.I.), se refiere en general a algoritmos informáticos que pueden aprender automáticamente de los datos. El M.L. puede ayudar a desbloquear el poder de Big Data si se integra adecuadamente con el análisis de datos. En el aprendizaje supervisado, el análisis de los datos se realiza conociendo el resultado que deben proporcionar, mientras que, en el aprendizaje no supervisado, se parte del desconocimiento de los datos y el objetivo es la identificación de la estructura de los datos^{58,59,60}. Dentro de este conjunto de técnicas encontramos algoritmos con distinto grado de utilización según el problema en cuestión, pero conviene citar los modelos probabilísticos basados en estadística bayesiana y modelos de agrupamiento.
- Los algoritmos de aprendizaje profundo (Deep Learning) que, recientemente, se ha convertido en un marco de referencia para un amplio número de problemas de aprendizaje automático, son capaces de extraer características jerárquicas de los datos, con un mejor rendimiento predictivo y menos intervención humana, siendo especialmente útiles cuando el problema que se requiere analizar dispone de un extenso conjunto de datos⁶¹.

⁵⁸ E. Alpaydin, Introduction to Machine Learning, 2nd Edition ed., London, England: The MIT Press, 2010.

⁵⁹ S. Haykin, Neural Networks and Learning Machines, 3rd Edition ed., Ontario, Canada: Prentice Hall. Pearson, 2009.

⁶⁰ D. Vinan, «Implementation of Classification Techniques of Database Memory Systems: Decision Trees,» 2018.

⁶¹ Y. LeCun, Y. Bengio y G. Hinton, «Deep Learning,» Nature, vol. 521, pp. 436-444, 2015.

- Las redes neuronales recurrentes (RNN) destacan como una de las técnicas más empleadas en cuanto a predicción de series temporales^{62,63}.

Una gran cantidad de aplicaciones en Big Data y M.L. ya han aparecido en la literatura en los últimos años. En el ámbito medioambiental, se pueden encontrar monografías que examinan el potencial y los beneficios de la investigación basada en datos, dan una sinopsis de los conceptos y enfoques clave en Big Data y M.L., proporcionan una revisión sistemática de las aplicaciones actuales y se discuten los principales problemas y desafíos y recomiendan futuras direcciones de investigación⁶⁴.

Otras aplicaciones de las técnicas de aprendizaje automático al medio marino son: utilización de redes neuronales convolucionales (CNN) como herramienta para gestionar los stocks marinos e identificar especies diferentes de peces con un alto grado de precisión⁶⁵; análisis de datos de ecosondas multifrecuencia explotando el potencial de las CNN mediante el desarrollo de nuevas soluciones para clasificación, localización y visión por ordenador enfocado a la acuicultura y pesquerías, en el contexto del proyecto del proyecto COGMAR^{66,67}; y la aplicación del aprendizaje automático y profundo en diversos estudios relacionados con la detección y clasificación de eventos meteorológicos o evaluación del aumento del nivel del agua y la exposición a inundaciones^{68,69,70,71}.

Para los ámbitos de trabajo específicos del presente proyecto, mostramos a continuación los trabajos realizados en cada uno de ellos:

- Datos de tráfico marítimo: se están desarrollando números estudios enfocados en esta línea que se apoyan en las técnicas de aprendizaje automático y profundo, así como también en los sistemas AIS y por

⁶² Y. B. J. Chung, «A recurrent Latent variable model for sequential data,» *Advances in neural information processing systems*, pp. 2980-2988, 2015.

⁶³ O. W. M. Fraccaro, «Sequential Neural Models with Stochastic Layers,» *Advances in Neural Information Processing Systems*, pp. 2199-2207, 2016.

⁶⁴ A.Y.Sun, B.R.Scanlon. How can Big Data and machine learning benefit environment and water management: a survey of methods, applications, and future directions. *Environmental Research Letters* Volume 14, Number 7, 2019.

⁶⁵ V. Allken, et al. «Fish species identification using convolutional neural network trained on synthetic data».

⁶⁶ <https://www.nr.no/en/projects/cogmar-ubiquitous-cognitive-computer-vision-marine-services>

⁶⁷ O. Brautaset, et al. «Acoustic classification in multifrequency echosounder data using deep convolutional neural networks,» *ICES Journal of Marine Science*, 2020.

⁶⁸ J. Kuhner, «Automating the Detection of Precipitation and Wind Characteristics in Navy Ocean Acoustic Data,» *OCEANS 2018 MTS/IEEE Charleston*, pp. 1-7, 2018.

⁶⁹ D. B. Gesh, «Best Practices for Elevation-based Assessments of Sea-Level Rise and Coastal Flooding Exposure,» *Frontiers in Earth Science*, vol. 6, p. 230, 2018.

⁷⁰ F. Martínez Álvarez y D. T. Bui, «Advanced Machine Learning and Big Data Analytics in Remote Sensing for Natural Hazards Management,» *Remote Sensing*, 2020.

⁷¹ X. Shang, et al. «Data Field-based K-Means clustering for Spatio-Temporal Seismicity Analysis and Hazard Assessment,» *Remote Sensing*, vol. 10, n° 3, p. 461, 2018.



satélite que, como hemos visto, proporcionan información de la posición en las que se encuentran las embarcaciones. Entre estos destacan los siguientes estudios:

- Modelo de predicción de tráfico mediante los conocidos Stacked-Autoencoder, con el que se consigue una buena aproximación a la predicción del tráfico marítimo mediante una correlación espaciotemporal de los datos de tráfico no-lineal⁷².
 - Método para predecir la posición de las embarcaciones basado en el algoritmo de Bayes y técnicas de agrupamiento, como los K-vecinos más cercanos (KNN)⁷³.
 - Uso de un tipo de red neuronal recurrente, la LSTM (Long Short-Term Memory) para la predicción del tráfico debido a su capacidad para lidiar con la correlación entre series temporales tanto a corto plazo como a largo plazo⁷⁴.
 - Empleo de las redes neuronales recurrentes para la monitorización de buques mediante datos AIS prediciendo tanto las trayectorias como la detección de anomalías en la trayectoria de las embarcaciones⁷⁵.
 - Predicción del número de embarcaciones en base a datos AIS en el que, además, se realiza una comparación entre diferentes algoritmos de aprendizaje automático⁷⁶.
- Datos de presencia de cetáceos: determinar su distribución es un trabajo que aún no se ha desarrollado en exceso^{77,78,79}. Algunos autores han abordado este objetivo mediante la identificación visual o mediante modelos matemáticos predictivos⁸⁰. Sin embargo, gran parte de los estudios recientes se centran en la estimación de la abundancia y distribución de especies debido al gran interés que esto supone para la planificación marítimo espacial (MSP) y para la conservación del ecosistema. Podemos destacar los siguientes estudios:

⁷² Y. Lv, et al. «Traffic Flow Prediction with Big Data: A Deep Learning Approach,» *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, vol. 16, nº 2, pp. 865-873, 2015.

⁷³ F. Mazzarella, V. Fernandez Arguedas y M. Vespe, «Knowledge-based vessel position prediction using historical AIS data,» *2015 Sensor Data Fusion: Trends, Solutions, Applications (SDF)*, pp. 1-6, 2015.

⁷⁴ Z. Zhao, et al., «LSTM network: A deep learning approach for short-term traffic forecast,» *IET Intelligent Transport Systems*, vol. 11, nº 2, pp. 68-75, 2017.

⁷⁵ D. Nguyen, et al. «A Multi-task deep learning architecture for Maritime Surveillance using AIS Data Streams,» *IEEE 5th International Conference on Data Science and Advanced Analytics*, vol. 1, pp. 331-340, 2018.

⁷⁶ S. Lechtenberg, D. de Siquiera Braga y B. Hellingrath, «Automatic identification system (AIS) data based ship-supply forecasting,» de *Proceedings of the Hamburg International Conference of Logistics (HICL)*, vol. 28, Digital Transformation in Maritime and City Logistics: Smart Solutions for Logistics, 2019, pp. 3-24.

⁷⁷ G. Hays, et al. «Key questions in marine megafauna movement ecology,» *Trends Ecol Evol*, pp. 463-475, 2016.

⁷⁸ C. MacLeod, «Global Climate change, range changes and potential implications for the conservation of marine cetaceans: a review and synthesis,» *Endanger Species Res*, pp. 125-136, 2009.

⁷⁹ S. Nicol, et al. «Ocean circulation of east Antarctica effects ecosystem structure and ice extent,» *Nature*, pp. 504-507, 2000.

⁸⁰ M. Tobeña, et al. «Modeling the potential distribution and richness of cetaceans in the Azores from fisheries observer program data,» *Frontiers in Marine Science*, vol. 3, nº 202, pp. 1-19, 2016.

- Modelización espacial y estimación de abundancia mediante una aproximación novedosa a través de modelos generalizados aditivos (GAM), un modelo de que combina la información obtenida mediante diferentes métodos para la obtención de un único índice de densidad para la región del Mediterráneo⁸¹.
 - Distribución de cetáceos mediante algoritmos de agrupamiento que incluyen dos métodos bayesianos y de análisis de componentes principales discriminantes⁸².
 - Mapas de distribución de cetáceos donde se hacen uso de funciones de detección para estimar las variaciones en el área cubierta y desarrollan modelos de distribución de especies (SDM), destacando los modelos lineales generalizados y los aditivos generalizados (GLM y GAM, respectivamente)⁸³.
- Adicionalmente, se han encontrado estudios que abordan la relación existente entre la distribución de cetáceos y el tráfico marítimo o parámetros del agua, ambos datos con los que se va a trabajar en el presente proyecto. Destacan los siguientes estudios recientes:
 - Impacto que el tráfico marítimo produce sobre los cetáceos en la región de Madeira⁸⁴.
 - Revisión de los efectos del ruido que producen las embarcaciones sobre los mamíferos, donde se encuentran una serie de vacíos analíticos que deben de ser cubiertos⁸⁵.
 - Relación entre la distribución de cetáceos y la variación de las temperaturas en diferentes zonas de California en el que concluyen la estrecha relación existente entre la distribución de poblaciones de cetáceos y el cambio de temperatura en los océanos⁸⁶.
 - Relación entre cetáceos y parámetros medioambientales mediante el uso de modelos aditivos generalizados⁸⁷.

⁸¹ A. Cañadas, et al. «The challenge of habitat modelling for threatened low density species using heterogeneous data: The case of Cuvier's beaked whales in the Mediterranean,» *Ecological Indicators*, vol. 85, pp. 128-136, 2017.

⁸² M. Nykänen, et al. «Fine-scale population structure and connectivity of bottlenose dolphins, *Tursiops truncatus*, in European waters and implications for conservation,» *Aquatic C*

⁸³ J. J. Waggitt, et al. «Distribution maps of cetacean and seabird populations in the North-East Atlantic,» *Journal of Applied Ecology*, vol. 57, nº 2, pp. 253-269, 2019.

⁸⁴ L. Freitas, et al. «Marine traffic and potential impacts towards cetaceans within the Madeira EEZ,» *Journal of Cetacean Research and Management*, vol. 16, pp. 17-28, 2017.

⁸⁵ C. Erbe, S. A. Marley, R. P. Schoeman, J. N. Smith, L. E. Trigg y C. B. Embling, «The effects of ship noise on marine mammals - A review,» *Frontiers in Marine Science*, vol. 6, nº 606, 2019.

⁸⁶ E. A. Becker, K. A. Forney, J. V. Redfern, J. Barlow, M. G. Jacox, J. J. Roberts y D. M. Palacios, «Predicting cetacean abundance and distribution in a changing climate,» *Diversity and Distributions*, vol. 25, nº 4, pp. 626-643, 2019.

⁸⁷ M. Basso, J. Acevedo, E. R. Secchi, A. Aguayo-Lobo, L. Dalla Rosa, D. Torres, M. C. Santos y A. F. Azevedo, «Cetacean distribution in relation to environmental parameters between Drake Passage and Northern Antarctic Peninsula,» *Polar Biology*, vol. 43, nº 1, pp. 1-15, 2020.



Con todo, aunque a priori, no parece haber ningún estudio en el que se relacione la predicción de cetáceos, con la predicción del tráfico y las variables medioambientales y el impacto de todos ellos entre sí y con el medio, se parte de un bagaje previo que permite avanzar en el conocimiento del impacto de ruido submarino del tráfico marítimo en los cetáceos.

4.7 Análisis de BigData para E.I.: “theory based models” (complex science)

A pesar de los avances en ciencia de datos en el análisis de BigData, existen preocupaciones sobre si varios conjuntos de datos pueden transmitirse (a quienes más los necesitan), ingerirse y almacenarse de manera oportuna, segura y rentable para aprovechar la información incorporada en los datos, y si se derivan nuevas formas de información. En el lado de la A.I., algunas dudas y preocupaciones persistentes son⁸⁸:

- Si el campo de la A.I. está atascado en la resolución de los problemas de A.I. estrecha (es decir, el tipo de asociación) y si alguna vez pueden alcanzar capacidades cognitivas y de razonamiento causal a nivel humano (la mayoría de las máquinas de aprendizaje actuales realizan el llamado aprendizaje de tipo asociación al buscar regularidades en las observaciones).
- Si la comunidad científica dominante, profundamente enraizada con el razonamiento causal basado en procesos y las consultas, será más receptiva a los resultados de los métodos de A.I. que a menudo se perciben como cajas negras.
- Si la generación joven de investigadores debería dejarse llevar por saber cómo usar las herramientas de A.I., a expensas de comprender los descubrimientos y conocer las causas.

Estos desafíos se pueden resumir, de forma sencilla, con la pregunta: “¿Qué puede aportar la ciencia de sistemas complejos a Big Data?”, pero dicha pregunta se puede revertir y llevar a un nivel superior de abstracción preguntándonos: “¿Qué conocimiento se puede extraer de Big Data?”. Estos aspectos constituyen la motivación de distintos estudios⁹⁹, que presentan avances interdisciplinarios en el área de Big Data por metodologías y enfoques típicos de la Ciencia de Sistemas Complejos, Ciencia de Sistemas No Lineales y Física Estadística.

⁸⁸ A.Carbonea, M.Jensenb y Aki-Hiro Satoc. Challenges in data science: a complex systems perspective. Chaos, Solitons & Fractals. Volume 90, September 2016

La teoría de sistemas complejos es una ciencia interdisciplinaria relativamente joven que surgió de la necesidad de analizar sistemas formados por muchas partes distintas como un todo (donde la información de importancia crítica reside en las relaciones entre las partes y no necesariamente dentro de las partes mismas). En este sentido, ocupa el espacio que dejan los dos paradigmas tradicionales que consideran los sistemas compuestos por elementos completamente independientes o, por el otro lado, por elementos completamente correlacionados. Los sistemas complejos son redes compuestas por elementos que interactúan entre sí de forma habitualmente no lineal, y que pueden surgir y evolucionar a través del fenómeno de autoorganización, tales que no son ni completamente aleatorios ni perfectamente ordenados, permitiendo el desarrollo de comportamientos emergentes a escalas macroscópicas⁸⁹. Sistemas tan distintos como el cerebro, Internet, los ecosistemas, el clima o las sociedades y mercados humanos comparten estas características.

Existen más de 45 centros de investigación especializados en sistemas complejos alrededor del mundo⁹⁰, siendo el Instituto de Santa Fe de estudios complejos el primero en fundarse, en 1984⁹¹, entre cuyos miembros se encontraban varios premios Nobel: Gell-Mann y Anderson (física), Kenneth Arrow (economía).

Un ejemplo de la vasta aplicabilidad de la ciencia de la complejidad la encontramos en las líneas de investigación del *New England Complex Systems Institute*: evolución⁹², ecología y biodiversidad⁹³, altruismo⁹⁴, biología de sistemas y celular⁹⁵, sanidad⁹⁶, ingeniería de sistemas⁹⁷, negociación⁹⁸, conflictos militares⁹⁹ y violencia étnica¹⁰⁰, entre otras, son estudiadas mediante las teorías de redes, sistemas dinámicos y caos, modelado basado en agente, análisis multiescala, etc.¹⁰¹.

⁸⁹ H. Sayama, *Introduction to the Modeling and Analysis of Complex Systems*, New York: Open SUNY Textbooks, 2015.

⁹⁰ http://evodevouniverse.com/wiki/Top_complexity_organizations

⁹¹ <https://www.santafe.edu/>

⁹² Y. J. Werfel, «Programmed death is favored by natural selection in spatial systems,» *Physical Review Letters* 114: 238103 (2015), doi: 10.1103/PhysRevLett.114.238103, vol. 114, n° 23, 2015.

⁹³ Y. Erik, M. Rauch, «Theory predicts the uneven distribution of genetic diversity within species,» *Nature*, vol. 431, pp. 449-452, 2004.

⁹⁴ J. R. Michael J. Wade, «Multilevel and kin selection in a connected world,» *Nature*, vol. 463, 2010.

⁹⁵ B. d. Bivort, S. Huang y Y. Bar-Yam, «Recovering Population Parameters from a Single Gene: An Unbiased Estimator of the Growth Rate,» *Molecular Biology and Evolution*, vol. 28, n° 5, pp. 1617-1631, 2010.

⁹⁶ Y. Bar-Yam, et al. «A complex systems science approach to healthcare costs and quality,» de *Handbook of Systems and Complexity in Health*, Springer, 2013, pp. 855-877.

⁹⁷ D. Braha, A. A. Minai y Y. Bar-Yam, *Complex Engineered Systems*, Springer, 2006.

⁹⁸ M. Klein, et al. «Negotiating Complex Contracts,» *Group Decision and Negotiation*, vol. 12, pp. 111-125, 2003

⁹⁹ Y. Bar-Yam, M. Lagi y Y. Bar-Yam, «South African Riots: Repercussion of the Global Food Crisis and US Drought,» 2013

¹⁰⁰ M. Lim, R. Metzler y Y. Bar-Yam, «Global Pattern Formation and Ethnic/Cultural Violence,» *Science*, vol. 317, pp. 1540-1544, 2007

¹⁰¹ <https://necsi.edu/>



En el ámbito nacional, encontramos grupos de investigación en sistemas complejos. Por ejemplo, en la Universidad de Barcelona está el Complexity Lab (ClabB)¹⁰² y el Instituto Universitario de Investigación de Biocomputación y Física de Sistemas Complejos (BIFI)¹⁰³, que estudian temas desde redes socioeconómicas¹⁰⁴, epidemiología¹⁰⁵, comportamiento humano y toma de decisiones¹⁰⁶, movilidad humana¹⁰⁷, hasta el sistema de producción y organización de comida en el imperio Romano¹⁰⁸.

Más que estudiar los componentes del sistema en sí, la ciencia de sistemas complejos estudia cómo se relacionan los componentes de un sistema entre sí, de ahí su enorme rango de aplicabilidad. La realidad es que hoy en día la ciencia de la complejidad puede considerarse más bien como un paradigma de hacer ciencia, aplicable a multitud de ramas de la ciencia, como se ha mencionado previamente, que como un campo independiente (aunque, en cierta manera, aun lo sigue siendo dado su ruptura conceptual respecto a la evolución del resto de disciplinas científicas), debido en gran parte a la actual deriva hacia la ciencia del Big Data. Y es que ya no resulta tan fructuoso trabajar con modelos simples de sistemas de los que emerjan comportamientos complejos (como, por ejemplo, la ecuación logística) como explorar realmente qué nos pueden decir los datos reales que nos rodean. Este enfoque se alinea a las necesidades planteadas por el paradigma de la E.I., de modo que la ciencia de los sistemas complejos puede ofrecer un marco de trabajo para modelizar los sistemas socioambientales en general y, en particular, los relativos al medio marino.

En cuanto a la aplicación de la ciencia de sistemas complejos al análisis de los datos de interés del presente proyecto, destacamos:

Respecto al ámbito del tráfico marítimo, destaca el estudio de la red de transporte marítima de bienes mundial, que constituye un 90% del comercio global, como una red compleja multicapa. En este contexto,

¹⁰² <http://complex.ffn.ub.es/index.php>

¹⁰³ <https://www.unizar.es/estructura/institutos-universitarios-de-investigacion-propios/instituto-universitario-de-1>

¹⁰⁴ G. García-Pérez, et al., «The hidden hyperbolic geometry of international trade: World Trade Atlas 1870-2013,» *Scientific Reports*, 2016.

¹⁰⁵ M. Boguñá, C. Castellano y R. Pastor-Satorras, «Nature of the Epidemic Threshold for the Susceptible-Infected-Susceptible Dynamics in Networks,» *Physical Review Letters*, vol. 111, 2013

¹⁰⁶ M. Gutiérrez-Roig, et al., «Transition from reciprocal cooperation to persistent behaviour in social dilemmas at the end of adolescence,» *Nature Communications*, vol. 5, 2014.

¹⁰⁷ O. Sagarra, et al., «Supersampling and Network Reconstruction of Urban Mobility,» *PLoS ONE*, vol. 10, nº 8, 2015.

¹⁰⁸ L. Prignano, I. Morer y A. Díaz-Guilera, «Wiring the Past: A Network Science Perspective on the Challenge of Archeological Similarity Networks,» *Frontiers in Digital Humanities*, 2017.

¹⁰⁹ utilizando datos AIS de más de 16000 embarcaciones, identifican los puertos como nodos de una red que presenta características únicas tanto a pequeña como a gran escala. Similarmente,¹¹⁰ analizan la red de tráfico marítimo global con técnicas de redes, pudiendo deducir un grado de robustez en la red global. Por otro lado, ¹¹¹ estudian la dependencia de los análisis de redes marítimas con los intervalos temporales utilizados, definiendo un intervalo temporal variable (granulado variable). En otro artículo interesante¹¹² un modelo de autómatas celulares (uno de los modelos de sistemas complejos más populares) es aplicado para tratar el problema de la congestión de las rutas marítimas. En esta línea se enmarca el artículo de¹¹³ en el que implementan un modelo probabilístico basado en simulación multi-agente apoyado por datos AIS en dos zonas (Holanda y China).

- Respecto al estudio de cetáceos y su interacción con el tráfico marítimo se han hecho algunos trabajos, de los cuales destacaría los realizados en el estuario St. Lawrence de Canadá^{114,115}, en los que utilizaron un software de simulación multi-agente aplicado a cetáceos y embarcaciones para asistir en la administración de las actividades humanas en el estuario. Por otro lado, aunque no parecen utilizar técnicas asociadas con la ciencia de sistemas complejos, también se encuentran estudios¹¹⁶ que abordan la relación entre el tráfico marítimo y las colisiones entre cetáceos y buques en las Islas Canarias. Otros estudios similares¹¹⁷ llevados a cabo en el Mediterráneo estudian la relación entre abundancia de cetáceos y densidad naval, así como una evaluación explícita espacial de riesgo aplicada a los cetáceos y el tráfico marino en el santuario marino Pelagos¹¹⁸.

¹⁰⁹ P. K. A. Kaluza, M. T. Gastner y B. Blasius, «The complex network of global cargo ship movements», *Journal of the Royal Society Interface*, vol. 7, 2010.

¹¹⁰ C. Ducruet y T. Notteboom, «The worldwide maritime network of container shipping: spatial structure and regional dynamics», *Global Networks*, vol. 12, pp. 395-423, 2012.

¹¹¹ F. Guinand y Y. Pigné, «Time considerations for the study of complex maritime networks», *HAL*, 2019.

¹¹² L. Qi, Z. Zheng y L. Gang, «A cellular automaton model for ship traffic flow in waterways», *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, pp. 705-717, 2016.

¹¹³ X. Fangliang, H. Ligteringen, C. van Gulijk y B. Ale, «Comparison study on AIS data of ship traffic behavior», *Ocean Engineering*, vol. 95, pp. 84-93, 2015.

¹¹⁴ S. M. Anwar, C. A. Jeanneret, L. Parrott y D. J. Marceau, «Conceptualization and implementation of a multi-agent model to simulate whale-watching tours in the St. Lawrence Estuary in Quebec, Canada», *Environmental Modelling & Software*, vol. 22, pp. 1775-1787, 2007.

¹¹⁵ L. Parrot, «3MTSim: An agent-based model of marine mammals and maritime traffic to assist management of human activities in the Saint Lawrence Estuary, Canada», de *Scientific Committee of the International Whaling Commission 62nd Annual Meeting*, Marruecos, 2010.

¹¹⁶ J. M. Grassa, A. Lloret, M. Jimenez y I. Moreno, «Study of the Inter-Island Maritime Traffic with respect to Collisions between Ships and Cetaceans in the Canary Islands», *Ingeniería Civil*, pp. 5-19, 2019.

¹¹⁷ I. Campana, «Cetacean response to summer maritime traffic in the Western Mediterranean Sea», *Marine Environmental Research*, vol. 109, pp. 1-8, 2015.

¹¹⁸ M. G. Pennino, A. Arcangeli, V. Prado Fonseca, I. Campana, G. J. Pierce, A. Rotta y J. M. Bellido, «A spatially explicit risk assessment approach: Cetaceans and marine traffic in the Pelagos Sanctuary (Mediterranean Sea)», *PLoS ONE*, vol. 12, 2017.



5. Tendencias

5.1 Literatura científica

Machine intelligence and the data-driven future of marine science

Autor: Ketil Malde, Nils Olav Handegard, Line Eikvil & Arnt-Borre Salberg.

Publicado en: 2019 *ICES Journal of Marine Science*, 77(4),1274-1285; DOI: 10.1093/icesjms/fsz057

Abstract:

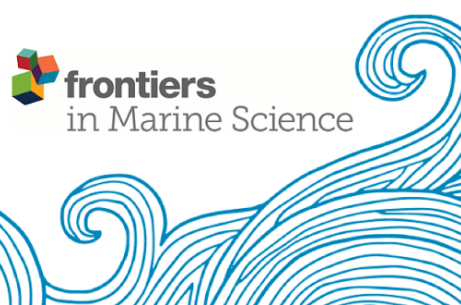


Oceans constitute over 70% of the earth's surface, and the marine environment and ecosystems are central to many global challenges. Not only are the oceans an important source of food and other resources, but they also play a important roles in the earth's climate and provide crucial ecosystem services. To monitor the environment and ensure sustainable exploitation of marine resources, extensive data collection and analysis efforts form the backbone of management programmes on global, regional, or national levels. Technological advances in sensor technology, autonomous platforms, and information and communications technology now allow marine scientists to collect data in larger volumes than ever before. But our capacity for data analysis has not progressed comparably, and the growing discrepancy is becoming a major bottleneck for effective use of the available data, as well as an obstacle to scaling up data collection further. Recent years have seen rapid advances in the fields of artificial intelligence and machine learning, and in particular, so-called deep learning systems are now able to solve complex tasks that previously required human expertise. This technology is directly applicable to many important data analysis problems and it will provide tools that are needed to solve many complex challenges in marine science and resource management. Here we give a brief review of recent developments in deep learning, and highlight the many opportunities and challenges for effective adoption of this technology across the marine sciences.

Uses of Innovative Modeling Tools within the Implementation of the Marine Strategy Framework Directiva

Autor: Christopher P. Lynam, Laura Uusitalo, Joana Patrício, Chiara Piroddi, Ana M. Queirós, Heliana Teixeira, Axel G. Rossberg, Yolanda Sagarminaga, Kieran Hyder, Nathalie Niquil, Christian Möllmann, Christian Wilson, Guillem Chust, Ibon Galparsoro, Rodney Forster, Helena Veríssimo, Letizia Tedesco, Marta Revilla & Suzanna Neville.

Publicado en: 2016. *Frontiers in Marine Science* 3,182; DOI: 10.3389/fmars.2016.00182



Abstract:

In Europe and around the world, the approach to management of the marine environment has developed from the management of single issues (e.g., species and/or pressures) toward holistic Ecosystem Based

Management (EBM) that includes aims to maintain biological diversity and protect ecosystem functioning. Within the European Union, this approach is implemented through the Marine Strategy Framework Directive (MSFD, 2008/56/EC). Integrated Ecosystem Assessment is required by the Directive in order to assess Good Environmental Status (GES). Ecological modeling has a key role to play within the implementation of the MSFD, as demonstrated here by case studies covering a range of spatial scales and a selection of anthropogenic threats. Modeling studies have a strong role to play in embedding data collected at limited points within a larger spatial and temporal scale, thus enabling assessments of pelagic and seabed habitat. Furthermore, integrative studies using food web and ecosystem models are able to investigate changes in food web functioning and biological diversity in response to changes in the environment and human pressures. Modeling should be used to: support the development and selection of specific indicators; set reference points to assess state and the achievement of GES; inform adaptive monitoring programs and trial management scenarios. The modus operandi proposed shows how ecological modeling could support the decision making process leading to appropriate management measures and inform new policy.

The Digitalization of the world from edge to core





Autor: Rydning, D. R. J. G. J.

Publicado en: 2018. *Framingham: International Data Corporation.*

Abstract:

This process of digitization is often referred to as digital transformation, and it is profoundly changing the shape of business today, impacting companies in every industry and consumers around the world. Digital transformation is not about the evolution of devices (though they will evolve), it is about the integration of intelligent data into everything that we do. The data-driven world will be always on, always tracking, always monitoring, always listening, and always watching – because it will be always learning. What we perceive to be randomness will be bounded into patterns of normality by sophisticated artificial intelligence algorithms that will deliver the future in new and personalized ways. Artificial intelligence will drive even more automation into businesses and feed processes and engagements that will deliver new levels of efficiency and products that are tailored to business outcomes and individual customer preferences. Traditional paradigms will be redefined (like vehicle or white goods ownership) and ethical, moral and societal norms will be challenged as genomics and advanced DNA profiling influence healthcare directives, insurance premiums, and spousal choices. Entertainment will literally be transformed before our eyes as virtual reality technologies transport us into new digital realities and augmented reality will dramatically change the service industry as we know it today.

Comparison Of NoSQL Database Systems: A Study On MongoDB, Apache Hbase, And Apache Cassandra

Autor: Hammood, A., & Saran, M. A

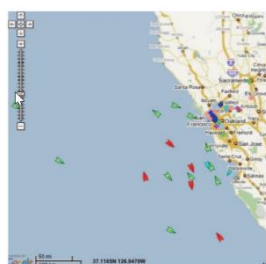
Publicado en: 2016. *International Conference on Computer Science and Engineering*, 626-631.

Abstract:

In this study, we discussed and tested three kinds of NoSQL database system in order to reveal their capabilities and how they respond to different operations. Although there are studies comparing the NoSQL database systems in the literature, this study compares the more recent versions of the systems. For this

purpose, we set up a testing environment for each workload and examine the responses for the MONGODB, HBASE, and CASSANDRA database systems. The results of this study show the weaknesses and strengths of each database system. Due to the different architectures of each database that we have tested, we have seen different responses for each with changed workload operations. In our work, we used the Yahoo Cloud Serving Benchmark (YCSB), which is a framework designed by Yahoo to test database performances. According to the results obtained, we can conclude that MongoDB performed very well with low throughput, but not as well with high throughput. Cassandra and HBase performed very well under heavy loads due to their optimized designs. In the read operation, HBase has poor performance as compared to other systems tested.

Using HF surface wave radar and the ship Automatic Identification System (AIS) to monitor coastal vessels



Autor: Vesecky, J. F., Laws, K. E., & Paduan, J. D.

Publicado en: 2009 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium, 3, 761-764. IEEE.; DOI: 10.1109/IGARSS.2009.5417876.

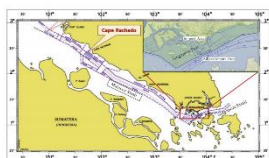
Abstract:

We compare the ship detection capabilities of the automatic identification system AIS (installed on some ships) and coastal, surface wave HF radars, showing how to use both systems together to enhance ship detection performance in coastal regions. Practical reasons to want better real-time awareness of the location, velocity and type of vessels along coasts include vessel safety, protection of the coastal environment and national security. Our model for the HF radar aspect uses an example radar with significant power and aperture, similar to the Pisces radar. The AIS model is for the high power (12.5 W) AIS unit and a significantly elevated receiver (~ 250 ft asl). The HF system show good capability to ranges of ~ 150 km for small ships to 250 km for large ships. The AIS system shows excellent capability out to a typical horizon of ~ 50 km with irregular coverage beyond using ducted propagation to several hundred km and more. Use of both systems allows monitoring of both AIS and non-AIS



equipped ships and enhances probability of detection for situations where both systems are functional.

Big AIS data based spatial-temporal analyses of ship traffic in Singapore port waters



Autor: Zhang, L., Meng, Q., & Fwa, T. F..

Publicado en: 2019. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 129, 287-304; DOI: 10.1016/j.tre.2017.07.011

Abstract:

This study develops a tangible analytical approach to analyze ship traffic demand and the spatial-temporal dynamics of ship traffic in port waters using big AIS data. By applying the developed approach to the Singapore port waters, we find that the origin-to-destination pairs and navigation routes in the Singapore port waters keep stable over time. Furthermore, there are several hotspot areas in the Singapore Strait where ship sailing speeds are relatively high and ship sailing speeds in a few water areas vary greatly. More interestingly, we find that these hotspot areas well coincide with the spatial distribution of ship accidents.

Monitoring control surveillance and vessel monitoring system requirements to combat IUU fishing

Autor: Davis, J. M.

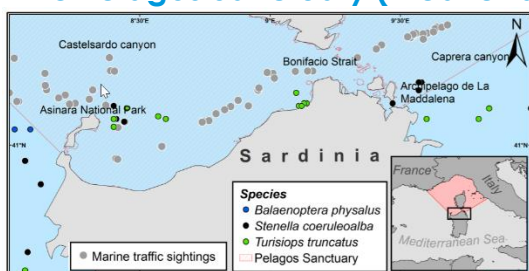
Publicado en: 2001. *FAO FISHERIES REPORTS*, 244-256. ISSN : 0429-9337

Abstract:

This paper examines the various elements of Monitoring Control and Surveillance (MCS) available to developed and developing countries to combat IUU fishing at the global, regional, sub regional and national levels. In particular the paper concentrates on MCS measures, which are designed to facilitate regional data sharing with a view to prevent IUU fishing at the outset. This paper recognises that the establishment of regional fisheries organisations (RFOs) is the most desirable option for implementing effective MCS measures at all levels. Examples of the Australian, Forum Fisheries Agency (FFA) and Commission for the Conservation of Antarctic Marine Living Resources (CCAMLR) experience[306] are used as a backdrop in discussing

various MCS measures and proposals. Specific MCS measures such as catch documentation schemes, onus of proof and Vessel Monitoring Systems (VMS) are reviewed, and a brief examination of new MCS technology in support of VMS is undertaken.

A spatially explicit risk assessment approach: Cetaceans and marine traffic in the Pelagos Sanctuary (Mediterranean Sea)



Autor: Pennino, M. G., Arcangeli, A., Prado Fonseca, V., Campana, I., Pierce, G. J., Rotta, A., & Bellido, J. M.

Publicado en: 2017. PloS one, 12(6), e0179686. DOI: 10.1371/journal.pone.0179686

Abstract:

Spatially explicit risk assessment is an essential component of Marine Spatial Planning (MSP), which provides a comprehensive framework for managing multiple uses of the marine environment, minimizing environmental impacts and conflicts among users. In this study, we assessed the risk of the exposure to high intensity vessel traffic areas for the three most abundant cetacean species (*Stenella coeruleoalba*, *Tursiops truncatus* and *Balaenoptera physalus*) in the southern area of the Pelagos Sanctuary, which is the only pelagic Marine Protected Area (MPA) for marine mammals in the Mediterranean Sea. In particular, we modeled the occurrence of the three cetacean species as a function of habitat variables in June by using hierarchical Bayesian spatial-temporal models. Similarly, we modelled the marine traffic intensity in order to find high risk areas and estimated the potential conflict due to the overlap with the cetacean home ranges. Results identified two main hot-

spots of high intensity marine traffic in the area, which partially overlap with the area of presence of the studied species. Our findings emphasize the need for nationally relevant and transboundary planning and management measures for these marine species.

Automatic detection and identification of whales using thermal and visual imaging techniques for cetacean censuses and marine mammal mitigation

Autor: Zitterbart, D., Richter, S., Kindermann, L., & Boebel, O.

Publicado en: 2014. *Ocean Science Meeting, Honolulu, Hawaii* .
DOI: 10013/epic.43649

Abstract:

AUTOMATIC DETECTION AND IDENTIFICATION OF WHALES USING THERMAL AND VISUAL IMAGING TECHNIQUES FOR CETACEAN CENSUSES AND MARINE MAMMAL MITIGATION Daniel P. Zitterbart, Sebastian Richter, Lars Kindermann, Olaf Boebel For centuries, the spotting of a whale was the apex of days of tedious watch keeping. This skill – lost with the demise of commercial whaling - has recently regained significance, as it forms the basis for scientific cetacean censuses and mitigation efforts of navies and marine geophysical prospection, which both employ loud acoustic sources. We designed, developed, tested and validated an automatic whale detection system (360°) based on a thermal imaging scanner. A coupled visual imaging system allows for identification of automatically detected whales without any marine mammal experts on board. It is capable of detection whales reliably in up to 5 km distance from the ship. Species identification is performed retrospective by a marine mammal expert using high resolution images. We show that this system detects about twice as many whales as visual observers during the same time, and is less effected by environmental conditions like sea-state and wind speed. Moreover it works day and night. It outperforms an alerted observer in terms of number of detections and is a significant step forward in cetacean detection technologies.

Lost in space and time? A conceptual framework to harmonise data for marine spatial planning

Autor: Holzhüter, W., Luhtala, H., Hansen, H. S., & Schiele, K.



Publicado en: 2019. *International Journal of Spatial Data Infrastructures Research*, 14, 108-132. DOI: 10.2902/1725-0463.2019.14.art05

Abstract:

AUTOMATIC DETECTION AND IDENTIFICATION OF WHALES USING THERMAL AND VISUAL IMAGING TECHNIQUES FOR CETACEAN CENSUSES AND MARINE MAMMAL MITIGATION Daniel P. Zitterbart, Sebastian Richter, Lars Kindermann, Olaf Boebel For centuries, the spotting of a whale was the apex of days of tedious watch keeping. This skill – lost with the demise of commercial whaling - has recently regained significance, as it forms the basis for scientific cetacean censuses and mitigation efforts of navies and marine geophysical prospection, which both employ loud acoustic sources. We designed, developed, tested and validated an automatic whale detection system (360°) based on a thermal imaging scanner. A coupled visual imaging system allows for identification of automatically detected whales without any marine mammal experts on board. It is capable of detection whales reliably in up to 5 km distance from the ship. Species identification is performed retrospective by a marine mammal expert using high resolution images. We show that this system detects about twice as many whales as visual observers during the same time, and is less effected by environmental conditions like sea-state and wind speed. Moreover is works day and night. It outperforms an alerted observer in terms of number of detections and is a significant step forward in cetacean detection technologies.

Maritime spatial planning supported by infrastructure for spatial information in Europe (INSPIRE)



Autor: Abramic, A., Bigagli, E., Barale, V., Assouline, M., Lorenzo-Alonso, A., & Norton, C.

Publicado en: 2018. *Ocean & Coastal Management*, 152, 23-36.; DOI: 10.1016/j.ocecoaman.2017.11.007

Abstract:

The implementation of Directive 2007/2/EC - INSPIRE can improve and actually strengthen the information



management and data infrastructures needed for setting up Maritime Spatial Planning (MSP) processes. Evidence for this comes from three parallel analyses: links between the MSP Framework Directive and INSPIRE components and implementation; the availability of marine and maritime data through the INSPIRE Geo-Portal; and the adequacy of using an INSPIRE data model for mapping maritime spatial plans. The first item identifies INSPIRE as a relevant instrument not only for data collection, but additionally for increasing transparency of the MSP processes, using already operational national and European data infrastructure. The marine/maritime data availability analysis highlights a significant difference in data sharing within European marine regions. Finally, the INSPIRE data model is adequate for mapping maritime activities and for the integration of sea and land planning in an overview of cross-border planning for a given sea region.

Cetacean sightings and strandings: evidence for spatial and temporal trends?

Autor: Pikesley, S. K., Witt, M. J., Hardy, T., Loveridge, J., Loveridge, J., Williams, R., & Godley, B. J

Publicado en: 2012. *Marine Biological Association of the United Kingdom. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 92(8), 1809.; DOI:10.1017/S0025315411000464

Abstract:

Cetacean species and their habitats are under threat and effective marine management mitigation strategies require knowledge and understanding of cetacean ecology. This requires data that are challenging and expensive to obtain; incidental sightings/strandings data are potential underused resources. In this study, incidental cetacean sightings (N = 6631) and strandings (N = 1856) in coastal waters of Cornwall, south-west Britain (1991 to 2008) were analysed for evidence of spatial and temporal patterns or trends. Eighteen species were recorded sighted and/or stranded; key species were identified as bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*), harbour porpoise (*Phocoena phocoena*), common dolphin (*Delphinus delphis*), Risso's dolphin (*Grampus griseus*) and minke whale (*Balaenoptera acutorostrata*). There were significant decreases in bottlenose dolphin sightings and pod size but an increase in harbour porpoise and minke whale sightings. Cetacean

strandings showed a recent decrease over time although there was a significant positive trend in harbour porpoise strandings that correlated with sightings. Incidence of sightings and strandings were both greater on the south coast than the north coast. When Marine Tour Operator data were analysed, distinct species-specific inshore and offshore habitat use was evident. With rigorous interrogation and editing, significant patterns and trends were gained from incidentally collected data, highlighting the importance of public engagement with such recording schemes and the potential of these underused resources.

Review of underwater acoustic propagation models

Autor: Wang, L. S., Heaney, K. E. V. I. N., Pangerc, T. A. N. J. A., Theobald, P. E. T. E., Robinson, S. P., & Ainslie, M. I. C. H. A. E. L.

Publicado en: 2014. National Physical Laboratory, OASIS, USA, TNO, Netherlands.

Abstract:

In September 2013, the European Commission commissioned a project entitled Impacts of Noise and use of Propagation Models to Predict the Recipient Side of Noise (project number 1109.05/659011/SER/C.2), under a Framework Service Contract (ENV.D2/FRA/2012/0025) with the subject 'Emerging pressures, human activities and measures in the marine environment (including marine litter), led by Cefas. The project consortium members include Cefas, NPL, TNO, OASIS and JNCC (later in an advisory role).

This report is the deliverable of Task 4, 'Compile existing information on underwater sound propagation models', of the above project, its aim being 'to critically review existing relevant literature and results from research projects and make an inventory of existing models with pros/cons and gaps, and especially the reliability and information needs required for applying these models, with assumptions and limitation explicitly mentioned. This report is the unrestricted version of the original draft submitted to the EC in July 2014. No other edits were requested.



Deep learning

Autor: LeCun, Y., Bengio, Y., & Hinton, G.

Publicado en: 2015. *nature*, 521, 436-444.; DOI: 10.1038/nature14539

Abstract:

Deep learning allows computational models that are composed of multiple processing layers to learn representations of data with multiple levels of abstraction. These methods have dramatically improved the state-of-the-art in speech recognition, visual object recognition, object detection and many other domains such as drug discovery and genomics. Deep learning discovers intricate structure in large data sets by using the backpropagation algorithm to indicate how a machine should change its internal parameters that are used to compute the representation in each layer from the representation in the previous layer. Deep convolutional nets have brought about breakthroughs in processing images, video, speech and audio...

A recurrent latent variable model for sequential data

Autor: Chung, J., Kastner, K., Dinh, L., Goel, K., Courville, A. C., & Bengio, Y.

Publicado en: 2015. *Advances in neural information processing systems*, 2980-2988.

Abstract:

In this paper, we explore the inclusion of latent random variables into the hidden state of a recurrent neural network (RNN) by combining the elements of the variational autoencoder. We argue that through the use of high-level latent random variables, the variational RNN (VRNN) can model the kind of variability observed in highly structured sequential data such as natural speech. We empirically evaluate the proposed model against other related sequential models on four speech datasets and one handwriting dataset. Our results show the important roles that latent random variables can play in the RNN dynamics.

Sequential neural models with stochastic layers



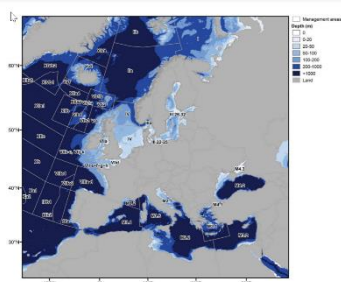
Autor: Fraccaro, M., Sønderby, S. K., Paquet, U., & Winther, O.

Publicado en: 2016. *Advances in neural information processing systems*, 2199-2207

Abstract:

How can we efficiently propagate uncertainty in a latent state representation with recurrent neural networks? This paper introduces stochastic recurrent neural networks which glue a deterministic recurrent neural network and a state space model together to form a stochastic and sequential neural generative model. The clear separation of deterministic and stochastic layers allows a structured variational inference network to track the factorization of the model's posterior distribution. By retaining both the nonlinear recursive structure of a recurrent neural network and averaging over the uncertainty in a latent path, like a state space model, we improve the state of the art results on the Blizzard and TIMIT speech modeling data sets by a large margin, while achieving comparable performances to competing methods on polyphonic music modeling.

The footprint of bottom trawling in European waters: distribution, intensity, and seabed integrity



Autor: Eigaard, O. R., Bastardie, F., Hintzen, N. T., Buhl-Mortensen, L., Buhl-Mortensen, P., Catarino, R., ... & Gerritsen, H. D.

Publicado en: 2017. *ICES Journal of Marine Science*, 74(3), 847-865.; DOI: 10.1093/icesjms/fsw194

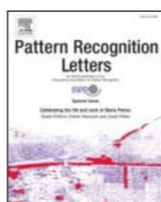
Abstract:

Mapping trawling pressure on the benthic habitats is needed as background to support an ecosystem approach to fisheries management. The extent and intensity of bottom trawling on the European continental shelf (0–1000 m) was analysed from logbook statistics and vessel monitoring system data for 2010–2012 at a grid cell resolution of 1 × 1 min longitude and latitude. Trawling intensity profiles with seabed impact at the surface and subsurface level are presented for 14 management areas in the North-east Atlantic, Baltic Sea and Mediterranean Sea. The footprint of the management areas ranged between 53–99% and 6–94% for the depth zone from 0 to 200 m (Shallow) and from



201 to 1000 m (Deep), respectively. The footprint was estimated as the total area of all grid cells that were trawled fully or partially. Excluding the untrawled proportions reduced the footprint estimates to 28–85% and 2–77%. Largest footprints per unit landings were observed off Portugal and in the Mediterranean Sea. Mean trawling intensity ranged between 0.5 and 8.5 times per year, but was less in the Deep zone with a maximum intensity of 6.4. Highest intensities were recorded in the Skagerrak-Kattegat, Iberian Portuguese area, Tyrrhenian Sea and Adriatic Sea. Bottom trawling was highly aggregated. For the Shallow zone the seabed area where 90% of the effort occurred comprised between 17% and 63% (median 36%) of the management area. Footprints were high over a broad range of soft sediment habitats. Using the longevity distribution of the untrawled infaunal community, the seabed integrity was estimated as the proportion of the biomass of benthic taxa where the trawling interval at the subsurface level exceeds their life span. Seabed integrity was low (<0.1) in large parts of the European continental shelves, although smaller pockets of seabed with higher integrity values occur. The methods developed here integrate official fishing effort statistics and industry-based gear information to provide high-resolution pressure maps and indicators, which greatly improve the basis for assessing and managing benthic pressure from bottom trawling. Further they provide quantitative estimates of trawling impact on a continuous scale by which managers can steer.

Weak supervision and other non-standard classification problems: a taxonomy



Autor: Hernández-González, J., Inza, I., & Lozano, J. A.

Publicado en: 2016. *Pattern Recognition Letters*, 69, 49-55.; DOI: 10.1016/j.patrec.2015.10.008

Abstract:

In recent years, different researchers in the machine learning community have presented new classification frameworks which go beyond the standard supervised classification in different aspects. Specifically, a wide spectrum of novel frameworks that use partially labeled data in the construction of classifiers has been studied. With the objective of drawing up a description of the state-of-the-art, three identifying characteristics of these novel frameworks have been considered: (1) the relationship

between instances and labels of a problem, which may be beyond the one-instance one-label standard, (2) the possible provision of partial class information for the training examples, and (3) the possible provision of partial class information also for the examples in the prediction stage. These three ideas have been formulated as axes of a comprehensive taxonomy that organizes the state-of-the-art. The proposed organization allows us both to understand similarities/differences among the different classification problems already presented in the literature as well as to discover unexplored frameworks that might be seen as further challenges and research opportunities. A representative set of state-of-the-art problems has been used to illustrate the novel taxonomy and support the discussion.

5.2 Proyectos

The Innovation Society, Sustainability, and ICT

Financiado por: FP7-ICT Specific Programme "Cooperation":
Information and communication technologies

Periodo de financiación: Mar 2021 – Feb 2023

[+ INFO](#)



Resumen:

The INSITE coordination action has been organized around a three year long conversation among scientists, policy makers and distributed innovation policy (DIPO) leaders, about the Innovation Society and its sustainability crises. The main focus of the conversation became how to change the way European society organizes its transformation processes, in order to achieve a higher level of social cohesion and to steer innovation processes in socially positive directions.

During INSITE's three years of activities, INSITE participants had integrated social innovation into its initial critique of the Innovation Society, developing a vision of how social innovation could help European society to find a new way to organize its



transformation processes. This vision provides a key role for future ICT, which INSITE participants hope to help realize in on-going and future research projects, as a key element in the construction of Europe 2020.

Vectors of Change in Oceans and Seas Marine Life, Impact on Economic Sectors

Financiado por: FP7-KBBE The oceanic impacts of climate change.

Periodo de financiación: 2011/2015

+ INFO

Resumen:

The VECTORS project sought to develop integrated, multidisciplinary, research-based understanding that will contribute the information and knowledge required for addressing forthcoming requirements, policies and regulations across multiple sectors. VECTORS aimed to provide data, innovative models and decision support tools to relevant stakeholders within the environmental, policy and socio-economic spheres. To achieve this it employed a combination of policy and sector analysis, data synthesis, comprehensive statistical analysis, targeted experimentation, social and economic valuation, and ecosystem and economic modelling along with regular and in-depth stakeholder consultation and interaction. VECTORS promoted the application of its tools and knowledge throughout the lifetime of the project, aiming to seek outcomes from the research as well as outputs, culminating in the production of a synthesis website of the project's findings.

The clear aim was to deliver genuinely integrated interdisciplinary research (rather than aspects broadly moving in the same direction but with limited interaction). Given the complex nature of the marine environment, its multiple stresses and multiple ecosystem responses, VECTORS focussed on specific areas of concern identified at the outset by the EC: outbreaks of invasive or indigenous species, changes in the distribution of populations of marine organisms, such as fish populations, the vectors of these changes, and the impacts of these changes on biodiversity and related maritime economic sectors. The approach was to develop generic understanding and apply and test it through three case study regional seas (Western Mediterranean, North Sea and Baltic Sea). The VECTORS outputs are thus relevant and valuable to other regional seas.

The VECTORS project addressed a complex array of sectoral interests: areas of concern for marine life, regional seas, biodiversity, and academic disciplines as well as stakeholder interests. VECTORS aimed to explore, elucidate, and model links between all areas of interest, and then effectively communicate them to the relevant stakeholders. One of the goals was to create a synthesis with firm and detailed recommendations based upon all of the research outputs of VECTORS, targeted at the full spectrum of policymakers and stakeholders. As such VECTORS was totally focussed on The Ecosystem Approach sensu stricto in which humans are seen as an integral part of the ecosystem and the overall aim of marine management is to deliver ecosystem services for the benefit of society while at the same time maintaining, enhancing and protecting the natural capital of the marine environment.



BigDataOcean – Exploring Ocean's of Data for Maritime Applications

Financiado por: Horizon 2020

Periodo de financiación: 2017/2019

+ INFO

Resumen:

BIG DATA OCEAN

The challenge that the maritime-related industries and organisations face nowadays is twofold. From the technological point of view, big data come with common recognised challenges. Carefully designed systems are needed in order to be able to integrate heterogeneous resources coming from different sources. It goes without saying that these systems should be cloud-based, in order to ensure seamless and universal data access; Another common obstacle is the pursued “collaboration” and integration amongst the various fragmented data types constituting the “big data stack” ; legitimate concerns can be raised to achieve cross-sector data collaboration. However, the aforementioned do not constitute the only challenges one can identify; Selecting exploitation of proper data to solve the problem at hand, clarifying the correct model for storing and possessing the incoming data, identifying how to deploy the data for serving real-life applications, covering the “semantic gap” between the targeted knowledge and incoming (either structured or unstructured) data constitute only some of the challenges faced in the pre-application stages. Even data visualisation can prove to be challenging when data are aggregated from diverse sources in a huge volume and imported to a model allowing decision-making in minutes rather than weeks.

From a practical point of view, although a plethora of individual and disconnected applications can be found serving the “data exploitation for marine-related applications” profile, the fact that there is a lack of networked initiatives bringing together organisations and knowledge from different scientific and policy domains, as well as geographical areas is quite disappointing. Combined data from port authorities, buoys, large and small ships, satellites, but also available open datasets on weather, fauna and flora population etc. can open a wide spectrum of unprecedented services, if effectively tackled by modern technologies. As it can be easily supposed, when stakeholders try

to combine all aforementioned data in order to extract knowledge and conclusions, they are confronted with a challenge; to homogenise and cope with huge volumes of data. The abundance of such data volumes calls for new, innovative, more efficient and more effective applications and novel calculation methods. These applications and methods, if correctly designed and implemented, are capable of renovating industries operating in the maritime environment.

Coupled Ocean/Atmosphere Mesoscale Prediction System (COAMPS)



Financiado por: MMD

[+ INFO](#)

Resumen:

The Coupled Ocean/Atmosphere Mesoscale Prediction System (COAMPS) was developed by the Marine Meteorology Division (MMD) of the Naval Research Laboratory (NRL). The atmospheric components of COAMPS are used operationally by the U.S. Navy for short-term numerical weather prediction for various regions around the world. It represents an analysis, now cast and short-term (up to 72 hours) forecast tool applicable to any given region of the earth.

COAMPS includes an atmospheric data assimilation system (comprised of data quality control, analysis and initialization), a non-hydrostatic atmospheric model component and an ocean model component (NCOM). Data assimilation is the method of using observations from aircraft, rawinsondes, ships, buoys, satellites and other data sources to enhance the model's analysis. Experience has shown that the inclusion of these observations dramatically improves model skill, especially in the case of moisture fields with COAMPS. The non-hydrostatic model formulation (no adherence to the hydrostatic assumption) allows the model to solve complicated equations associated with very small scale weather features, such as thunderstorms. The coupling of the NCOR ocean model to the atmospheric model was necessitated by the increasing awareness of the importance of the ocean and atmosphere (e.g. El Nino) to weather forecasting. In a fully coupled mode, the atmospheric and oceanic models can be integrated simultaneously so that the precipitation and the surface fluxes of moisture and momentum are exchanged across the air-sea interface.



5.3 Noticias

Environmental Intelligence for the aviation industry



Publicado en: Airport Business

Fecha: 08/07/2020

In 2020, Envirosuite (ASX:EVS) acquired EMS Brüel & Kjær. For over 30 years, EMS Brüel & Kjær were renowned for assisting major airports and industrial operations globally in monitoring their noise and vibration impact.

[Ver noticia](#)

Over one million barriers: New research calls for urgent action to reconnect Europe's rivers



Publicado en: EurekAlert

Fecha: 29/06/2020

The EU Horizon 2020 AMBER (Adaptive Management of Barriers in European Rivers) project created the first pan-European atlas on river barriers. Politecnico di Milano researchers involved with the AMBER project estimated that there were more than one million barriers, making Europe's rivers the most fragmented worldwide.

[Ver noticia](#)

Environmental intelligence to better understand the changing Arctic





Publicado en: newswise

Fecha: 04/12/2019

Newswise — ALBUQUERQUE, N.M. — As the Arctic ice sheet melts and the permafrost thaws, researchers from Sandia National Laboratories continue to carefully monitor conditions there. They have been working on the North Slope of Alaska for more than 20 years, managing two facilities as part of the Atmospheric Radiation Measurement program sponsored by the Department of Energy's Office of Science Biological and Environmental Research Program. Researchers collect measurements of atmospheric conditions using drones and unmanned balloons; the data help improve weather forecasts and sharpen climate models to capture the observed changes.

[Ver noticia](#)

CONSUS Adds Iteris ClearAg Environmental Intelligence to Crop Research and Development Platform



Publicado en: businesswire

Fecha: 10/03/2020

Hyperlocal Weather and Soil Data from ClearAg Will Support Research into Sustainable Crop Performance.

ClearAg will provide environmental intelligence, including location-specific current and historical weather information, and climatology and soil conditions tools.

Access to ClearAg environmental intelligence will help agriscience researchers create integrated crop models to optimize sustainable crop performance in the UK and globally.

[Ver noticia](#)



6. Legislación y normativa

A continuación, se incluye un listado de normas en el ámbito de las tecnologías que abarca este informe:

- **ISO 14001** Environmental management systems - Requirements with guidance for use.
- **ISO 14002-1:2019** Environmental management systems— Guidelines for using ISO 14001 to address environmental aspects and conditions within an environmental topic area — Part 1: General.
- **ISO 14004:2016** Environmental management systems – General guidelines on implementation.
- **ISO/IEC CD TR 24030** Information technology – Artificial Intelligence (AI) – Use cases.
- **ISO/IEC JTC 1/ SC 42** Artificial intelligence.



7. Bibliografía

- "AIS Dispatcher", *AISHub*, 2020. [Online]. Aviable: <https://www.aishub.net/ais-dispatcher>
- "Cetacean assessment and ecology program" *Data.Gov*, 2020. [Online]. Aviable: <https://catalog.data.gov/dataset?tags=cetacean+assessment+and+ecology+program>
- "Cetacean", *NOAA DATA CATALOG*, 2020. [Online]. Aviable: <https://data.noaa.gov/dataset/?tags=cetacean>
- "Complexity Lab Barcelona" 2020. [Online]. Aviable: <http://complex.ffn.ub.es/index.php>
- "Data for Environmental Intelligence", *Github*, 2020. [Online]. Aviable: https://github.com/rockita/Environmental_Intelligence
- "Datasets and code that power Global Fishing Watch", *Datasets and Code*, 2020. [Online]. Aviable: <https://globalfishingwatch.org/datasets-and-code/>
- "Datasets List", *OBIS SEAMAp*, 2020. [Online] Aviable: <http://seamap.env.duke.edu/dataset/list>
- "EMODnet" *EMODnet Chemistry*, 2020. [Online]. Aviable: <https://www.emodnet-chemistry.eu/welcome>
- "Exploiting Oceans of Data for Maritime Apps", *Big Data Ocean*, 2020. [Online]. Aviable: <https://www.bigdataocean.eu/>
- "FET Proactive – Boosting emerging technologies (H2020-FETPROACT-2018-2020)" *European Commission*, 2020. [Online]. Aviable: <https://ec.europa.eu/info/funding-tenders/opportunities/portal/screen/opportunities/topic-details/fetproact-eic-08-2020>
- "HABITAT-BASED CETACEAN DENSITY MODELS FOR THE U.S. ATLANTIC AND GULF OF MEXICO (2015 VERSION)" *OBIS SEAMAP*, 2020. [Online]. Aviable: <http://seamap.env.duke.edu/models/Duke-EC-GOM-2015/>
- "Improve productive capacities in the world's poorest countries for stronger recovery, UNCTAD says", *UNCTAD*, 2020. [Online] Aviable: <https://unctad.org/en/Pages/Home.aspx>

"Introduction to BCO-DMO", *Biological & Chemical Oceanography Data Management Office*, 2020. [Online]. Available: <https://www.bco-dmo.org/>

"Map"(2019). *VesselFinder* [Online]. Available: <https://www.vesselfinder.com>

"Marine Traffic API Client Python Library", *The Python Package Index*, 2020. [Online]. Available: <https://pypi.org/project/Marine-Traffic-API/>

"Marine Traffic", *Marine Traffic*, 2020. [Online]. Available: <https://www.marinetraffic.com/es>

"Marine Weather API", *MetOcean Solutions*, 2020. [Online] Available: <https://www.metocean.co.nz/apis>

"Recommendations", *IALA*, 2020. [Online]. Available: <https://www.iala-aism.org/product-category/publications/recommendations/>

"Salinity", *dataworld*, 2020. [Online]. Available: <https://data.world/datasets/salinity>

"The Acoustics Toolbox is distributed under the GNU Public License", *Oalib* 2020. [Online] Available: <http://oalib.hlsresearch.com/AcousticsToolbox/>

"Top complexity organizations", *EvoDevoUniverse* 2020. [Online] Available: http://evodevouniverse.com/wiki/Top_complexity_organizations

"Using next generation science to meet societal, organizational, and global challenges", *necsi*, 2020. [Online]. Available: <https://necsi.edu/>

"We believe data science and artificial intelligence will change the world". [Online]. Available: <https://www.turing.ac.uk/research/research-programmes/finance-and-economics/programme-articles/how-data-science-can-help-measure-innovation-economy>

A.Abramic, E.Bigagli, V.Barale, M.Assouline, A.Lorenzo-Alonso, C.Norton. Maritime spatial planning supported by infrastructure for spatial information in Europe (INSPIRE), Ocean & Coastal Management, Volume 152 (2018)

A.Carbonea, M.Jensenb y Aki-Hiro Satoc. Challenges in data science: a complex systems perspective. Chaos, Solitons & Fractals. Volume 90, September 2016



A.G.Dickson, *Standards for ocean measurements*, Oceanography 23(3):34-47, 2010

A.M. Correia et al. (2019). A dataset of cetacean occurrences in the Eastern North Atlantic (6). *Scientific Data*[Online]. Aviable: <https://www.nature.com/articles/s41597-019-0187-2>

AENOR, *Gestión de la I+D+i: Sistema de vigilancia tecnológica e inteligencia competitiva.*, Madrid: AENOR, 2011.

Arslanalp S. & marini M. & Tumbarello P., *Big Data on Vessel Traffic Nowcasting Trade Flows in Real Time*, IMF Working Papers, 2019

Braha, A. A. Minai y Y. Bar-Yam, *Complex Engineered Systems*, Springer, 2006.

C. Ducruet y T. Notteboom, «The worldwide maritime network of container shipping: spatial structure and regional dynamics,» *Global Networks*, vol. 12, pp. 395-423, 2012.

C. MacLeod, «Global Climate change, range changes and potential implications for the conservation of marine cetaceans: a review and synthesis,» *Endanger Species Res*, pp. 125-136, 2009.

Campana, «Cetacean response to summer maritime traffic in the Western Mediterranean Sea,» *Marine Environmental Research*, vol. 109, pp. 1-8, 2015.

Cañadas, et al. «The challenge of habitat modelling for threatened low density species using heterogeneous data: The case of Cuvier's beaked whales in the Mediterranean,» *Ecological Indicators*, vol. 85, pp. 128-136, 2017.

Ch.P.Lynam, et al. *Uses of Innovative Modeling Tools within the Implementation of the Marine Strategy Framework Directive*. Frontiers in Marine Science. 2016

d. Bivort, S. Huang y Y. Bar-Yam, «Recovering Population Parameters from a Single Gene: An Unbiased Estimator of the Growth Rate,» *Molecular Biology and Evolution*, vol. 28, nº 5, pp. 1617-1631, 2010.

D. Nguyen, et al. «A Multi-task deep learning architecture for Maritime Surveillance using AIS Data Streams,» *IEEE 5th International Conference on Data Science and Advanced Analytics*, vol. 1, pp. 331-340, 2018.

D. Ross. *Mechanics of Underwater Noise* (Pergamon, New York), pp. 272-287. 1976.



D. Vinan, «Implementation of Classification Techniques of Database Memory Systems: Decision Trees,» 2018.

D.Zitterbast, S.Richter, L.Kindermann, O.Boebel, Automatic detection and identification of whales using thermal and visual imaging techniques for cetacean censuses and marine mammal mitigation, Ocean Science Meeting, Honolulu, Hawaii, 2014

E. A. Becker, K. A. Forney, J. V. Redfern, J. Barlow, M. G. Jacox , J. J. Roberts y D. M. Palacios , «Predicting cetacean abundance and distribution in a changing climate,» *Diversity and Distributions*, vol. 25, nº 4, pp. 626-643, 2019.

E. Alpaydin, Introduction to Machine Learning, 2nd Edition ed., London, England: The MIT Press, 2010.

E. Torreblanca et al., "Using opportunistic sightings to infer differential spatio-temporal use of western Mediterranean waters by the fin whale", *PeerJ Life & Environment*, 2020. [Online] Available: <https://peerj.com/articles/6673/>

ENV.D.2/FRA/2012/0025: Impacts of noise and use of propagation models to predict the recipient side of noise.

Erbe, S. A. Marley, R. P. Schoeman, J. N. Smith, L. E. Trigg y C. B. Embling, «The effects of ship noise on marine mammals - A review,» *Frontiers in Marine Science*, vol. 6, nº 606, 2019.

Escorsa, Pere, Pilar Lázaro Martínez, Círculo de Innovación en Biotecnología, *Intec: la inteligencia competitiva, factor clave para la toma de decisiones estratégicas en las organizaciones*, Fundación Madrid para el Conocimiento, 2007.

European statistical system (ESS), ESSnet Big Data: WP4 AIS data, BDES 2020 – Big Data for European Statistics, 2020

EUROSTAT. Maritime ports freight and passenger statistics. Statistics Explained (2017)

F. Mazarella, V. Fernandez Arguedas y M. Vespe, «Knowledge-based vessel position prediction using historical AIS data,» *2015 Sensor Data Fusion: Trends, Solutions, Applications (SDF)*, pp. 1-6, 2015.

FAIR Data in Trustworthy Data Repositories Webinar (DANS/EUDAT/OpenAIRE Webinar - Dec. 2016)



G. García-Pérez, et al., «The hidden hyperbolic geometry of international trade: World Trade Atlas 1870-2013,» *Scientific Reports*, 2016.

G. Hays, et al. «Key questions in marine megafauna movement ecology,» *Trends Ecol Evol*, pp. 463-475, 2016.

Guinand y Y. Pigné, «Time considerations for the study of complex maritime networks,» *HAL*, 2019.

H. Sayama, *Introduction to the Modeling and Analysis of Complex Systems*, New York: Open SUNY Textbooks, 2015.

H.O. Sertlek et al. «Mapping underwater sound in the Dutch Part of the North Sea» (chapter). *The effects of noise on aquatic life II* (Springer, New York).

IMO. Guidelines for the installation of a shipborne automatic identification system, AIS (2007)

Instituto Universitario de Investigación de Biocomputación y Física de Sistemas Complejos (FIBI). *Universidad Zaragoza* [Online]. Aviable: <https://www.unizar.es/estructura/institutos-universitarios-de-investigacion-propios/instituto-universitario-de-1>

Intergovernmental Oceanographic COMmission, *IOC Criteria and Guidelines on Transfer of Marine technology (CGTMT)*, 2005

Intergovernmental Oceanographic Commission, *IOC/2010/MG/54*, 2011

IODE, *Data Buoy Cooperation panel data Users and Technology Workshop*, JCOMM-MR-040, OPA_DBCP_meeting_DUTW_01, 2006

IUT-R, M.1371-5. Características técnicas de un sistema de identificación automático mediante acceso múltiple por división en el tiempo en la banda de frecuencias de ondas métricas del servicio móvil marítimo (2014).

J. J. Waggitt, et al. «Distribution maps of cetacean and seabird populations in the North-East Atlantic,» *Journal of Applied Ecology*, vol. 57, nº 2, pp. 253-269, 2019.

J. M. Grassa, A. Lloret, M. Jimenez y I. Moreno, «Study of the Inter-Island Maritime Traffic with respect to Collisions between Ships and Cetaceans in the Canary Islands,» *Ingeniería Civil*, pp. 5-19, 2019.



J. R. Michael J. Wade, «Multilevel and kin selection in a connected world,» *Nature*, vol. 463, 2010.

J. V. F. Palop, *Vigilancia Tecnológica e Inteligencia Competitiva*, Cotec, 1995.

J.M.Davis, *Monitoring Control Surveillance and Vessel Monitoring System Requirements to Combat IUU Fishing*, Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2000

J.S.Vesecky, K.E:Laws, J.D.Paduan, *Using HF Surface wave radar and the ship Automatic Identification System (AIS) to monitor coastal vessels*, IEEE Xplore, Geoscience and Remote Sensing (IGARSS), IEEE International Symposium, 2009

K.Malde, N.Olav Handegard, L.Eikvil, Arnt-Børre Salberg, Machine intelligence and the data-driven future of marine science, *ICES Journal of Marine Science*. 2019.

K.Malde, N.Olav Handegard, L.Eikvil, Arnt-Børre Salberg, Machine intelligence and the data-driven future of marine science, *ICES Journal of Marine Science*. 2019

L. Freitas, et al. «Marine traffic and potential impacts towards cetaceans within the Madeira EEZ,» *Jornal of Cetacean Research and Management*, vol. 16, pp. 17-28, 2017.

L. Parrot, «3MTSim: An agent-based model of marine mammals and maritime traffic to assist management of human activities in the Saint Lawrence Estuary, Canada,» de *Scientific Committee of the International Whaling Commission 62nd Annual Meeting*, Marruecos, 2010.

L. Prignano, I. Morer y A. Díaz-Guilera, «Wiring the Past: A Network Science Perspective on the Challenge of Archeological Similarity Networks,» *Frontiers in Digital Humanities*, 2017.

L. Qi, Z. Zheng y L. Gang, «A cellular automaton model for ship traffic flow in waterways,» *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, pp. 705-717, 2016.

L. S. Sayigh, «Cetacean acoustic Communication» (chapter), *Biocommunication of Animals* (Springer, New York), pp. 275-297. 2013.

L. Torres y H. Klinck. (2017, octubre 24). Hearing is believing. [Online] Aviable: <https://blogs.oregonstate.edu/gemmlab/tag/seismic-survey/>



L. Torres. (2017, febrero 27). What it lookd like when science meets management decisions. [Online] Aviable: <https://blogs.oregonstate.edu/gemmlab/tag/seismic-survey/>

L. Wang, et al., «Review of underwater acoustic propagation models», 2014

L.Zhang, M.Qiang, T.Fang, *Big AIS data based spatial-temporal análisis of ship traffic in Singapore port Waters*, ScienceDirect, 2019

M. Basso, J. Acevedo, E. R. Secchi, A. Aguayo-Lobo, L. Dalla Rosa, D. Torres, M. C. Santos y A. F. Azevedo, «Cetacean distribution in relation to environmental parameters between Drake Passage and Northern Antarctic Peninsula,» *Polar Biology*, vol. 43, nº 1, pp. 1-15, 2020.

M. Boguñá, C. Castellano y R. Pastor-Satorras, «Nature of the Epidemic Threshold for the Susceptible-Infected-Susceptible Dynamics in Networks,» *Physical Review Letters*, vol. 111, 2013

M. G. Pennino, A. Arcangeli, V. Prado Fonseca, I. Campana, G. J. Pierce, A. Rotta y J. M. Bellido, «A spatially explicit risk assessment approach: Cetaceans and marine traffic in the Pelagos Sanctuary (Mediterranean Sea),» *PLoS ONE*, vol. 12, 2017.

M. Gutiérrez-Roig, et al., «Transition from reciprocal cooperation to persistent behaviour in social dilemmas at the end of adolescence,» *Nature Communications*, vol. 5, 2014.

M. Klein, et al. «Negotiating Complex Contracts,» *Group Decision and Negotiation*, vol. 12, pp. 111-125, 2003

M. Lim, R. Metzler y Y. Bar-Yam, «Global Pattern Formation and Ethnic/Cultural Violence,» *Science*, vol. 317, pp. 1540-1544, 2007

M. Nykänen, et al. «Fine-scale population structure and connectivity of bottlenose dolphins, *Tursiops truncatus*, in European waters and implications for conservation,» *Aquatic C*

M. Tobeña, et al. «Modeling the potential distribution and richness of cetaceans in the Azores from fisheries observer program data,» *Frontiers in Marine Science*, vol. 3, nº 202, pp. 1-19, 2016.

M.Grazia, A.Arcangeli, V.Prado, I.Campana, G.J.Pierce, A.Rotta, J.M.Bellido, *A spatially explicit risk assessment approach: Cetaceans and marine traffic in the Pelagos Sanctuary (Mediterranean Sea)*, *PLoS ONE* 12(6): e0179686, 2017



M.Mingozzi, F.Salvioli, F.Serafino, X-Band Radar for Cetacean Detection (Focus on Tursiops truncatus) and Preliminary Analysis of Their Behavior, Remote Sens, 2020

O. Sagarra, et al., «Supersampling and Network Reconstruction of Urban Mobility,» PLoS ONE, vol. 10, nº 8, 2015.

Ospar Commission 2020 [Online] Aviable: <https://www.ospar.org/>

P. CETISME, Inteligencia Económica y Tecnológica. Guía para principiantes y profesionales, Comunidades Europeas, 2003.

P. Degoul, Le pouvoir de l'information avancée face au règne de la complexité, Annales de Mines, 1992.

P. K. A. Kaluza, M. T. Gastner y B. Blasius, «The complex network of global cargo ship movements,» Journal of the Royal Society Interface, vol. 7, 2010.

P. R. M. Escorsa, De la vigilancia tecnológica a la inteligencia competitiva, Pearson Educación, 2001.

R.J. Urick, *Principles of underwater sound (3rd edition) Chapters 5 & 6.* 1983.

S. Haykin, Neural Networks and Learning Machines, 3rd Edition ed., Ontario, Canada: Prentice Hall. Pearson, 2009.

S. Lechtenberg, D. de Siqueria Braga y B. Hellingrath, «Automatic identification system (AIS) data based ship-supply forecasting,» de *Proceedings of the Hamburg International Conference of Logistics (HICL)*, vol. 28, Digital Transformation in Maritime and City Logistics: Smart Solutions for Logistics, 2019, pp. 3-24.

S. M. Anwar, C. A. Jeanneret, L. Parrott y D. J. Marceau, «Conceptualization and implementation of a multi-agent model to simulate whale-watching tours in the St.Lawrence Estuary in Quebec, Canada,» *Environmental Modelling & Software*, vol. 22, pp. 1775-1787, 2007.

S. Nicol, et al. «Ocean circulation of east Antartica effects ecosystem structure and ice extent,» *Nature*, pp. 504-507, 2000.

S.K.Pikesley, M.J.Witt, T.Hardy, B.J.Godley, *Cetacean sightings and strandings: Evidence for spatial and temporal trends?*, Journal of the Marine Biological Association of the UK, 2013



Santa Fe Institute [Online] Aviable: <https://www.santafe.edu/>

Society for Conservation Biology, *Role of Cetaceans in Ecosystem Functioning*, 28th International Congress for Conservation Biology, 2017

T. Ecott, "A new map traces the movement of creatures great and small around and across the Pacific Ocean", *Cartophilia*, 2020. [Online]. Aviable:

<https://www.1843magazine.com/content/places/anonymous/cartophilia>

T.J.Hold, *Environmental Intelligence, Actionable Information for Decision Makers*, Fourth Symposium on the Weather, Water, and Climate Enterprise, 2016

UNCTAD, *Review of Maritime Transport*, 2019

UNESCO, *Recommendation to Adopt ISO 3166-1 and 3166-3 Country Codes as the Standard for Identifying Countries in Oceanographic Data Exchange*, 2010

X. Fangliang, H. Ligteringen, C. van Gulijk y B. Ale, «Comparison study on AIS data of ship traffic behavior,» *Ocean Engineering*, vol. 95, pp. 84-93, 2015.

Y. Bar-Yam, et al. «A complex systems science approach to healthcare costs and quality,» de *Handbook of Systems and Complexity in Health*, Springer, 2013, pp. 855-877.

Y. Bar-Yam, M. Lagi y Y. Bar-Yam, «South African Riots: Repercussion of the Global Food Crisis and US Drought,» 2013

Y. Erik, M. Rauch, «Theory predicts the uneven distribution of genetic diversity within species,» *Nature*, vol. 431, pp. 449-452, 2004.

Y. J.Werfel, «Programmed death is favored by natural selection in spatial systems,» *Physical Review Letters* 114: 238103 (2015), doi: 10.1103/PhysRevLett.114.238103, vol. 114, nº 23, 2015.

Y. Lv, et al. «Traffic Flow Prediction with Big Data: A Deep Learning Approach,» *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, vol. 16, nº 2, pp. 865-873, 2015.

Z. Zhao, et al., «LSTM network: A deep learning approach for short-term traffic forecast,» *IET Intelligent Transport Systems*, vol. 11, nº 2, pp. 68-75, 2017.

