**Trabajos realizados:**

A continuación se describen diferentes trabajos, los cuales están relacionados a la predicción de la altura de la ola mediante el uso de técnicas de regresión.

Los trabajos analizados pueden dividirse en dos grupos de acuerdo al objetivo del estudio. El primer grupo tiene como objetivo la predicción de olas en la zona de surf a partir de información de alta mar. Mientras que el segundo grupo busca la predicción de olas en alta mar a partir de información recolectada en el mismo lugar.

Los trabajos analizados utilizan redes neuronales para realizar la predicción de altura de ola y algunos también predicen el periodo de ola. Mientras que 3 utiliza una técnica de regresion multinomial.

En los trabajos , se desarrollan redes neuronales del tipo feed forward. Estas redes cuentan de una capa de entrada, una capa oculta y una capa de salida. Son diversos los algoritmos utilizados en los diferentes trabajos. [1]Evalua los algoritmos 2 y 2, obteniendo con 2 los mejores resultados. 3 experimenta con el algoritmo LM y 4 utiliza el algoritmo de resilient backpropagation, el cual posee un tiempo de convergencia mas rápido, que el back propagation gradient descent.

En [] la estructura de la red es obtenida mediante la formula :. . [5] utiliza una red con 6 nodos en la capa oculta, mientras que en 4 se utiliza el algoritmo x, para hallar la estructura de red optima.

En 4 se experimenta, obteniendo resultados positivos, una técnica especial en la cual se conectan dos redes neuronales. Donde la salida de la primer red es la entrada de la segunda. Según los autores esto permite a la primer red concentrarse en aprender la interacciones complicadas, mientras que la segunda red realiza un refinamiento a las predicciones de la primera.

3 utiliza un modelo de regresion polinomial el cual posee la siguiente forma: / Este trabajo no utiliza ninguna técnica de aprendizaje de maquina. El mismo utiliza un modelo de regresion lineal pura mediante un paquete de software estadístico.

4 Utiliza la técnica de ensamble de redes neuronales, la cual consiste en entrenar varias redes con diferentes pesos iniciales, luego la predicción final corresponde al promedio de las predicciones de todas las redes entrenadas.

La información utilizada en los estudios proviene de boyas marinas y de los pronósticos del wave watch 3. En 1,2,y3 los datos de las boyas se utilizan directamente como entrada en las redes neuronales. La red neuronal luego proporciona diferentes salidas, cada una correspondiente a la altura de la ola en un tiempo de anticipación dado. La fase de entrenamiento es realizada con tuplas conformadas por la información de las ultimas lecturas de las boya en la entrada de la red y las lecturas correspondientres a cada tiempo de anticipación en la salida.

En 4 y 5 se forman las tuplas de entrenamiento (X,Y) donde es la observación visual d la altura de la ola y X es el correspondiente estado del mar en el punto X. Como el punto X se encuentra separado de Y es necesario utilizar una ecuaacion para acoplar los datos y tener en cuenta el tiempo de propagación existente entre X e Y. Teniendo la hora de la observación visual se acopla la misma con los datos observados en alta mar.

Los trabajos 2 y 3 presentaron resultados positivos en cuanto a la perfomance de las redes neuronales para la predicción de la altura de las olas, con hasta 24 horas de anticipación.

---------------------

Objetivos y datos de entrada:

Los trabajos 1, 2, y 3 se caracterizan por enfocarse en la predicción de la altura de la ola en la zona cercana a la costa donde se realiza la práctica de surf. Todos los trabajos se caracterizan por tomar la información del estado del mar en una zona de alta mar(X) y luego inferir el tamaño que presentara este estado en la zona de surf(Y). Es decir el objetivo es inferir todo el proceso de transformación que experimenta un estado del mar desde el punto X, hasta el punto Y.

Los datos del estado del mar en el punto X, se recuperan a través de lecturas de una boya marina ubicada en alta mar, o a partir de la salida del modelo ww3.

Un observador visual situado en la costa provee los datos de la altura de las olas en la zona Y. Estos datos junto con los datos de X son utilizados para establecer el ajuste del modelo de regresion en los diferentes trabajos.

Los trabajos 3, 4, 5 se caracterizan por enfocarse en la predicción de la altura de la ola en el mismo lugar donde se recolectan los datos. A partir de las lecturas de una boya, lo que se quiere es predecir cuales serán los siguientes valores de altura que se presentaran en ese mismo lugar. De esta manera se quiere inferir a partir de las últimas lecturas del estado del mar, cuales serán los siguientes valores de la altura de la ola.

Modelos:

En los trabajos se utiliza un modelo de regresión de redes neuronales. Mientras que en 2 se realiza un modelo de regresión polinomial, el cual fue estimado usando un paquete de software estadístico.

Los datos del punto Y utilizados para el ajuste del modelo de regresión consisten en un cson relevadospor un observador visual, el cual desde la costa realiza anotaciones del tamaño de la ola percibido en la zona de surf.

Todos estos trabajos utilizan como datos de entrada observaciones visuales recolectadas por un observador experto.

Los trabajos 1, 2, 3, y 4 utilizan redes neuronales, para la predicción. Todos estos utilizan redes neuronales del tipo feed forward.

Variando en la composición de las capas ocultas asi como también en los algoritmos de aprendizaje.

En 2 se evalúan la técnica: y tan tan , percibiendo una leve mejora en la perfomance cuando se utiliza tan tan.

En 3, experimenta la composición de redes neuronales, utilizando 2 niveles de redes. Un primer nivel es utilizado para obtener una predicción inicial de la altura de la ola. Mientras que una segunda red en un segundo nivel, utilizando solamente la salida de la primer red como entrada realiza correcciones a las predicciones de la primer red. Luego una variación de este enfoque en el cual a la red de segundo nivel se le adicionan las entradas originales a la primer red. Los resultados obtenidos con esta arquitectura en dos niveles demostró mejorar los resultados de las predicciones.

En 1 y 2 la estructura de la red es aprendida mediante el algoritmo de bla, bla: resultando en una configuración de tantos nodos y …

Se evaluaron 3 tipos de redes: una red lineal, una no lineal, y un ensamble de redes. Para la optimización de las redes se utilizo el algoritmo de Levenburg-Marqhardt (LM) implementado en MATLAB. Se utilizo la técnica de cross validation para la validación de las redes.

El ensamble de redes presento los mejores resultados, con una correlación entre el 85 y 90 % dependiendo de la playa en donde se hizo la predicción. Además todas las redes desarrolladas presentaron mejores resultados en términos de correlación, y error absoluto promedio al compararlos con una técnica de modelado numérico para la predicción de la altura en las cercanía de la costa(SWAN).

La e

El origen de los datos del estado del mar en alta mar difiere entre ellos. En 1 se utilizan datos recolectados por una boya marina,

mientras que en 2 los datos son provistos por la resolución del modelo WW3.

En este artículo los autores desarrollan un modelo de predicción de la altura de la ola en la zona de surf. El modelo, basado en redes neuronales, permite obtener en la salida una distribución de probabilidad. Esta distribución es usada para determinar cuál es la probabilidad de que la altura caiga en un rango de alturas dado. A diferencia con otros modelos de predicción este brinda un valor agregado para la toma de decisiones, teniendo no solo el valor que se predice sino también la incertidumbre con la cual se presenta la predicción realizada.

Los datos utilizados corresponden a mediciones del estado del mar tomadas por una boya marina y obsevaciones visuales acerca de la altura de la ola relevadas por un observador experto. Las observaciones desde la costa son acopladas con los datos de la boya calculando la demora entre la lectura de la boya y el observador en la playa, utilizando la distancia de la boya a la playa y el periodo de ola.

La red neuronal utilizada es del tipo MDN(Mixture Density Network). Para optimización de la red se utilizo "Scaled Conjugate Gradients", esta técnica es aplicada durante el aprendizaje para poder converger eficientemente a un minimo. Además se utilizo la técnica de ensamble para solucionar los problemas relacionados a la inestabilidad de la red producto del valor aleatorio que poseen los pesos de la red al comienzo. En particular se experimento con dos técnicas de Enssemble: Bagging y Boosting. .

Los resultados encontrados fueron positivos haciendo del modelo de red neuronal desarrollado útil para la estimación del tamaño de la ola en la cercanía de la costa.

**2) Near-shore swell estimation from a global wind-wave model: Spectral process, linear, and artificial neural network models**

La marina de los estados unidos provee predicción del estado del mar para las costas de todo el mundo. La predicción se lleva a cabo a partir de la resolución de un complejo modelo numérico. Este modelo posee una buena precisión en alta mar no siendo así en las cercanías de la costa. A medida que las olas se acercan a la costa las mismas sufren diferentes procesos físicos los cuales este modelo no contempla.

Los investigadores entonces proponen utilizar una red neuronal para poder establecer una predicción del oleaje más precisa en la cercanía de la costa, especialmente en la zona de surf. La tarea de la red es encontrar una relación entre la predicción del modelo numérico y las observaciones visuales del tamaño de ola en la playa para poder mejorar la predicción de las olas brindada por el modelo numerico.

Se evaluaron 3 tipos de redes: una red lineal, una no lineal, y un ensamble de redes. Para la optimización de las redes se utilizo el algoritmo de Levenburg-Marqhardt (LM) implementado en MATLAB. Se utilizo la técnica de cross validation para la validación de las redes.

El ensamble de redes presento los mejores resultados, con una correlación entre el 85 y 90 % dependiendo de la playa en donde se hizo la predicción. Además todas las redes desarrolladas presentaron mejores resultados en términos de correlación, y error absoluto promedio al compararlos con una técnica de modelado numérico para la predicción de la altura en las cercanía de la costa(SWAN).

**3) Wave Forecasting for Energy plants:**

Las plantas de energía oceánica producen energía eléctrica a partir de las olas del mar. Para la gestión de la planta, el pronóstico de la cantidad de energía que se va a producir en un determinado día es de suma utilidad. Existen formulas para calcular la cantidad de energía que se puede producir a partir de los datos de altura y periodo de las olas. En este contexto se realiza un estudio de factibilidad para la utilización de los métodos de predicción de oleaje en la predicción de la cantidad de energía a obtener.

Específicamente los objetivos del estudio son: evaluar la capacidad de predicción del wave watch3; identificar y evaluar las posibilidades de extender el alcance del modelo wave watch a zonas donde no hay una salida especifica; determinar el beneficio potencial del modelo para ser utilizado junto con algoritmos de aprendizaje de maquina para mejorar su capacidad de predicción; definir que debe realizarse para integrar una red neuronal junto con el modelo wave watch 3 para luego usar este sistema como una estación de pronostico operacional de tiempo real.

En el estudio se hallo que las predicciones del ww3 tanto de la altura como del periodo presentan un alto grado de correlacion con las lecturas tomadas por boyas marinas, indicando una buena capacidad del modelo para realizar predicciones.

Se desarrollo un modelo de regresion lineal en función de los parámetros del wave watch 3. Este modelo fue utilizado para mejorar las predicciones del wave watch 3 mostrando resultados positivos, y logrando mejoras en todas las predicciones.

Basados en los resultados obtenidos por el modelo de regresión así como también en la calidad del modelo wave watch 3 los autores concluyen que los pronósticos para las zonas de alta mar como los cercanos a la costa , donde se ubica la planta de energía, pueden ser mejorados mediante la utilización de redes neuronales.

**4) An empirical method for estimating surf heights from deep water significant wave heights and peak periods**

En este artículo se describe un método empírico para estimar la altura de las olas en la zona de surf a partir de la información registrada en alta mar. El método está basado en comparaciones entre la altura visual reportada por un observador en la costa y lecturas de altura y periodo de olas reportadas por una boya ubicada en aguas profundas cerca de la costa. El estudio se centro en las playas de la costa norte de Oahu, Hawaii.

Los datos utilizados fueron filtrados de manera de analizar solo los días más relevantes para la práctica de surf en las playas analizadas. Se eliminaron aquellos días en donde los vientos desde la costa eran intensos, aquellos días en donde la dirección de las olas no se correspondía con la orientación de la playa y aquellos días en que el periodo de ola era menor a 10 segundos. El conjunto de datos final resulto en 600 instancias. A partir de estos datos se encajo un modelo de regresión lineal, utilizando un polinomio de segundo grado. Las pruebas realizadas al modelo fueron favorables indicando un 94 de correlación entre la altura predicha y la observación visual.

**5) Neural Networks for wave Forecasting:**

En "Neural Networks for wave Forecasting" los autores experimentan la predicción de oleaje mediante el uso de una red neuronal. Los datos de entrada a la red están dados por la intensidad de los vientos en la zona afectada para la predicción. Estos datos se separaron de acuerdo a dos epocas climaticas diferentes.

La red, del tipo multilayer feefforward, es entrenada utilizando diferentes algoritmos de Back Propagation, Cascade Correlation y Conjugate Gradient.

Los resultados obtenidos indicaron que la utilización de los datos del viento como entrada a un modelo de red neuronal no son suficientes para permitir predecir el tamaño de la ola en un intervalo de tiempo acotado.

**6) Real time wave forecasting using neural networks:**

En "Real time wave forecasting using neural networks" los autores experimentan la predicción de oleaje mediante el uso de una red neuronal del tipo Feed Forward y utilizando diferentes algoritmos de aprendizajes de Backward propagation, Cascade Correlation y Conjugate Gradient. La entrada de la red está dada por la altura, dirección y periodo de las olas, registrados en la últimas 48 horas por una boya ubicada en alta mar, mientras que la salida de la red corresponde a la prediccion de la altura y periodo de la ola en esa misma zona para tiempos de anticipación de hasta 24 hs.

Una comparativa de los diferentes algoritmos de aprendizaje indico la superioridad de Cascade Correlation en términos de una convergencia más rápida. Además una comparación entre los modelos de redes neuronales y un modelo estadístico auto regresivo, indico que las redes neuronales presentaron una covarianza más alta en las predicciones de la altura de olas.

Los resultados obtenidos indican que el método es aplicable para ser utilizado en operaciones marítimas en donde no se tienen suficientes datos como para utilizar un modelo numérico. De esta manera utilizando una boya para obtener las lecturas del mar es posible tener las predicciones de altura de ola en las horas siguientes permitiendo la planificación de las operaciones a corto plazo.

**7) Improving wave predictions with artificial neural networks**

A partir de la altura, periodo y dirección de las olas registrados por una boya ubicadas en alta mar, se construyo un modelo de red neuronal del tipo multilayer feed forward para predecir la altura y el periodo de la ola. Este modelo proveía una previsión de hasta 24 hs. Además se experimento la utilización de una segunda red neuronal con el objetivo de realizar un refinamiento a las predicciones de la primera red.

Las pruebas fueron realizadas en dos ubicaciones diferentes: bajo condiciones de mar abierto y en condiciones de un mar semi cerrado. Las predicciones en ambas ubicaciones fueron favorables para las primeras 12 hs, mientras que para periodos de anticipación mayores y en mar abierto la performance empeoraba significativamente, no siendo así en condiciones de mar semi cerrado.

La utilización de una segunda red para mejorar las predicciones iníciales resulto favorable, realizando mejoras significativas en ambas ubicaciones. z