

## **Redes neuronales artificiales en la predicción de costos de diversos proyectos: Revisión**

Joselyn Rodríguez González

Universidad Latina de Costa Rica

[joselyn.rodriguez@ulatina.cr](mailto:joselyn.rodriguez@ulatina.cr)

### **ABSTRACT**

In project management is common to find situations to predict and estimate behavior of a project cost. In the last decades, researchers have focused their researchs on intelligent algorithms in order to predict unerring cost. Since 90's to the present the project cost has been studied from many areas of artificial intellence, though this research present only papers that makes prediction with artificial neural network.

### **RESUMEN**

En la gestión de proyectos es muy común encontrar situaciones en la que se deba hacer predicciones o estimaciones el comportamiento de los costos para un proyecto determinado. Debido a esta necesidad durante las últimas dos décadas se ha convertido en un foco de interés para los investigadores el desarrollo de algoritmos inteligentes que permitan una predicción certera de costos. Desde los 90 a la actualidad el tema ha sido abarcado en retiradas ocasiones desde muchas aristas de la inteligencia artificial, sin embargo en el desarrollo de este artículo el recorrido será en las investigaciones que utilizan como método de predicción redes neuronales artificiales.

**KEY WORDS:** Artificial neural networks, costs, prediction.

### **INTRODUCCIÓN**

Los modelos paramétricos de estimación de costos son muy útiles en las primeras etapas del ciclo de vida de un proyecto cuando se conoce poca información sobre el alcance del proyecto. (Hegazy, 1998)

Un modelo paramétrico de estimación de costos consiste en una o más funciones, o relaciones de

estimación de costos, entre el costo como variable dependiente y los factores que gobiernan el costo como variables independientes. (Hegazy, 1998)

De acuerdo con Murat y Zeynep (2004) en la actualidad la presencia ante mundo competitivo, la disminución de los márgenes de beneficio y la competencia, hacen que el control de costos desempeñe un papel importante para ser competitivo, manteniendo al mismo tiempo altos niveles de calidad. El aumento de los costos hace que la toma de decisiones eficaces y eficientes sobre los costos sea una condición que afecte el proyecto. Con este fin, se utilizan serie de técnicas de estimación de costos y juicios intuitivos, utilizando tanto su experiencia y datos de proyectos anteriores.

Algunos métodos que se observan en la literatura, incluyen; estimación tradicional de los costos de desglose detallados; estimación simplificada de los costes de desglose; estimación de costos basada en funciones de costos; estimación de costos basada en actividades; método del índice de coste; y sistemas expertos. (Zhang Y y Fuh J, 1998; Pettang C, Mbumbia L y Foudjet A, 1997; Mohamed A y Celik T, 2002)

Los procedimientos tradicionales de estimación de costos siguen una cantidad de despegue, mientras que la estimación comparativa de costos se basa en parámetros como el tipo, el tamaño y la capacidad. Aunque la estimación tradicional de costos hace uso de especificaciones, la estimación comparativa de costos asume una relación lineal entre el costo final y las variables de diseño básico del proyecto. Sin embargo, en la asunción sobre una relación lineal es cuestionable. Los avances en tecnología informática y de software han facilitado nuevos enfoques para la estimación de costos. Mediante la aparición de las herramientas de Aprendizaje Automático (AI) (es decir, redes neuronales) se pueden investigar ahora las relaciones múltiples y no lineales posibles. Los métodos que implican la nueva tecnología producen resultados que son más realistas y precisos frente a las condiciones de la vida real. (Murat y Zeynep, 2004)

## **MÉTODO**

Esta investigación es de índole bibliografía, la recolección de datos se dio a través de fuentes secundarias como lo son las revistas digitales. Los artículos se obtuvieron de las siguientes bases de datos: IEEEExplore y Springer.

Redes neuronales artificiales en la predicción de costos

Una red neuronal artificial es un sistema de algoritmos que intenta simular el comportamiento de adquisición de conocimiento y aprendizaje de una red neuronal biológica, como herramienta de predicción es muy utilizada, puesto que permite que un sistema pueda retroalimentarse y aprender, sin necesidad que los algoritmos sean intervenidos por los humanos para el aprendizaje.

Para el desarrollo de este tipo de red se utilizan variedad de algoritmos, para este estudio se describirán al menos 3 algoritmos, entre ellos el backpropagation, el cual es uno de los más utilizados. Backpropagation es un tipo de red de aprendizaje supervisado, que emplea un ciclo de propagación – adaptación de dos fases. Una vez que se ha aplicado un patrón a la entrada de la red como estímulo, este se propaga desde la primera capa a través de las capas superiores de la red, hasta generar una salida. La señal de salida se compara con la salida deseada y se calcula una señal de error para cada una de las salidas. (Cornejo y Quispe, 2011)

Dada las características de las redes neuronales artificiales, se presentan una serie de estudios que han demostrado su eficacia y eficiencia cuando es aplicada para la estimación de costos. En la mayoría de los casos que a continuación se describen poseen en común la utilización de una base de datos de proyectos ya realizados, de forma que se pueda realizar una comparación entre la estimación de la red y los datos reales del costo del proyecto.

Por ejemplo, Tarek y Ayed en 1998, realizaron una investigación en la que desarrollaron un modelo paramétrico de estimación de costos para proyectos de carreteras. Utilizaron casos reales que habían sido documentados y junto con ello, la simulación de la red se realizó en Excel. Además aplicaron dos técnicas para determinar los pesos de la red: optimización simple; y algoritmos genéticos.

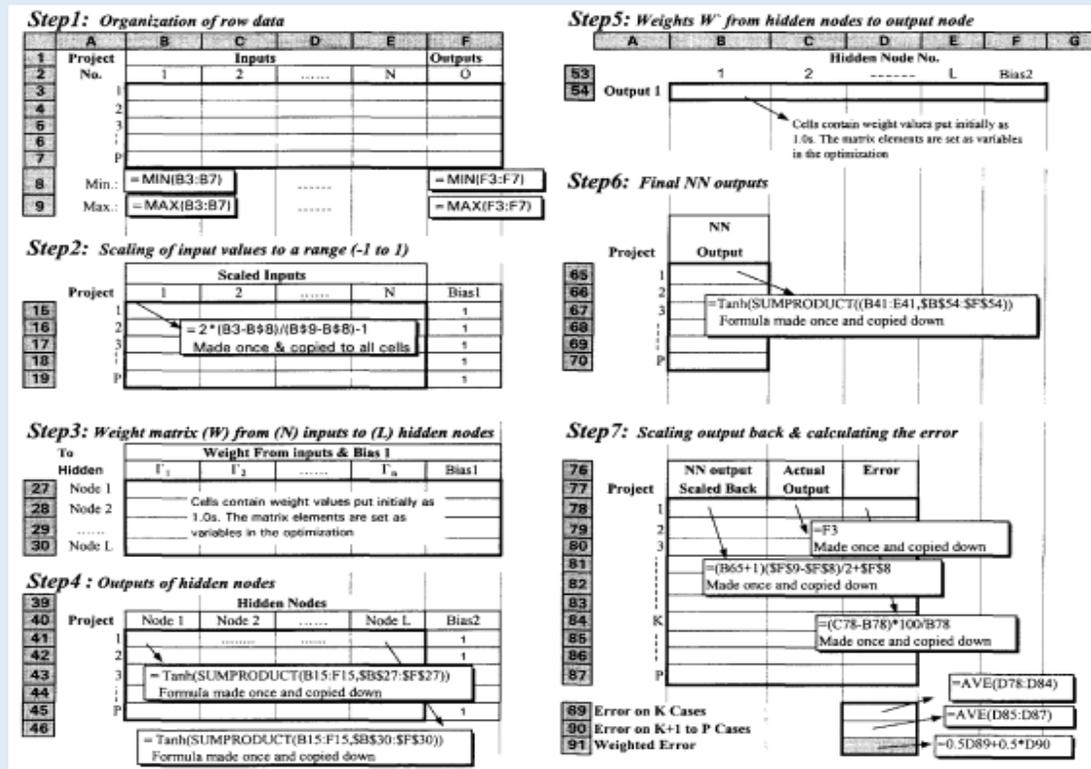


Ilustración 1. Simulación de las tres capas, con un nodo de salida.  
Fuente: Tarek y Ayed, 1998

Tarek y Ayed (1998) concluyeron luego de su investigación que mejor modelo general es el producido por Excel Solver, que proporciona un excelente rendimiento en los casos de entrenamiento y prueba.

A pesar del rendimiento consistente del modelo de los algoritmos genéticos sobre los conjuntos de entrenamiento y prueba, presenta un mayor error general que está ligeramente por encima del nivel de precisión paramétrico. Por lo tanto, se concluye que las redes de optimización simple y entrenamiento de backpropagation son las más adecuadas para el presente estudio de caso. (Tarek y Ayed, 1998)

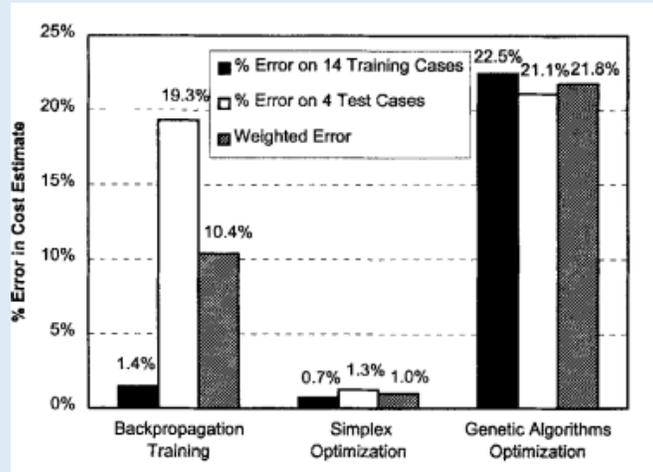


Ilustración 2. Comparación entre métodos de determinación de pesos.  
Fuente: Tarek y Ayed, 1998

En la línea Tarek, en el 2004 Murat y Zeynep también realizaron un artículo que investigaba la utilidad de la metodología de redes neuronales backpropagations para superar los problemas de estimación de costos en fases tempranas de los procesos de diseño de edificios. Se utilizaron datos de costos y diseño de treinta proyectos para capacitar y probar la metodología de redes neuronales con ocho parámetros de diseño utilizados para estimar el costo del metro cuadrado de sistemas estructurales de hormigón armado en edificios residenciales de 4 a 8 pisos en Turquía.

Los resultados obtenidos se presentan a continuación:

Project # (1)	Actual structural unit cost per square meter (\$) (2)	Estimated structural unit cost per square meter (\$) (3)	Percentage error (%) (4)
1	85.6	84.5	-2
2	64.5	68.5	6
3	35.4	33.2	-7
4	36.4	35.6	-3
5	38.0	33.8	-11
6	44.0	38.8	-12

Ilustración 3. Estimación de costos vs los costos actuales para los seis casos de ejemplo

Fuente: Murat y Zeynep, 2004

Los autores concluyen que un 93% de precisión promedio con un error cuadrático medio de MSE  $\frac{1}{4}$  0,038.

Estas cifras se consideran una buena estimación de costos en la etapa de diseño inicial, basado en los ejemplos tomados.

Wang y otros (2009) presentaron un estudio que contemplaba varios algoritmos de entrenamiento de la red neural backpropagation y propone un algoritmo de gradiente conjugado mejorado. El algoritmo propuesto tiene convergencia global, optimiza los pasos de aprendizaje usando nuevas reglas de búsqueda de línea y mejora la velocidad de convergencia. Se aplica un nuevo algoritmo en la predicción de costes de la producción real de sinterización. Los resultados de la simulación muestran que el algoritmo tiene una mejor convergencia en comparación con Algoritmos de gradiente conjugado. El MSE de la predicción es 0.0098 y la tasa de exactitud alcanza el 94.31%.

Los autores Wang y otros (2009) realizaron las pruebas con los diversos algoritmos de entrenamiento de la red neural de Backpropagation y concluye la aplicación del algoritmo propuesto tiene una alta precisión y una mejor convergencia que el algoritmo de gradiente conjugado tradicional.

Kaushik y otros (2013) el uso de Backpropagation redes neuronales para la estimación de costos de software. El modelo está diseñado de tal manera que aloja el modelo COCOMO ampliamente utilizado y mejora su rendimiento. Se trata efectivamente de datos imprecisos e inciertos y mejora la fiabilidad de las estimaciones de costes de software. El modelo se prueba utilizando tres conjuntos de datos de desarrollo de software disponibles públicamente.

S.No	Project ID	MRE(%) using COCOMO model	MRE(%) using proposed model
1.	1	9.33	3.90
2.	5	8.84	3.39
3.	15	16.75	4.25
4.	25	14.09	4.11
5.	30	8.81	3.34
6.	42	13.9	5.00
7.	54	13.67	4.89
8.	60	11.78	4.93
9.	62	13.2	5.00
10.	75	17.09	4.68

Ilustración 3. Comparación de la magnitud del error relativo de COCOMO vs la Red.  
Fuente: Kaushik y otros, 2013

Los resultados de la prueba de la red neural entrenada se comparan con los del modelo COCOMO. A partir de los resultados experimentales, se concluyó que utilizando el modelo de red neural propuesta se puede mejorar la precisión de la estimación de costos y el costo estimado puede ser muy cercano al costo real.

Resumen de las investigaciones anteriores

Estimación de costos de:	Algoritmos	MSE / MSE De la red	Resultado
Carreteras	Backpropagation	1.4	El mejor rendimiento lo tuvo el cálculo de pesos a través de simple optimización, sin embargo, backpropagation tiene un buen rendimiento.
	Genético	22.5	
	Simple optimización	0.7	
Edificios	Backpropagation	0,038	Posee un buen rendimiento, en relación a un bajo error
Sinterizado	Backpropagation	0.0098	Posee un error muy bajo con el algoritmo de backpropagation para los pesos y el algoritmo de gradiente conjugado mejorado para entrenamiento.
Software	Backpropagation	4.5	El porcentaje que presenta un mejor rendimiento es el de backpropagation, contra el método regular.
	COCOMO	12,7	

Tabla 1. Comparación de los modelos  
Fuente: Propia

## CONCLUSIÓN

La revisión literaria muestra como las redes neuronales artificiales han sido utilizadas a lo largo del tiempo para la estimación de costos, sin importar el tipo de proyecto. Los resultados anteriores exponen la superioridad del uso de las redes neuronales ante los métodos tradicionales de costeo, tal y como se refleja en la última investigación evidenciando que el error del método tradicional (COCOMO) es mayor que el de la red.

En las investigaciones anteriores el algoritmo para la backpropagation presenta un rendimiento idóneo para el cálculo de pesos en la red. Siendo la combinación de los algoritmos backpropagation (cálculo de pesos) y gradiente conjugado mejorado (entrenamiento) una de las que presenta excelente desempeño. Para futuras investigaciones y aplicaciones de las redes neuronales puede tomarse como referencia los algoritmos citados anteriormente puesto que su error es bajo y la tasa de exactitud es alta.

## **BIBLIOGRAFÍA**

Cornejo, D. y Quispe, G. (2011) Aplicación del algoritmo backpropagation de redes neuronales para determinar los niveles de morosidad en los alumnos de la universidad peruana unión. Universidad Peruana Unión.

Hegazy, T. y Ayed, A. (1998) Neural network model for parametric cost estimation of highway projects. Illinois State University.

Kaushik, A., Soni, A.K. y Soni Rachna. Radial basis function network using intuitionistic fuzzy C means for software cost estimation. Maharaja Surajmal Institute of Technology.

Murat, G. y Zeynep, D. (2004) A neural network approach for early cost estimation of structural systems of buildings. Izmir Institute of Technology.

Wang, B., et al (2009) An improved neural network algorithm and its application in Sinter Cost Prediction. IEEE xplore Computer Society.