

Sistema de búsqueda inteligente para optimización en superficies de respuesta con hibridación Ridge y aprendizaje automático

Linda Gizeh Frías Castañón^{1*}, Luis Alberto Rodríguez Picón²

Resumen

La optimización de procesos múltiples variables suele verse limitada cuando los métodos clásicos, como la Metodología de Superficies de Respuesta (MSR), generan puntos óptimos fuera de la región experimental o cuando la superficie presenta comportamientos no lineales complejos. Para atender esta limitación, este proyecto propone un sistema de búsqueda inteligente que integra el análisis Ridge con algoritmos de Aprendizaje Automático, con el fin de identificar condiciones óptimas dentro de regiones restringidas del diseño experimental. El sistema combina el ajuste iterativo del multiplicador de Lagrange (μ), propio del análisis Ridge, con modelos de aprendizaje supervisado capaces de mejorar la precisión predictiva y guiar dinámicamente la trayectoria de búsqueda. La metodología se implementará mediante modelos cuadráticos ajustados. Se espera que el enfoque híbrido Ridge-Aprendizaje Automático facilite la localización del punto óptimo y amplíe el alcance de la MSR en problemas donde los métodos tradicionales presentan limitaciones.

Palabras Clave

Metodología de superficie de respuesta – Análisis Ridge – Multiplicador de Lagrange

^{1,2}Departamento de Ingeniería Industrial y Manufactura, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, México.

***Autor de correspondencia:** al263690@alumnos.uacj.mx

Programa académico

Doctorado en Tecnología

Fecha de presentación

20 y 27 de noviembre de 2025

Financiamiento

SECIHTI (CVU 1320165)

Institución responsable del estudio

Universidad Autónoma de Ciudad Juárez

Eventos académicos

10.º Coloquio de Posgrados del IIT, 1.º Congreso Internacional de las Fronteras de las Ingenierías

Conflicto de interés

Sin conflicto de interés declarado

Referencias

1. Quanhong, L., & Caili, F. (2005). Application of response surface methodology for extraction optimization of germinant pumpkin seeds protein. *Food Chemistry*, 92(4), 701–706. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.08.042>
2. Nemati, A., Alizadeh-Khaledabad, M., & Ghasempour, Z. (2020). Optimization of orange juice formulation through using lactose-hydrolyzed permeate by RSM methodology. *Food Science & Nutrition*, 8(8), 4584–4590. <https://doi.org/10.1002/fsn3.1774>
3. Singh, A. K., Kumar, V., Singh, K., & Fatima, S. (2023). RSM and fuzzy modeling approach for optimization of extraction of antioxidant compounds from *Asparagus racemosus* roots. *Food Bioengineering*, 2(1), 75–86. <https://doi.org/10.1002/fbe2.12040>
4. Kalkan, E., & Maskan, M. (2025). Optimization of Sonication and Homogenization-Assisted Solvent Extraction of Cottonseed Oil Using RSM: Oil Recovery, Antioxidant Properties, and Oxidative Stability. *Journal of Food Process Engineering*, 48(5). <https://doi.org/10.1111/jfpe.70125>
5. Chen, H. C., et al. (2010). Optimized enzymatic synthesis of caffeic acid phenethyl ester by RSM. *New Biotechnology*, 27(1), 89–93. <https://doi.org/10.1016/j.nbt.2009.12.002>

CITACIÓN: Frías Castañón, L.G., & Rodríguez Picón, L.A. (2026). Sistema de búsqueda inteligente para optimización en superficies de respuesta con hibridación Ridge y aprendizaje automático [Fronteras de la Ingeniería y Transformación Tecnológica]. *Memorias Científicas y Tecnológicas*, 5(1), 103-104.

Departamento de Ingeniería Industrial y Manufactura
Doctorado en Tecnología
Linda Gizeh Frías Castañón
Director: Dr. Luis Alberto Rodríguez Picón

Sistema de búsqueda inteligente para optimización en superficies de respuesta con hibridación Ridge y Aprendizaje Automático

Abstract:

La optimización de procesos múltiples variables suele verse limitada cuando los métodos clásicos, como la Metodología de Superficies de Respuesta (MSR), generan puntos óptimos fuera de la región experimental o cuando la superficie presenta comportamientos no lineales complejos. Para atender esta limitación, este proyecto propone un sistema de búsqueda inteligente que integra el análisis Ridge con algoritmos de Aprendizaje Automático, con el fin de identificar condiciones óptimas dentro de regiones restringidas del diseño experimental.

El sistema combina el ajuste iterativo del multiplicador de Lagrange (μ), propio del análisis Ridge, con modelos de aprendizaje supervisado capaces de mejorar la precisión predictiva y guiar dinámicamente la trayectoria de búsqueda. La metodología se implementará mediante modelos cuadráticos ajustados.

Se espera que el enfoque híbrido Ridge-Aprendizaje Automático facilite la localización del punto óptimo y amplíe el alcance de la MSR en problemas donde los métodos tradicionales presentan limitaciones.

Palabras clave: Metodología de Superficies de Respuesta, Análisis Ridge, Aprendizaje Automático

Introducción

La optimización de procesos es un desafío, especialmente cuando los sistemas presentan relaciones no lineales o cuando las condiciones óptimas se encuentran fuera de la región experimental.[1][2] La MSR se ha consolidado como una herramienta eficaz para modelar y analizar este tipo de procesos mediante ecuaciones polinómicas de segundo orden. Sin embargo, su capacidad se ve limitada cuando la superficie presenta puntos silla o cuando el óptimo está fuera de la región experimental.

El análisis Ridge constituye una extensión para la MSR, pues permite realizar búsquedas restringidas ajustando iterativamente el multiplicador de Lagrange (μ). [3]. Ante este escenario, se identifica la necesidad de desarrollar enfoques más adaptativos. [4] Este proyecto propone un sistema de búsqueda inteligente que combina el análisis Ridge con técnicas de aprendizaje automático, con el fin de mejorar la exploración del espacio de diseño y localizar los puntos óptimos dentro de regiones experimentales delimitadas. [5]

Objetivos

Objetivo General

- Desarrollar un sistema inteligente de búsqueda con una hibridación Ridge-Aprendizaje Automático para optimizar superficies de respuesta.

Objetivos específicos

- Identificar enfoques previos en optimización con MSR, "Ridge" y aprendizaje automático a través de una revisión sistemática de literatura.
- Integrar técnicas de MSR con algoritmos de aprendizaje automático.
- Desarrollar un esquema de solución que utilice análisis "Ridge" y aprendizaje automático dentro de un sistema de búsqueda inteligente.

Metodología

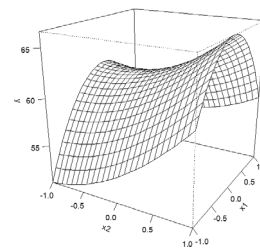
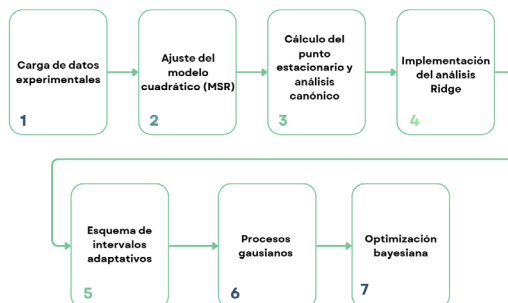


Figura 1. Ejemplo de una superficie de segundo orden en 3D.

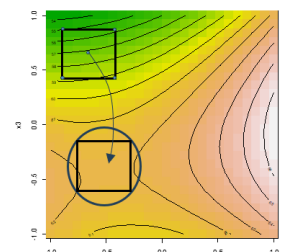


Figura 2. Representación de superficie de respuesta con regiones de búsqueda iterativa.

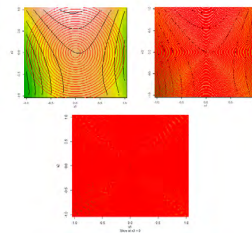


Figura 3. Ejemplo de regiones de búsqueda con múltiples radios.

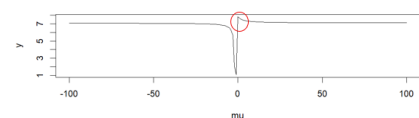


Figura 4. Ejemplo de comportamiento de f en función de μ para un máximo, en el rango delimitado.

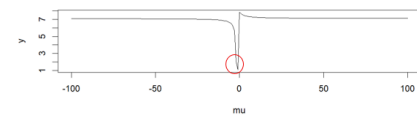


Figura 5. Ejemplo de comportamiento de f en función de μ para un mínimo, en el rango delimitado.

Referencias

- [1] L. Quanhong and F. Caili, "Application of response surface methodology for extraction optimization of germinant pumpkin seeds protein," *Food Chem.*, vol. 92, no. 4, pp. 701–706, 2005, doi: 10.1016/j.foodchem.2004.08.042.
- [2] A. Nemati, M. Alizadeh-Khaledeh, and Z. Ghassempour, "Optimization of orange juice formulation through using lactose-hydrolyzed permeate by RSM methodology," *Food Sci Nutr*, vol. 8, no. 8, pp. 4584–4590, Aug. 2020, doi: 10.1002/fsn3.1774.
- [3] A. K. Singh, V. Kumar, K. Singh, and S. Fatima, "RSM and fuzzy modeling approach for optimization of extraction of antioxidant compounds from Asparagus racemosus roots," *Food Bioprocessing*, vol. 2, no. 1, pp. 75–86, Mar. 2023, doi: 10.1002/fbe2.12040.
- [4] E. Kalkan and M. Maskan, "Optimization of Sonication and Homogenization-Assisted Solvent Extraction of Cottonseed Oil Using RSM: Oil Recovery, Antioxidant Properties, and Oxidative Stability," *J Food Process Eng.*, vol. 48, no. 5, May 2025, doi: 10.1111/jffe.70125.
- [5] H. C. Chen et al., "Optimized enzymatic synthesis of caffeic acid phenethyl ester by RSM," *N Biotechnol.*, vol. 27, no. 1, pp. 89–93, 2010.