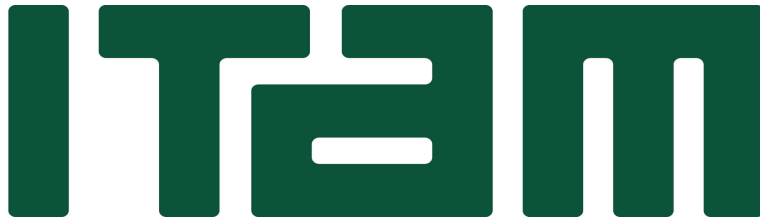


INSTITUTO TECNOLÓGICO AUTÓNOMO DE MÉXICO

---



OPTIMIZACIÓN DEL COCIENTE DE LA TRAZA PARA  
MÁQUINAS DE APRENDIZAJE

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
LICENCIADO EN MATEMÁTICAS  
APLICADAS

PRESENTA

SALVADOR GARCÍA GONZÁLEZ

ASESOR

DR. ZEFERINO PARADA GARCÍA

MÉXICO, D.F.

2016

“Con fundamento en los artículos 21 y 27 de la Ley Federal de Derecho de Autor y como titular de los derechos moral y patrimonial de la obra titulada **“OPTIMIZACIÓN DEL COCIENTE DE LA TRAZA PARA MÁQUINAS DE APRENDIZAJE”**, otorgo de manera gratuita y permanente al Instituto Tecnológico Autónomo de México y a la biblioteca Raúl Baillères Jr., autorización para que fijen la obra en cualquier medio, incluido el electrónico, y la divulguen entre sus usuarios, profesores, estudiantes o terceras personas, sin que pueda percibir por tal divulgación una contraprestación”

SALVADOR GARCÍA GONZÁLEZ

---

Fecha

---

Firma

# Índice general

1. Conclusiones	1
Bibliografía	3

# Índice de figuras

# Capítulo 1

## Conclusiones

En este trabajo se expone la técnica de optimización de Newton-Lanczos aplicada al problema de aprendizaje supervisado del Análisis Discriminante Lineal de Fisher (ADLF). El ADLF busca encontrar la mejor matriz de proyección que maximice el cociente de trazas, logrando que los individuos de una misma clase sean proyectados lo más cercano posible entre ellos y lo más separado posible de otra clase. Anteriormente, la solución era considerada computacionalmente costosa de resolver; sin embargo, en la actualidad se puede aprovechar la velocidad de convergencia del método de Newton y la rapidez del algoritmo de Lanczos para calcular eigenpares.

El método de Lanczos es muy efectivo para calcular solamente algunos de los eigenpares de las matrices. Bajo el contexto de aritmética inexacta, Lanczos implementado con reortogonalización completa resulta ser más eficiente que la factorización SVD, cuando se desea calcular menos del 5% de los eigenpares. Aunque este número parece ser demasiado pequeño resulta de gran utilidad; por ejemplo, si la matriz tiene dimensión de  $1000 \times 1000$ , tener 50 eigenpares podría ser adecuado para el problema.

## CAPÍTULO 1: CONCLUSIONES

En este trabajo de tesis se comparó el método ADLF vía Newton-Lanczos con el Análisis Discriminante Lineal (ADL) y la técnica de Regresión Lineal Múltiple (RLM). La comparación se realizó empleando las bases JAFFE y MNIST. Los resultados obtenidos con ADLF vía Newton-Lanczos tuvieron un desempeño similar en comparación con los otros métodos en términos de tasa de reconocimiento y tiempo de cómputo.

Las conclusiones más relevantes de esta tesis son las siguientes:

- Se implementó computacionalmente una técnica de optimización que anteriormente resultaba difícil de resolver.
- Una de las principales ventajas de esta metodología es que no requiere ningún supuesto sobre la distribución de los datos.
- Se evaluó el desempeño de esta metodología con respecto a técnicas conocidas y los resultados fueron satisfactorios.
- Se realizaron dos pruebas diferentes y se obtuvo que en algunos casos el ADLF vía Newton-Lanczos tuvo una precisión mayor con respecto a los otros dos métodos.

Una de las complicaciones del algoritmo de Lanczos es la reortogonalización de la base. En este estudio se utilizó el método de reortogonalización completa; sin embargo, existen modificaciones al algoritmo que pueden ser exploradas con el objetivo de lograr mayor eficiencia en términos computacionales. Por ejemplo, J.W. Demmel (1997) [2] propone algunas alternativas que pueden ser utilizadas para mejorar el proceso de reortogonalización de la base en el algoritmo de Lanczos.

# Bibliografía

- [1] Christopher M Bishop. *Pattern recognition and machine learning*. springer, 2006.
- [2] J.W. Demmel. *Applied Numerical Linear Algebra*. Miscellaneous Bks. Society for Industrial and Applied Mathematics, 1997.
- [3] Richard O Duda, Peter E Hart, and David G Stork. *Pattern classification*. John Wiley & Sons, 2012.
- [4] Ronald A Fisher. The use of multiple measurements in taxonomic problems. *Annals of eugenics*, 7(2):179–188, 1936.
- [5] Keinosuke Fukunaga. *Introduction to statistical pattern recognition*. Academic press, 2013.
- [6] Gene H Golub and Charles F Van Loan. *Matrix computations*, volume 3. JHU Press, 2012.
- [7] Trevor Hastie, Robert Tibshirani, Jerome Friedman, T Hastie, J Friedman, and R Tibshirani. *The elements of statistical learning*, volume 2. Springer, 2009.
- [8] Tom Michael Mitchell. *The discipline of machine learning*. Carnegie Mellon University, School of Computer Science, Machine Learning Department, 2006.
- [9] Thanh T Ngo, Mohammed Bellalij, and Yousef Saad. The trace ratio optimization problem. *SIAM review*, 54(3):545–569, 2012.

## BIBLIOGRAFÍA

- [10] Huan Wang, Shuicheng Yan, Dong Xu, Xiaoou Tang, and Thomas Huang. Trace ratio vs. ratio trace for dimensionality reduction. In *Computer Vision and Pattern Recognition, 2007. CVPR'07. IEEE Conference on*, pages 1–8. IEEE, 2007.