

CESAR HERVAS MARTINEZ, Catedrático Emérito de la Universidad de Córdoba, director del grupo de investigación AYRNA, con más de 140 publicaciones en revistas JCR, 21 tesis dirigidas y en la actualidad, dirigiendo otras tres y tres proyectos activos. Índice h: 40, Índice i10: 141, nº citas: 7921, (Google Scholar). Senior de la sociedad científica IEEE desde 2014. Áreas de interés: Computación Inteligente, Aprendizaje superficial y profundo, Segmentación de series temporales, Clasificación ordinal en biomedicina de trasplantes, detección de Melanoma y Parkinson.

Clasificación ordinal utilizando aprendizaje superficial y profundo

La Clasificación Ordinal, también llamada ranking, sorting o regresión ordinal es un problema de clasificación alternativo. Los diferentes algoritmos y métodos aprenden a predecir categorías o etiquetas en una escala ordinal. Las etiquetas son discretas pero hay un orden natural entre ellas.

Muchas aplicaciones del mundo real presentan esta estructura de etiquetado y eso ha incrementado el número de métodos y algoritmos desarrollados en los últimos años en este campo. Aunque la clasificación se puede afrontar utilizando técnicas de clasificación nominal estándar, existen varios algoritmos que pueden beneficiarse específicamente de la información asociada al orden de las etiquetas.

Algunos de los campos donde se encuentra la clasificación ordinal son: la investigación médica [1] - [4], la estimación de la edad [5], la interfaz cerebro-computadora [6], la calificación crediticia [7] - [9], el modelado econométrico [10], el reconocimiento de patrones [11] - [12], la evaluación de la belleza facial [13], la clasificación de imágenes [14], la predicción de la velocidad del viento [15], las ciencias sociales [16], la clasificación de texto [17] y muchos más.

En [18] se propone una taxonomía de métodos de regresión ordinal, donde, en primer lugar se considera el denominado enfoque ingenuo, *naïve approaches*, en el sentido de que el modelo se obtiene utilizando otros algoritmos estándar de predicción de aprendizaje automático (por ejemplo, clasificación nominal o regresión estándar). En segundo lugar, se consideran los enfoques de descomposición binaria ordinal, *ordinal binary decomposition approaches*, donde la idea principal es descomponer el problema ordinal en varios binarios, que se resuelven por separado mediante múltiples modelos o mediante un modelo de múltiples salidas. El tercer grupo incluye el conjunto de métodos conocidos como modelos de umbral, *threshold models*, que se basan en la idea general de construir un predictor de valor real y luego dividir la recta real en intervalos. Dentro de este último grupo analizaremos los modelos de red neuronal profunda con una estructura ordinal en la capa de salida combinada con una regularización unimodal basada en distribuciones probabilísticas aplicadas a la función de pérdida de entropía cruzada

Referencias

[1] O. M. Doyle, E. Westman, A. F. Marquand, P. Mecocci, B. Vellas, M. Tsolaki, I. Kłoszewska, H. Soininen, S. Lovestone, S. C. Williams et al., "Predicting progression of Alzheimer's disease using ordinal regression," PloS one, vol. 9, no. 8, p. e105542, 2014

- [2] M. Pérez-Ortiz, P. A. Gutiérrez, C. García-Alonso, L. Salvador-Carulla, J. A. Salinas-Pérez, and C. Hervás-Martínez, "Ordinal classification of depression spatial hot-spots of prevalence," in Proceedings of the 11th International Conference on Intelligent Systems Design and Applications (ISDA), nov. 2011, pp. 1170-1175.
- [3] J. S. Cardoso, J. F. P. da Costa, and M. Cardoso, "Modelling ordinal relations with SVMs: an application to objective aesthetic evaluation of breast cancer conservative treatment," *Neural Networks*, vol. 18, no. 5-6, pp. 808-817, 2005.
- [4] M. Pérez-Ortiz, M. Cruz-Ramírez, M. Ayllón-Terán, N. Heaton, R. Ciria, and C. Hervás-Martínez, "An organ allocation system for liver transplantation based on ordinal regression," *Applied Soft Computing Journal*, vol. 14, pp. 88-98, 2014.
- [5] K.-Y. Chang, C.-S. Chen, and Y.-P. Hung, "Ordinal hyperplanes ranker with cost sensitivities for age estimation," in 2011 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), june 2011, pp. 585-592.
- [6] J. W. Yoon, S. J. Roberts, M. Dyson, and J. Q. Gan, "Bayesian inference for an adaptive ordered probit model: An application to brain computer interfacing," *Neural Networks*, vol. 24, no. 7, pp. 726-734, 2011.
- [7] K.-j. Kim and H. Ahn, "A corporate credit rating model using multi-class support vector machines with an ordinal pairwise partitioning approach," *Computers and Operations Research*, vol. 39, no. 8, pp. 1800-1811, 2012.
- [8] H. Dikkers and L. Rothkrantz, "Support vector machines in ordinal classification: An application to corporate credit scoring," *Neural Network World*, vol. 15, no. 6, pp. 491-507, 2005.
- [9] F. Fernández-Navarro, P. Campoy-Muñoz, M.-D. La Paz-Marín, C. Hervás-Martínez, and X. Yao, "Addressing the EU sovereign ratings using an ordinal regression approach," *IEEE Transactions on Cybernetics*, vol. 43, no. 6, pp. 2228-2240, 2013.
- [10] M. J. Mathieson, "Ordinal models for neural networks," in Proceedings of the Third International Conference on Neural Networks in the Capital Markets, ser. Neural Networks in Financial Engineering, J. M. A.-P. N. Refenes, Y. Abu-Mostafa and A. Weigend, Eds. World Scientific, 1996, pp. 523-536.
- [11] M. Kim and V. Pavlovic, "Structured output ordinal regression for dynamic facial emotion intensity prediction," in Proceedings of the 11th European Conference on Computer Vision (ECCV 2010), Part III, ser. Lecture Notes in Computer Science, K. Daniilidis, P. Maragos, and N. Paragios, Eds., vol. 6313. Springer Berlin Heidelberg, 2010, pp. 649-662.
- [12] O. Rudovic, V. Pavlovic, and M. Pantic, "Multi-output laplacian dynamic ordinal regression for facial expression recognition and intensity estimation," in Proceedings of the 2012 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 2012, pp. 2634-2641.
- [13] H. Yan, "Cost-sensitive ordinal regression for fully automatic facial beauty assessment," *Neurocomputing*, vol. 129, pp. 334-342, 2014.
- [14] Q. Tian, S. Chen, and X. Tan, "Comparative study among three strategies of incorporating spatial structures to ordinal image regression," *Neurocomputing*, vol. 136, no. 0, pp. 152-161, 2014.
- [15] P. A. Gutiérrez, S. Salcedo-Sanz, C. Hervás-Martínez, L. Carro-Calvo, J. Sánchez-Monedero, and L. Prieto, "Ordinal and nominal classification of wind speed from synoptic pressure patterns," *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, vol. 26, no. 3, pp. 1008-1015, 2013.
- [16] A. S. Fullerton and J. Xu, "The proportional odds with partial proportionality constraints model for ordinal response variables," *Soc. Sci. Res.*, vol. 41, no. 1, pp. 182-198, 2012.
- [17] S. Baccianella, A. Esuli, and F. Sebastiani, "Feature selection for ordinal text classification," *Neural Comput.*, vol. 26, no. 3, pp. 557-591, 2014.
- [18] P. A. Gutiérrez, M. Pérez-Ortiz, J. Sánchez-Monedero, F. Fernández-Navarro, and C. Hervás-Martínez. Ordinal regression methods: survey and experimental study. *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*. vol.1, pp. 127-146 2016