

Machine Learning for Survival Analysis: A New Approach

David Dooling^{1,✉}, Patti Green^{1,‡}, Angela Kim^{1,✉}, Doug Scroggin^{1,‡}, Laura Stevens^{1,‡}, Jennifer Webster^{1,✉}

1 Innovative Oncology Business Solutions, Albuquerque, NM, USA

✉These authors contributed equally to this work.

‡These authors also contributed equally to this work.

* ddooling@innovativeobs.com

Abstract

We have applied a little-known data transformation to subsets of the Surveillance, Epidemiology, and End Results (SEER) publically available data of the National Cancer Institute (NCI) to make it suitable input to standard machine learning classifiers. This transformation properly treats the right-censored data in the SEER data and the resulting Random Forest and Multi-Layer Perceptron models predict full survival curves. Treating the 6, 12, and 60 months points of the resulting survival curves as 3 binary classifiers, the 18 resulting classifiers have AUC values ranging from .765 to .885. Further evidence that the models have generalized well from the training data is provided by the extremely high levels of agreement between the random forest and neural network models predictions on the 6, 12, and 60 month binary classifiers.

Author Summary

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Curabitur eget porta erat. Morbi consectetur est vel gravida pretium. Suspendisse ut dui eu ante cursus gravida non sed sem. Nullam sapien tellus, commodo id velit id, eleifend volutpat quam. Phasellus mauris velit, dapibus finibus elementum vel, pulvinar non tellus. Nunc pellentesque pretium diam, quis maximus dolor faucibus id. Nunc convallis sodales ante, ut ullamcorper est egestas vitae. Nam sit amet enim ultrices, ultrices elit pulvinar, volutpat risus.

Introduction

Lorem ipsum dolor sit [1] amet, consectetur adipiscing elit. Curabitur eget porta erat. Morbi consectetur est vel gravida pretium. Suspendisse ut dui eu ante cursus gravida non sed sem. Nullam Eq. (1) sapien tellus, commodo id velit id, eleifend volutpat quam. Phasellus mauris velit, dapibus finibus elementum vel, pulvinar non tellus. Nunc pellentesque pretium diam, quis maximus dolor faucibus id. [2] Nunc convallis sodales ante, ut ullamcorper est egestas vitae. Nam sit amet enim ultrices, ultrices elit pulvinar, volutpat risus.

$$D_{coll} = \frac{D_f + \frac{[S]^2}{K_D S_T} D_S}{1 + \frac{[S]^2}{K_D S_T}}, D_{sm} = \frac{D_f + \frac{[S]}{K_D} D_S}{1 + \frac{[S]}{K_D}}, \quad (1)$$

Materials and Methods

Etiam eget sapien nibh.

Nulla mi mi, Fig. 1 venenatis sed ipsum varius, volutpat euismod diam. Proin rutrum vel massa non gravida. Quisque tempor sem et dignissim rutrum. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Morbi at justo vitae nulla elementum commodo eu id massa. In vitae diam ac augue semper tincidunt eu ut eros. Fusce fringilla erat porttitor lectus cursus, S1 Video vel sagittis arcu lobortis. Aliquam in enim semper, aliquam massa id, cursus neque. Praesent faucibus semper libero.

Figure 1. Figure Title first bold sentence Nulla mi mi, venenatis sed ipsum varius, volutpat euismod diam. Figure Caption Proin rutrum vel massa non gravida. Quisque tempor sem et dignissim rutrum. A: Lorem ipsum dolor sit amet. B: Consectetur adipiscing elit.

1. react
2. diffuse free particles
3. increment time by dt and go to 1

Results

Nulla mi mi, venenatis sed ipsum varius, Table 1 volutpat euismod diam. Proin rutrum vel massa non gravida. Quisque tempor sem et dignissim rutrum. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Morbi at justo vitae nulla elementum commodo eu id massa. In vitae diam ac augue semper tincidunt eu ut eros. Fusce fringilla erat porttitor lectus cursus, vel sagittis arcu lobortis. Aliquam in enim semper, aliquam massa id, cursus neque. Praesent faucibus semper libero.

Table 1. Table caption Nulla mi mi, venenatis sed ipsum varius, volutpat euismod diam.

Heading1				Heading2			
cell1row1	cell2 row 1	cell3 row 1	cell4 row 1	cell5 row 1	cell6 row 1	cell7 row 1	cell8 row 1
cell1row2	cell2 row 2	cell3 row 2	cell4 row 2	cell5 row 2	cell6 row 2	cell7 row 2	cell8 row 2
cell1row3	cell2 row 3	cell3 row 3	cell4 row 3	cell5 row 3	cell6 row 3	cell7 row 3	cell8 row 3

Table notes Phasellus venenatis, tortor nec vestibulum mattis, massa tortor interdum felis, nec pellentesque metus tortor nec nisl. Ut ornare mauris tellus, vel dapibus arcu suscipit sed.

LOREM and IPSUM Nunc blandit a tortor.

Maecenas convallis mauris sit amet sem ultrices gravida. Etiam eget sapien nibh. Sed ac ipsum eget enim egestas ullamcorper nec euismod ligula. Curabitur fringilla pulvinar lectus consectetur pellentesque. Quisque augue sem, tincidunt sit amet feugiat eget, ullamcorper sed velit. Sed non aliquet felis. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Mauris commodo justo ac dui pretium imperdiet. Sed suscipit iaculis mi at feugiat.

Sed ac quam id nisi malesuada congue.

Nulla mi mi, venenatis sed ipsum varius, volutpat euismod diam. Proin rutrum vel massa non gravida. Quisque tempor sem et dignissim rutrum. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Morbi at justo vitae nulla elementum commodo eu id massa. In vitae diam ac augue semper tincidunt eu ut eros. Fusce fringilla erat porttitor lectus cursus, vel sagittis arcu lobortis. Aliquam in enim semper, aliquam massa id, cursus neque. Praesent faucibus semper libero.

Subsection 1

Nulla mi mi, venenatis sed ipsum varius, volutpat euismod diam. Proin rutrum vel massa non gravida. Quisque tempor sem et dignissim rutrum. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Morbi at justo vitae nulla elementum commodo eu id massa. In vitae diam ac augue semper tincidunt eu ut eros. Fusce fringilla erat porttitor lectus cursus, vel sagittis arcu lobortis. Aliquam in enim semper, aliquam massa id, cursus neque. Praesent faucibus semper libero.

Subsection 2

3rd Level Heading. Nulla mi mi, venenatis sed ipsum varius, volutpat euismod diam. Proin rutrum vel massa non gravida. Quisque tempor sem et dignissim rutrum. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Morbi at justo vitae nulla elementum commodo eu id massa. In vitae diam ac augue semper tincidunt eu ut eros. Fusce fringilla erat porttitor lectus cursus, vel sagittis arcu lobortis. Aliquam in enim semper, aliquam massa id, cursus neque. Praesent faucibus semper libero.

Discussion

Nulla mi mi, venenatis sed ipsum varius, Table 1 volutpat euismod diam. Proin rutrum vel massa non gravida. Quisque tempor sem et dignissim rutrum. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Morbi at justo vitae nulla elementum commodo eu id massa. In vitae diam ac augue semper tincidunt eu ut eros. Fusce fringilla erat porttitor lectus cursus, vel sagittis arcu lobortis. Aliquam in enim semper, aliquam massa id, cursus neque. Praesent faucibus semper libero.

LOREM and IPSUM Nunc blandit a tortor.

CO₂ Maecenas convallis mauris sit amet sem ultrices gravida. Etiam eget sapien nibh. Sed ac ipsum eget enim egestas ullamcorper nec euismod ligula. Curabitur fringilla pulvinar lectus consectetur pellentesque. Quisque augue sem, tincidunt sit amet feugiat eget, ullamcorper sed velit.

Sed non aliquet felis. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Mauris commodo justo ac dui pretium imperdiet. Sed suscipit iaculis mi at feugiat. Ut neque ipsum, luctus id lacus ut, laoreet scelerisque urna. Phasellus venenatis, tortor nec vestibulum mattis, massa tortor interdum felis, nec pellentesque metus tortor nec nisl. Ut ornare mauris tellus, vel dapibus arcu suscipit sed. Nam condimentum sem eget mollis euismod. Nullam dui urna, gravida venenatis dui et, tincidunt sodales ex. Nunc est dui, sodales sed mauris nec, auctor sagittis leo. Aliquam tincidunt, ex in facilisis elementum, libero lectus luctus est, non vulputate nisl augue at dolor. For more information, see S1 Text.

Supporting Information

S1 Video

Bold the first sentence. Maecenas convallis mauris sit amet sem ultrices gravida. Etiam eget sapien nibh. Sed ac ipsum eget enim egestas ullamcorper nec euismod ligula. Curabitur fringilla pulvinar lectus consectetur pellentesque.

S1 Text

Lorem Ipsum. Maecenas convallis mauris sit amet sem ultrices gravida. Etiam eget sapien nibh. Sed ac ipsum eget enim egestas ullamcorper nec euismod ligula. Curabitur fringilla pulvinar lectus consectetur pellentesque.

S1 Fig

Lorem Ipsum. Maecenas convallis mauris sit amet sem ultrices gravida. Etiam eget sapien nibh. Sed ac ipsum eget enim egestas ullamcorper nec euismod ligula. Curabitur fringilla pulvinar lectus consectetur pellentesque.

S2 Fig

Lorem Ipsum. Maecenas convallis mauris sit amet sem ultrices gravida. Etiam eget sapien nibh. Sed ac ipsum eget enim egestas ullamcorper nec euismod ligula. Curabitur fringilla pulvinar lectus consectetur pellentesque.

S1 Table

Lorem Ipsum. Maecenas convallis mauris sit amet sem ultrices gravida. Etiam eget sapien nibh. Sed ac ipsum eget enim egestas ullamcorper nec euismod ligula. Curabitur fringilla pulvinar lectus consectetur pellentesque.

Acknowledgments

Cras egestas velit mauris, eu mollis turpis pellentesque sit amet. Interdum et malesuada fames ac ante ipsum primis in faucibus. Nam id pretium nisi. Sed ac quam id nisi malesuada congue. Sed interdum aliquet augue, at pellentesque quam rhoncus vitae.

References

1. Devaraju P, Gulati R, Antony PT, Mithun CB, Negi VS. Susceptibility to SLE in South Indian Tamils may be influenced by genetic selection pressure on TLR2 and TLR9 genes. *Mol Immunol.* 2014 Nov 22. pii: S0161-5890(14)00313-7. doi: 10.1016/j.molimm.2014.11.005
2. Huynen MMTE, Martens P, Hilderlink HBM. The health impacts of globalisation: a conceptual framework. *Global Health.* 2005;1: 14. Available: <http://www.globalizationandhealth.com/content/1/1/14>.