Airline Passenger Satisfaction

Explainable Artificial Intelligence (XAI) techniques

Group PA2_DS3_GC: Athos Freitas up202108792 | Félix Martins up202108837 | Luís Du up202105385

Table of contents

01

Dataset and Learning Task

Definition of dataset and supervised learning algorithms; pre-modelling analysis

Post-Modeling Explanations

Black-box model on our case study and then apply post-hoc XAI techniques

02

In-Modeling Explanations

Glass-box model on the case study and critically analyze its interpretability

04

Quality of the explanations

Functionally-grounded metric to evaluate explanations generated by post-hoc XAI techniques

Pre-modelling

About this dataset

This dataset contains an airline passenger satisfaction survey.

Dimensionality	24 Columns and 129880 Rows.						
Target class	Neutral or Dissatisfied: 56.6% Satisfied: 43.4%						
Features	Passenger data - gender, age Travel information - business/personal, economy/business Flight information - flight distance, arrival/departure delay Satisfaction levels (1-5) related to specific travel aspects (service quality)						
Missing values	0.013% Missing values; Dropped 393 rows with missing values.						
Duplicate rows	There are no duplicate rows in the dataset.						

Correlation matrix

| | Correlation between features | | | |
 | |

 | | |
 | | | | | | | |
 |
|---|---|---|---|--
--
--|--
--
---|---|---
--
---|---|---|---------|--------|--|---------|--|
| 1 | 0.1 | -0.0093 | -0.011 | 0.037 | 0.022
 | 0.033 | 0.21

 | -0.00071 | 0.057 | 0.16
 | 0.039 | 0.053 | 0.023 | -0.052 | 0.016 | 0.075 | -0.048 | 0.13
 |
| 0.1 | 1 | 0.002 | -0.0019 | -0.019 | 0.065
 | 0.074 | 0.22

 | 0.0054 | 0.11 | 0.16
 | 0.13 | 0.096 | 0.057 | 0.059 | 0.0066 | 0.13 | 0.065 | 0.3
 |
| 0.0093 | 0.002 | 1 | 0.97 | 0.00061 | -0.0053
 | -0.019 | -0.019

 | 0.0059 | -0.03 | -0.028
 | 0.014 | -0.015 | -0.029 | -0.054 | -0.016 | -0.027 | -0.0044 | -0.051
 |
| -0.011 | -0.0019 | 0.97 | 1 | -0.00094 | -0.007
 | -0.022 | -0.023

 | 0.0057 | -0.035 | -0.031
 | 0.011 | -0.017 | -0.032 | -0.06 | -0.018 | -0.03 | -0.0079 | -0.058
 |
| 0.037 | -0.019 | 0.00061 | -0.00094 | 1 | 0.44
 | 0.091 | 0.072

 | 0.45 | 0.067 | 0.0087
 | 0.011 | 0.01 | 0.0011 | 0.072 | 0.34 | -0.0082 | 0.071 | -0.054
 |
| 0.022 | 0.065 | -0.0053 | -0.007 | 0.44 | 1
 | 0.0088 | 0.4

 | 0.46 | 0.039 | 0.029
 | 0.11 | 0.015 | 0.031 | 0.035 | 0.71 | 0.047 | 0.039 | 0.17
 |
| 0.033 | 0.074 | -0.019 | -0.022 | 0.091 | 0.0088
 | 1 | 0.2

 | -0.039 | 0.24 | 0.19
 | 0.15 | 0.18 | 0.085 | 0.24 | 0.044 | 0.12 | 0.23 | 0.24
 |
| 0.21 | 0.22 | -0.019 | -0.023 | 0.072 | 0.4
 | 0.2 | 1

 | 0.0026 | 0.15 | 0.42
 | 0.12 | 0.33 | 0.23 | 0.074 | 0.46 | 0.28 | 0.084 | 0.5
 |
| 0.00071 | 0.0054 | 0.0059 | 0.0057 | 0.45 | 0.46
 | -0.039 | 0.0026

 | 1 | -0.029 | 0.0025
 | -0.0051 | -0.0061 | -0.0028 | 0.00034 | 0.34 | 0.0028 | 0.0011 | -0.0029
 |
| 0.057 | 0.11 | -0.03 | -0.035 | 0.067 | 0.039
 | 0.24 | 0.15

 | -0.029 | 1 | 0.13
 | 0.36 | 0.12 | 0.057 | 0.55 | 0.12 | 0.42 | 0.52 | 0.32
 |
| 0.16 | 0.16 | -0.028 | -0.031 | 0.0087 | 0.029
 | 0.19 | 0.42

 | 0.0025 | 0.13 | 1
 | 0.1 | 0.68 | 0.58 | 0.069 | 0.12 | 0.61 | 0.075 | 0.35
 |
| 0.039 | 0.13 | 0.014 | 0.011 | 0.011 | 0.11
 | 0.15 | 0.12

 | -0.0051 | 0.36 | 0.1
 | 1 | 0.097 | 0.033 | 0.37 | 0.16 | 0.3 | 0.37 | 0.31
 |
| 0.053 | 0.096 | -0.015 | -0.017 | 0.01 | 0.015
 | 0.18 | 0.33

 | -0.0061 | 0.12 | 0.68
 | 0.097 | 1 | 0.66 | 0.091 | 0.13 | 0.69 | 0.097 | 0.31
 |
| 0.023 | 0.057 | -0.029 | -0.032 | 0.0011 | 0.031
 | 0.085 | 0.23

 | -0.0028 | 0.057 | 0.58
 | 0.033 | 0.66 | 1 | 0.035 | 0.13 | 0.62 | 0.035 | 0.21
 |
| -0.052 | 0.059 | -0.054 | -0.06 | 0.072 | 0.035
 | 0.24 | 0.074

 | 0.00034 | 0.55 | 0.069
 | 0.37 | 0.091 | 0.035 | 1 | 0.11 | 0.41 | 0.63 | 0.25
 |
| 0.016 | 0.0066 | -0.016 | -0.018 | 0.34 | 0.71
 | 0.044 | 0.46

 | 0.34 | 0.12 | 0.12
 | 0.16 | 0.13 | 0.13 | 0.11 | 1 | 0.21 | 0.12 | 0.28
 |
| 0.075 | 0.13 | -0.027 | -0.03 | -0.0082 | 0.047
 | 0.12 | 0.28

 | 0.0028 | 0.42 | 0.61
 | 0.3 | 0.69 | 0.62 | 0.41 | 0.21 | 1 | 0.38 | 0.4
 |
| -0.048 | 0.065 | -0.0044 | -0.0079 | 0.071 | 0.039
 | 0.23 | 0.084

 | 0.0011 | 0.52 | 0.075
 | 0.37 | 0.097 | 0.035 | 0.63 | 0.12 | 0.38 | 1 | 0.25
 |
| 0.13 | 0.3 | -0.051 | -0.058 | -0.054 | 0.17
 | 0.24 | 0.5

 | -0.0029 | 0.32 | 0.35
 | 0.31 | 0.31 | 0.21 | 0.25 | 0.28 | 0.4 | 0.25 | 1
 |
| 0 | 0.1
0.0093
0.011
0.037
0.033
0.033
0.033
0.057
0.057
0.057
0.053
0.053
0.052
0.016
0.075
0.048 | 0.1 1 .0093 0.002 .011 -0.0019 .037 -0.019 .022 0.065 .033 0.074 .0.21 0.22 .00071 0.0054 .0.57 0.11 .0.16 0.16 .0.39 0.13 .0.053 0.096 .0.053 0.057 .0.052 0.059 .016 0.0066 .075 0.13 | 0.1 1 0.002 0.0093 0.002 1 0.011 -0.0019 0.97 0.037 -0.019 0.00061 0.022 0.065 -0.0053 0.033 0.074 -0.019 0.021 0.022 -0.019 0.057 0.11 -0.03 0.16 0.16 -0.028 0.039 0.13 0.014 0.053 0.096 -0.015 0.023 0.057 -0.029 0.052 0.059 -0.054 0.016 0.066 -0.016 0.075 0.13 -0.027 0.048 0.065 -0.0044 | 0.1 1 0.002 -0.0019 .0093 0.002 1 0.97 .011 -0.0019 0.97 1 .037 -0.019 0.00061 -0.0094 .022 0.065 -0.0053 -0.007 .033 0.074 -0.019 -0.023 00071 0.0054 0.0059 0.0057 .057 0.11 -0.03 -0.035 .0.16 0.16 -0.028 -0.031 .039 0.13 0.014 0.011 .023 0.057 -0.029 -0.032 .055 0.059 -0.054 -0.06 .016 0.0066 -0.016 -0.018 .007 -0.031 -0.008 -0.018 .007 -0.054 -0.06 .006 -0.016 -0.018 .007 -0.033 -0.0044 -0.0079 | 0.1 1 0.002 -0.0019 -0.019 .0093 0.002 1 0.97 0.00061 .011 -0.0019 0.97 1 -0.00094 .037 -0.019 0.00061 -0.0094 1 .022 0.065 -0.0053 -0.007 0.44 .033 0.074 -0.019 -0.022 0.091 0.21 0.22 -0.019 -0.023 0.072 00071 0.0054 0.0059 0.0057 0.45 0.057 0.11 -0.03 -0.035 0.067 0.16 0.16 -0.028 -0.031 0.0087 0.039 0.13 0.014 0.011 0.011 0.053 0.096 -0.015 -0.017 0.01 0.023 0.057 -0.028 -0.032 0.0011 0.023 0.057 -0.029 -0.032 0.0011 0.055 0.059 -0.054 -0.06 0.072 0.016 <th>0.1 1 0.002 -0.0019 -0.019 0.065 0.093 0.002 1 0.97 0.00061 -0.0053 0.011 -0.0019 0.97 1 -0.00094 -0.007 0.037 -0.019 0.00061 -0.0094 1 0.44 0.022 0.065 -0.0053 -0.007 0.44 1 0.033 0.074 -0.019 -0.022 0.091 0.0088 0.21 0.22 -0.019 -0.023 0.072 0.4 0.021 0.024 0.0059 0.0057 0.45 0.46 0.057 0.11 -0.03 -0.035 0.067 0.039 0.16 0.16 -0.028 -0.031 0.0087 0.029 0.039 0.13 0.014 0.011 0.011 0.11 0.053 0.057 -0.029 -0.032 0.0011 0.015 0.023 0.057 -0.029 -0.032 0.0011 0.031</th> <th>0.1 1 0.002 -0.0019 -0.019 0.065 0.074 0.093 0.002 1 0.97 0.00061 -0.0053 -0.019 0.011 -0.0019 0.97 1 -0.00094 -0.007 -0.022 0.037 -0.019 0.00061 -0.00094 1 0.44 0.091 0.022 0.065 -0.0053 -0.007 0.44 1 0.0088 0.033 0.074 -0.019 -0.022 0.091 0.0088 1 0.21 0.22 -0.019 -0.022 0.091 0.0088 1 0.21 0.22 -0.019 -0.023 0.072 0.4 0.2 0.0071 0.054 0.059 0.057 0.45 0.46 -0.039 0.057 0.11 -0.03 -0.035 0.067 0.039 0.24 0.059 0.13 0.014 0.011 0.011 0.11 0.15 0.053 0.059 -0.054<th>0.1 1 0.002 -0.0019 -0.019 0.065 0.074 0.22 0.093 0.002 1 0.97 0.00061 -0.0053 -0.019 -0.019 0.011 -0.0019 0.97 1 -0.00094 -0.007 -0.022 -0.023 0.037 -0.019 0.00061 -0.00094 1 0.44 0.091 0.072 0.022 0.065 -0.0053 -0.007 0.44 1 0.0088 0.4 0.033 0.074 -0.019 -0.022 0.091 0.0088 1 0.2 0.21 0.22 -0.019 -0.023 0.072 0.4 0.2 1 0.021 0.024 -0.019 -0.023 0.072 0.4 0.2 1 0.057 0.11 -0.03 -0.035 0.067 0.039 0.24 0.15 0.16 0.16 -0.028 -0.031 0.0087 0.029 0.19 0.42 0.033</th><th>0.1 1 0.002 -0.0019 -0.019 0.065 0.074 0.22 0.0054 0.093 0.002 1 0.97 0.00061 -0.0053 -0.019 -0.019 0.0059 0.011 -0.0019 0.97 1 -0.00094 -0.007 -0.022 -0.023 0.0057 0.037 -0.019 0.00061 -0.00094 1 0.44 0.091 0.072 0.45 0.022 0.065 -0.0053 -0.007 0.44 1 0.0088 0.4 0.46 0.033 0.074 -0.019 -0.022 0.091 0.0088 1 0.2 -0.039 0.21 0.22 -0.019 -0.023 0.072 0.4 0.2 1 0.0026 0.057 0.11 -0.033 0.057 0.45 0.46 -0.039 0.0026 1 0.057 0.11 -0.03 -0.035 0.067 0.039 0.24 0.15 -0.029 0.16</th><th>0.1 1 0.002 -0.019 -0.019 0.065 0.074 0.22 0.0054 0.11 0.093 0.002 1 0.97 0.0061 -0.0053 -0.019 -0.019 0.0059 -0.03 0.011 -0.0019 0.097 1 -0.00094 -0.007 -0.022 -0.023 0.0057 -0.035 0.037 -0.019 0.0061 -0.0094 1 0.44 0.091 0.072 0.45 0.067 0.022 0.065 -0.0053 -0.007 0.44 1 0.0088 0.4 0.46 0.039 0.033 0.074 -0.019 -0.022 0.091 0.0088 1 0.2 -0.039 0.24 0.21 0.22 -0.019 -0.022 0.091 0.0088 1 0.2 -0.039 0.24 0.021 0.022 0.091 0.0088 1 0.2 -0.039 0.24 0.15 -0.029 1 0.057 0.11<!--</th--><th>0.1 1 0.002 -0.019 0.065 0.074 0.22 0.0054 0.11 0.16 0.093 0.002 1 0.97 0.00061 -0.0053 -0.019 -0.019 0.0059 -0.03 -0.028 0.011 -0.0019 0.097 1 -0.00094 -0.007 -0.022 -0.023 0.0057 -0.035 -0.031 0.027 0.019 0.0061 -0.0094 1 0.44 0.091 0.072 0.45 0.067 0.0087 0.022 0.065 -0.0053 -0.007 0.44 1 0.0088 0.4 0.46 0.039 0.029 0.033 0.074 -0.019 -0.022 0.091 0.0088 1 0.2 -0.039 0.24 0.19 0.21 0.22 -0.019 -0.023 0.072 0.4 0.2 1 0.029 0.19 0.057 0.015 0.057 0.45 0.46 -0.039 0.026 1 -0</th><th>0.1 1 0.002 -0.019 -0.019 0.065 0.074 0.22 0.0054 0.11 0.16 0.13 .0093 0.002 1 0.97 0.00061 -0.0053 -0.019 -0.019 0.0059 -0.03 -0.028 0.014 .011 -0.0019 0.97 1 -0.0094 -0.007 -0.022
 -0.023 0.0057 -0.035 -0.031 0.011 .037 -0.019 0.00061 -0.0094 1 0.44 0.091 0.072 0.45 0.067 0.0087 0.011 .022 0.065 -0.0053 -0.007 0.44 1 0.0088 0.4 0.46 0.039 0.029 0.11 .033 0.074 -0.019 -0.022 0.091 0.088 1 0.2 -0.039 0.24 0.19 0.14 .021 0.222 -0.019 -0.023 0.072 0.4 0.2 1 0.026 0.15 0.42 0.12</th><th>0.1 1 0.002 0.0019 0.019 0.065 0.074 0.22 0.0054 0.11 0.16 0.13 0.096 0.0093 0.002 1 0.097 0.0061 0.0053 0.019 0.019 0.0059 0.03 0.028 0.014 0.015 0.011 0.011 0.011 0.0019 0.007 1 0.00094 0.007 0.022 0.023 0.0057 0.035 0.031 0.011 0.017 0.022 0.037 0.019 0.0061 0.00094 1 0.44 0.091 0.072 0.45 0.067 0.0087 0.011 0.011 0.012 0.022 0.065 0.0053 0.007 0.044 1 0.0088 0.4 0.46 0.039 0.029 0.11 0.015 0.033 0.074 0.019 0.022 0.091 0.0088 1 0.2 0.039 0.24 0.19 0.15 0.18 0.021 0.022 0.019 0.023 0.072 0.4 0.2 1 0.0026 0.15 0.42 0.12 0.33 0.0071 0.0054 0.0059 0.0057 0.45 0.46 0.039 0.026 1 0.029 0.025 0.0051 0.0061 0.057 0.11 0.03 0.067 0.039 0.24 0.15 0.029 1 0.13 0.36 0.12 0.058 0.057 0.13 0.014 0.011 0.011 0.11 0.15 0.12 0.025 0.13 1 0.1 0.08 0.039 0.039 0.13 0.014 0.011 0.011 0.11 0.15 0.12 0.0051 0.36 0.1 1 0.097 0.053 0.055 0.059 0.032 0.0011 0.015 0.18 0.33 0.056 0.057 0.059 0.032 0.0011 0.015 0.18 0.33 0.056 0.057 0.059 0.032 0.0011 0.015 0.18 0.33 0.056 0.057 0.059 0.032 0.0011 0.015 0.18 0.33 0.0061 0.12 0.68 0.097 1 0.053 0.055 0.059 0.032 0.0011 0.015 0.18 0.33 0.0061 0.12 0.68 0.097 1 0.052 0.055 0.059 0.054 0.066 0.072 0.035 0.24 0.074 0.0034 0.55 0.069 0.37 0.091 0.055 0.059 0.056 0.018 0.34 0.71 0.044 0.46 0.34 0.12 0.12 0.16 0.13 0.055 0.069 0.37 0.091 0.056 0.056 0.056 0.057 0.03 0.0082 0.047 0.028 0.057 0.03 0.059 0.059 0.008 0.057 0.03 0.008 0.057 0.03 0.008 0.057 0.03 0.008 0.057 0.03 0.008 0.057 0.058 0.03 0.059 0.059 0.054 0.008 0.057 0.03 0.008 0.057 0.058 0.03 0.059 0.059 0.059 0.054 0.008 0.057 0.03 0.008 0.057 0.058 0.059 0.059 0.059 0.054 0.008 0.057 0.039 0.034 0.071 0.044 0.46 0.34 0.12 0.12 0.16 0.13 0.059 0.059 0.054 0.008 0.057 0.03 0.008 0.057 0.03 0.008 0.057 0.059 0.059 0.008 0.057 0.03 0.008 0.057 0.059 0.059 0.059 0.059 0.008 0.057 0.058 0.059</th><th>0.1</th><th>0.1</th><th>0.1 1 0.002 0.0019 0.019 0.065 0.074 0.22 0.0054 0.11 0.16 0.13 0.096 0.057 0.059 0.0066 0.0093 0.002 1 0.97 0.0061 0.0053 0.019 0.019 0.0059 0.03 0.028 0.014 0.015 0.029 0.054 0.016 0.011 0.0019 0.97 1 0.00094 0.007 0.022 0.023 0.0057 0.035 0.031 0.011 0.017 0.032 0.066 0.011 0.017 0.032 0.066 0.011 0.019 0.0071 0.0019 0.00061 0.00094 1 0.44 0.091 0.072 0.45 0.067 0.0087 0.011 0.01 0.011 0.072 0.34 0.022 0.065 0.0053 0.007 0.44 1 0.0088 0.4 0.46 0.039 0.029 0.11 0.015 0.031 0.035 0.71 0.033 0.074 0.019 0.022 0.091 0.0088 1 0.22 0.039 0.24 0.19 0.15 0.18 0.085 0.24 0.044 0.21 0.22 0.019 0.023 0.072 0.4 0.2 1 0.0026 0.15 0.42 0.12 0.33 0.23 0.074 0.46 0.0071 0.0054 0.0059 0.0057 0.45 0.46 0.039 0.0026 1 0.029 0.025 0.0051 0.0061 0.0028 0.0034 0.34 0.057 0.11 0.03 0.035 0.067 0.039 0.24 0.15 0.029 1 0.13 0.36 0.12 0.057 0.55 0.12 0.066 0.16 0.16 0.028 0.031 0.0017 0.015 0.18 0.0087 0.029 0.19 0.42 0.025 0.13 1 0.1 0.1 0.68 0.58 0.069 0.12 0.039 0.13 0.014 0.011 0.011 0.11 0.15 0.12 0.0051 0.36 0.11 1 0.079 0.033 0.37 0.16 0.033 0.057 0.059 0.051 0.0017 0.015 0.017 0.015 0.18 0.33 0.006 0.15 0.057 0.59 0.033 0.66 1 0.066 0.091 0.13 0.057 0.059 0.055 0.051 0.0017 0.055 0.18 0.055 0.059 0.055 0.051 0.0017 0.055 0.13 0.057 0.55 0.12 0.055 0</th><th>0.1</th><th>0.1 1 0.002 0.001 0.001 0.005 0.074 0.22 0.0054 0.11 0.16 0.13 0.096 0.057 0.059 0.0066 0.13 0.065 0.0093 0.002 1 0.97 0.00061 0.0053 0.019 0.019 0.0059 0.03 0.028 0.014 0.015 0.029 0.054 0.016 0.027 0.0044 0.011 0.0019 0.97 1 0.00004 0.007 0.022 0.023 0.0057 0.035 0.031 0.011 0.017 0.032 0.06 0.018 0.03 0.0079 0.037 0.019 0.00061 0.00094 1 0.44 0.091 0.072 0.45 0.067 0.087 0.011 0.01 0.0011 0.072 0.34 0.0082 0.071 0.022 0.065 0.0053 0.007 0.44 1 0.0088 0.4 0.46 0.039 0.29 0.11 0.015 0.031 0.035 0.71 0.047 0.039 0.033 0.074 0.019 0.022 0.091 0.0088 1 0.2 0.039 0.24 0.19 0.15 0.18 0.085 0.24 0.044 0.12 0.23 0.021 0.22 0.019 0.023 0.072 0.44 0.2 1 0.0026 0.15 0.42 0.19 0.15 0.18 0.085 0.24 0.044 0.12 0.23 0.021 0.054 0.059 0.057 0.45 0.46 0.039 0.0026 1 0.029 0.025 0.0051 0.0061 0.0028 0.0034 0.34 0.0028 0.001 0.057 0.11 0.03 0.035 0.067 0.039 0.24 0.15 0.029 1 0.025 0.051 0.0061 0.0028 0.0034 0.34 0.0028 0.011 0.057 0.11 0.03 0.035 0.067 0.039 0.24 0.15 0.029 1 0.13 0.36 0.12 0.057 0.55 0.12 0.42 0.52 0.166 0.16 0.028 0.031 0.0087 0.29 0.19 0.42 0.025 0.13 1 0.1 0.1 0.068 0.58 0.069 0.12 0.61 0.075 0.033 0.057 0.059 0.057 0.051 0.018 0.33 0.0061 0.12 0.058 0.097 1 0.66 0.091 0.13 0.69 0.097 0.033 0.057 0.059 0.054 0.06 0.072 0.035 0.24 0.074 0.0051 0.36 0.1 1 0.097 0.033 0.37 0.16 0.3 0.37 0.053 0.059 0.054 0.059 0.057 0.01 0.015 0.18 0.33 0.0061 0.12 0.68 0.097 1 0.66 0.091 0.13 0.69 0.097 0.033 0.057 0.059 0.054 0.06 0.072 0.035 0.24 0.074 0.0034 0.55 0.069 0.37 0.091 0.035 1 0.11 0.11 0.11 0.21 0.12 0.055 0.13 0.0057 0.054 0.06 0.072 0.035 0.24 0.074 0.0034 0.55 0.069 0.37 0.091 0.035 1 0.11 0.11 0.21 0.21 0.055 0.13 0.0054 0.006 0.016 0.018 0.34 0.71 0.044 0.46 0.34 0.12 0.12 0.12 0.16 0.13 0.13 0.11 1 0.11 0.21 0.12 0.055 0.13 0.0054 0.006 0.016 0.018 0.34 0.71 0.044 0.46 0.34 0.12 0.12 0.12 0.16 0.13 0.13 0.11 1 0.11 0.21 0.12 0.055 0.13 0.0054 0.006 0.006 0.007 0.071 0.039 0.028 0.007 0.028 0.0028 0.027 0.075 0.075 0.075 0.075 0.035 0.63 0.12 0.13 0.13</th></th></th> | 0.1 1 0.002 -0.0019 -0.019 0.065 0.093 0.002 1 0.97 0.00061 -0.0053 0.011 -0.0019 0.97 1 -0.00094 -0.007 0.037 -0.019 0.00061 -0.0094 1 0.44 0.022 0.065 -0.0053 -0.007 0.44 1 0.033 0.074 -0.019 -0.022 0.091 0.0088 0.21 0.22 -0.019 -0.023 0.072 0.4 0.021 0.024 0.0059 0.0057 0.45 0.46 0.057 0.11 -0.03 -0.035 0.067 0.039 0.16 0.16 -0.028 -0.031 0.0087 0.029 0.039 0.13 0.014 0.011 0.011 0.11 0.053 0.057 -0.029 -0.032 0.0011 0.015 0.023 0.057 -0.029 -0.032 0.0011 0.031 | 0.1 1 0.002 -0.0019 -0.019 0.065 0.074 0.093 0.002 1 0.97 0.00061 -0.0053 -0.019 0.011 -0.0019 0.97 1 -0.00094 -0.007 -0.022 0.037 -0.019 0.00061 -0.00094 1 0.44 0.091 0.022 0.065 -0.0053 -0.007 0.44 1 0.0088 0.033 0.074 -0.019 -0.022 0.091 0.0088 1 0.21 0.22 -0.019 -0.022 0.091 0.0088 1 0.21 0.22 -0.019 -0.023 0.072 0.4 0.2 0.0071 0.054 0.059 0.057 0.45 0.46 -0.039 0.057 0.11 -0.03 -0.035 0.067 0.039 0.24 0.059 0.13 0.014 0.011 0.011 0.11 0.15 0.053 0.059 -0.054 <th>0.1 1 0.002 -0.0019 -0.019 0.065 0.074 0.22 0.093 0.002 1 0.97 0.00061 -0.0053 -0.019 -0.019 0.011 -0.0019 0.97 1 -0.00094 -0.007 -0.022 -0.023 0.037 -0.019 0.00061 -0.00094 1 0.44 0.091 0.072 0.022 0.065 -0.0053 -0.007 0.44 1 0.0088 0.4 0.033 0.074 -0.019 -0.022 0.091 0.0088 1 0.2 0.21 0.22 -0.019 -0.023 0.072 0.4 0.2 1 0.021 0.024 -0.019 -0.023 0.072 0.4 0.2
 1 0.057 0.11 -0.03 -0.035 0.067 0.039 0.24 0.15 0.16 0.16 -0.028 -0.031 0.0087 0.029 0.19 0.42 0.033</th> <th>0.1 1 0.002 -0.0019 -0.019 0.065 0.074 0.22 0.0054 0.093 0.002 1 0.97 0.00061 -0.0053 -0.019 -0.019 0.0059 0.011 -0.0019 0.97 1 -0.00094 -0.007 -0.022 -0.023 0.0057 0.037 -0.019 0.00061 -0.00094 1 0.44 0.091 0.072 0.45 0.022 0.065 -0.0053 -0.007 0.44 1 0.0088 0.4 0.46 0.033 0.074 -0.019 -0.022 0.091 0.0088 1 0.2 -0.039 0.21 0.22 -0.019 -0.023 0.072 0.4 0.2 1 0.0026 0.057 0.11 -0.033 0.057 0.45 0.46 -0.039 0.0026 1 0.057 0.11 -0.03 -0.035 0.067 0.039 0.24 0.15 -0.029 0.16</th> <th>0.1 1 0.002 -0.019 -0.019 0.065 0.074 0.22 0.0054 0.11 0.093 0.002 1 0.97 0.0061 -0.0053 -0.019 -0.019 0.0059 -0.03 0.011 -0.0019 0.097 1 -0.00094 -0.007 -0.022 -0.023 0.0057 -0.035 0.037 -0.019 0.0061 -0.0094 1 0.44 0.091 0.072 0.45 0.067 0.022 0.065 -0.0053 -0.007 0.44 1 0.0088 0.4 0.46 0.039 0.033 0.074 -0.019 -0.022 0.091 0.0088 1 0.2 -0.039 0.24 0.21 0.22 -0.019 -0.022 0.091 0.0088 1 0.2 -0.039 0.24 0.021 0.022 0.091 0.0088 1 0.2 -0.039 0.24 0.15 -0.029 1 0.057 0.11<!--</th--><th>0.1 1 0.002 -0.019 0.065 0.074 0.22 0.0054 0.11 0.16 0.093 0.002 1 0.97 0.00061 -0.0053 -0.019 -0.019 0.0059 -0.03 -0.028 0.011 -0.0019 0.097 1 -0.00094 -0.007 -0.022 -0.023 0.0057 -0.035 -0.031 0.027 0.019 0.0061 -0.0094 1 0.44 0.091 0.072 0.45 0.067 0.0087 0.022 0.065 -0.0053 -0.007 0.44 1 0.0088 0.4 0.46 0.039 0.029 0.033 0.074 -0.019 -0.022 0.091 0.0088 1 0.2 -0.039 0.24 0.19 0.21 0.22 -0.019 -0.023 0.072 0.4 0.2 1 0.029 0.19 0.057 0.015 0.057 0.45 0.46 -0.039 0.026 1 -0</th><th>0.1 1 0.002 -0.019 -0.019 0.065 0.074 0.22 0.0054 0.11 0.16 0.13 .0093 0.002 1 0.97 0.00061 -0.0053 -0.019 -0.019 0.0059 -0.03 -0.028 0.014 .011 -0.0019 0.97 1 -0.0094 -0.007 -0.022 -0.023 0.0057 -0.035 -0.031 0.011 .037 -0.019 0.00061 -0.0094 1 0.44 0.091 0.072 0.45 0.067 0.0087 0.011 .022 0.065 -0.0053 -0.007 0.44 1 0.0088 0.4 0.46 0.039 0.029 0.11 .033 0.074 -0.019 -0.022 0.091 0.088 1 0.2 -0.039 0.24 0.19 0.14 .021 0.222 -0.019 -0.023 0.072 0.4 0.2 1 0.026 0.15 0.42 0.12</th><th>0.1 1 0.002 0.0019 0.019 0.065 0.074 0.22 0.0054 0.11 0.16 0.13 0.096 0.0093 0.002 1 0.097 0.0061 0.0053 0.019 0.019 0.0059 0.03 0.028 0.014 0.015 0.011 0.011 0.011 0.0019 0.007 1 0.00094 0.007 0.022 0.023 0.0057 0.035 0.031 0.011 0.017 0.022 0.037 0.019 0.0061 0.00094 1 0.44 0.091 0.072 0.45 0.067 0.0087 0.011 0.011 0.012 0.022 0.065 0.0053 0.007 0.044 1 0.0088 0.4 0.46 0.039 0.029 0.11 0.015 0.033 0.074 0.019 0.022 0.091 0.0088 1 0.2 0.039 0.24 0.19 0.15 0.18 0.021 0.022 0.019 0.023 0.072 0.4 0.2 1 0.0026 0.15 0.42 0.12 0.33 0.0071 0.0054 0.0059 0.0057 0.45 0.46 0.039 0.026 1 0.029 0.025 0.0051 0.0061 0.057 0.11 0.03 0.067 0.039 0.24 0.15 0.029 1 0.13 0.36 0.12 0.058 0.057 0.13 0.014 0.011 0.011 0.11 0.15 0.12 0.025 0.13 1 0.1 0.08 0.039 0.039 0.13 0.014 0.011 0.011 0.11 0.15 0.12 0.0051 0.36 0.1 1 0.097 0.053 0.055 0.059 0.032 0.0011 0.015 0.18 0.33 0.056 0.057 0.059 0.032 0.0011 0.015 0.18 0.33 0.056 0.057 0.059 0.032 0.0011 0.015 0.18 0.33 0.056 0.057 0.059 0.032 0.0011 0.015 0.18 0.33 0.0061 0.12 0.68 0.097 1 0.053 0.055 0.059 0.032 0.0011 0.015 0.18 0.33 0.0061 0.12 0.68 0.097 1 0.052 0.055 0.059 0.054 0.066 0.072 0.035 0.24 0.074 0.0034 0.55 0.069 0.37 0.091 0.055 0.059 0.056 0.018 0.34 0.71 0.044 0.46 0.34 0.12 0.12 0.16 0.13 0.055 0.069 0.37 0.091 0.056 0.056 0.056 0.057 0.03 0.0082 0.047 0.028 0.057 0.03 0.059 0.059 0.008 0.057 0.03 0.008 0.057 0.03 0.008 0.057 0.03 0.008 0.057 0.03 0.008 0.057 0.058 0.03 0.059 0.059 0.054 0.008 0.057 0.03 0.008 0.057 0.058 0.03 0.059 0.059 0.059 0.054 0.008 0.057 0.03 0.008 0.057 0.058 0.059 0.059 0.059 0.054 0.008 0.057 0.039 0.034 0.071 0.044 0.46 0.34 0.12 0.12 0.16 0.13 0.059 0.059 0.054 0.008 0.057 0.03 0.008 0.057 0.03 0.008 0.057 0.059 0.059 0.008 0.057 0.03 0.008 0.057 0.059 0.059 0.059 0.059 0.008 0.057 0.058 0.059</th><th>0.1</th><th>0.1</th><th>0.1 1 0.002 0.0019 0.019 0.065 0.074 0.22 0.0054 0.11 0.16 0.13 0.096 0.057 0.059 0.0066 0.0093 0.002 1 0.97 0.0061 0.0053 0.019 0.019 0.0059 0.03 0.028 0.014 0.015 0.029 0.054 0.016 0.011 0.0019 0.97 1 0.00094 0.007 0.022 0.023 0.0057 0.035 0.031 0.011 0.017 0.032 0.066 0.011 0.017 0.032 0.066 0.011 0.019 0.0071 0.0019 0.00061 0.00094 1 0.44 0.091 0.072 0.45 0.067 0.0087 0.011 0.01 0.011 0.072 0.34 0.022 0.065 0.0053 0.007 0.44 1 0.0088 0.4 0.46 0.039 0.029 0.11 0.015 0.031 0.035 0.71 0.033 0.074 0.019 0.022 0.091 0.0088 1 0.22 0.039 0.24 0.19 0.15 0.18 0.085 0.24 0.044 0.21 0.22 0.019 0.023 0.072 0.4 0.2 1 0.0026 0.15 0.42 0.12 0.33 0.23 0.074 0.46 0.0071 0.0054 0.0059 0.0057 0.45 0.46 0.039 0.0026 1 0.029 0.025 0.0051 0.0061 0.0028 0.0034 0.34 0.057 0.11 0.03 0.035 0.067 0.039 0.24 0.15 0.029 1 0.13 0.36 0.12 0.057 0.55 0.12 0.066 0.16 0.16 0.028 0.031 0.0017 0.015 0.18 0.0087 0.029 0.19 0.42 0.025 0.13 1 0.1 0.1 0.68 0.58 0.069 0.12 0.039 0.13 0.014 0.011 0.011 0.11 0.15 0.12 0.0051 0.36 0.11 1 0.079 0.033 0.37 0.16 0.033 0.057 0.059 0.051 0.0017 0.015 0.017 0.015 0.18 0.33 0.006 0.15 0.057 0.59 0.033 0.66 1 0.066 0.091 0.13 0.057 0.059 0.055 0.051 0.0017 0.055 0.18 0.055 0.059 0.055 0.051 0.0017 0.055 0.13 0.057 0.55 0.12 0.055 0</th><th>0.1</th><th>0.1 1 0.002 0.001 0.001 0.005 0.074 0.22 0.0054 0.11 0.16 0.13 0.096 0.057 0.059 0.0066 0.13 0.065 0.0093 0.002 1 0.97 0.00061 0.0053 0.019 0.019 0.0059 0.03 0.028 0.014 0.015 0.029 0.054 0.016 0.027 0.0044 0.011 0.0019 0.97 1 0.00004 0.007 0.022 0.023 0.0057 0.035 0.031 0.011 0.017 0.032 0.06 0.018 0.03 0.0079 0.037 0.019 0.00061 0.00094 1 0.44 0.091 0.072 0.45 0.067 0.087 0.011 0.01 0.0011 0.072 0.34 0.0082 0.071 0.022 0.065 0.0053 0.007 0.44 1 0.0088 0.4 0.46 0.039 0.29 0.11 0.015 0.031 0.035 0.71 0.047 0.039 0.033 0.074 0.019 0.022 0.091 0.0088 1 0.2 0.039 0.24 0.19 0.15 0.18 0.085 0.24 0.044 0.12 0.23 0.021 0.22 0.019 0.023 0.072 0.44 0.2 1 0.0026 0.15 0.42 0.19 0.15 0.18 0.085 0.24 0.044 0.12 0.23 0.021 0.054 0.059 0.057 0.45 0.46 0.039 0.0026 1 0.029 0.025 0.0051 0.0061 0.0028 0.0034 0.34 0.0028 0.001 0.057 0.11 0.03 0.035 0.067 0.039 0.24 0.15 0.029 1 0.025 0.051 0.0061 0.0028 0.0034 0.34 0.0028 0.011 0.057 0.11 0.03 0.035 0.067
0.039 0.24 0.15 0.029 1 0.13 0.36 0.12 0.057 0.55 0.12 0.42 0.52 0.166 0.16 0.028 0.031 0.0087 0.29 0.19 0.42 0.025 0.13 1 0.1 0.1 0.068 0.58 0.069 0.12 0.61 0.075 0.033 0.057 0.059 0.057 0.051 0.018 0.33 0.0061 0.12 0.058 0.097 1 0.66 0.091 0.13 0.69 0.097 0.033 0.057 0.059 0.054 0.06 0.072 0.035 0.24 0.074 0.0051 0.36 0.1 1 0.097 0.033 0.37 0.16 0.3 0.37 0.053 0.059 0.054 0.059 0.057 0.01 0.015 0.18 0.33 0.0061 0.12 0.68 0.097 1 0.66 0.091 0.13 0.69 0.097 0.033 0.057 0.059 0.054 0.06 0.072 0.035 0.24 0.074 0.0034 0.55 0.069 0.37 0.091 0.035 1 0.11 0.11 0.11 0.21 0.12 0.055 0.13 0.0057 0.054 0.06 0.072 0.035 0.24 0.074 0.0034 0.55 0.069 0.37 0.091 0.035 1 0.11 0.11 0.21 0.21 0.055 0.13 0.0054 0.006 0.016 0.018 0.34 0.71 0.044 0.46 0.34 0.12 0.12 0.12 0.16 0.13 0.13 0.11 1 0.11 0.21 0.12 0.055 0.13 0.0054 0.006 0.016 0.018 0.34 0.71 0.044 0.46 0.34 0.12 0.12 0.12 0.16 0.13 0.13 0.11 1 0.11 0.21 0.12 0.055 0.13 0.0054 0.006 0.006 0.007 0.071 0.039 0.028 0.007 0.028 0.0028 0.027 0.075 0.075 0.075 0.075 0.035 0.63 0.12 0.13 0.13</th></th> | 0.1 1 0.002 -0.0019 -0.019 0.065 0.074 0.22 0.093 0.002 1 0.97 0.00061 -0.0053 -0.019 -0.019 0.011 -0.0019 0.97 1 -0.00094 -0.007 -0.022 -0.023 0.037 -0.019 0.00061 -0.00094 1 0.44 0.091 0.072 0.022 0.065 -0.0053 -0.007 0.44 1 0.0088 0.4 0.033 0.074 -0.019 -0.022 0.091 0.0088 1 0.2 0.21 0.22 -0.019 -0.023 0.072 0.4 0.2 1 0.021 0.024 -0.019 -0.023 0.072 0.4 0.2 1 0.057 0.11 -0.03 -0.035 0.067 0.039 0.24 0.15 0.16 0.16 -0.028 -0.031 0.0087 0.029 0.19 0.42 0.033 | 0.1 1 0.002 -0.0019 -0.019 0.065 0.074 0.22 0.0054 0.093 0.002 1 0.97 0.00061 -0.0053 -0.019 -0.019 0.0059 0.011 -0.0019 0.97 1 -0.00094 -0.007 -0.022 -0.023 0.0057 0.037 -0.019 0.00061 -0.00094 1 0.44 0.091 0.072 0.45 0.022 0.065 -0.0053 -0.007 0.44 1 0.0088 0.4 0.46 0.033 0.074 -0.019 -0.022 0.091 0.0088 1 0.2 -0.039 0.21 0.22 -0.019 -0.023 0.072 0.4 0.2 1 0.0026 0.057 0.11 -0.033 0.057 0.45 0.46 -0.039 0.0026 1 0.057 0.11 -0.03 -0.035 0.067 0.039 0.24 0.15 -0.029 0.16 | 0.1 1 0.002 -0.019 -0.019 0.065 0.074 0.22 0.0054 0.11 0.093 0.002 1 0.97 0.0061 -0.0053 -0.019 -0.019 0.0059 -0.03 0.011 -0.0019 0.097 1 -0.00094 -0.007 -0.022 -0.023 0.0057 -0.035 0.037 -0.019 0.0061 -0.0094 1 0.44 0.091 0.072 0.45 0.067 0.022 0.065 -0.0053 -0.007 0.44 1 0.0088 0.4 0.46 0.039 0.033 0.074 -0.019 -0.022 0.091 0.0088 1 0.2 -0.039 0.24 0.21 0.22 -0.019 -0.022 0.091 0.0088 1 0.2 -0.039 0.24 0.021 0.022 0.091 0.0088 1 0.2 -0.039 0.24 0.15 -0.029 1 0.057 0.11 </th <th>0.1 1 0.002 -0.019 0.065 0.074 0.22 0.0054 0.11 0.16 0.093 0.002 1 0.97 0.00061 -0.0053 -0.019 -0.019 0.0059 -0.03 -0.028 0.011 -0.0019 0.097 1 -0.00094 -0.007 -0.022 -0.023 0.0057 -0.035 -0.031 0.027 0.019 0.0061 -0.0094 1 0.44 0.091 0.072 0.45 0.067 0.0087 0.022 0.065 -0.0053 -0.007 0.44 1 0.0088 0.4 0.46 0.039 0.029 0.033 0.074 -0.019 -0.022 0.091 0.0088 1 0.2 -0.039 0.24 0.19 0.21 0.22 -0.019 -0.023 0.072 0.4 0.2 1 0.029 0.19 0.057 0.015 0.057 0.45 0.46 -0.039 0.026 1 -0</th> <th>0.1 1 0.002 -0.019 -0.019 0.065 0.074 0.22 0.0054 0.11 0.16 0.13 .0093 0.002 1 0.97 0.00061 -0.0053 -0.019 -0.019 0.0059 -0.03 -0.028 0.014 .011 -0.0019 0.97 1 -0.0094 -0.007 -0.022 -0.023 0.0057 -0.035 -0.031 0.011 .037 -0.019 0.00061 -0.0094 1 0.44 0.091 0.072 0.45 0.067 0.0087 0.011 .022 0.065 -0.0053 -0.007 0.44 1 0.0088 0.4 0.46 0.039 0.029 0.11 .033 0.074 -0.019 -0.022 0.091 0.088 1 0.2 -0.039 0.24 0.19 0.14 .021 0.222 -0.019 -0.023 0.072 0.4 0.2 1 0.026 0.15 0.42 0.12</th> <th>0.1 1 0.002 0.0019 0.019 0.065 0.074 0.22 0.0054 0.11 0.16 0.13 0.096 0.0093 0.002 1 0.097 0.0061 0.0053 0.019 0.019 0.0059 0.03 0.028 0.014 0.015 0.011 0.011 0.011 0.0019 0.007 1 0.00094 0.007 0.022 0.023 0.0057 0.035 0.031 0.011 0.017 0.022 0.037 0.019 0.0061 0.00094 1 0.44 0.091 0.072 0.45 0.067 0.0087 0.011 0.011 0.012 0.022 0.065 0.0053 0.007 0.044 1 0.0088 0.4 0.46 0.039 0.029 0.11 0.015 0.033 0.074 0.019 0.022 0.091 0.0088 1 0.2 0.039 0.24 0.19 0.15 0.18 0.021 0.022 0.019 0.023 0.072 0.4 0.2 1 0.0026 0.15 0.42 0.12 0.33 0.0071 0.0054 0.0059 0.0057 0.45 0.46 0.039 0.026 1 0.029 0.025 0.0051 0.0061 0.057 0.11 0.03 0.067 0.039 0.24 0.15 0.029 1 0.13 0.36 0.12 0.058 0.057 0.13 0.014 0.011 0.011 0.11 0.15 0.12 0.025 0.13 1 0.1 0.08 0.039 0.039 0.13 0.014 0.011 0.011 0.11 0.15 0.12 0.0051 0.36 0.1 1 0.097 0.053 0.055 0.059 0.032 0.0011 0.015 0.18 0.33 0.056 0.057 0.059 0.032 0.0011 0.015 0.18 0.33 0.056 0.057 0.059 0.032 0.0011 0.015 0.18 0.33 0.056 0.057 0.059 0.032 0.0011 0.015 0.18 0.33 0.0061 0.12 0.68 0.097 1 0.053 0.055 0.059 0.032 0.0011 0.015 0.18 0.33 0.0061 0.12 0.68 0.097 1 0.052 0.055 0.059 0.054 0.066 0.072 0.035 0.24 0.074 0.0034 0.55 0.069 0.37 0.091 0.055 0.059 0.056 0.018 0.34 0.71 0.044 0.46 0.34 0.12 0.12 0.16 0.13 0.055 0.069 0.37 0.091 0.056 0.056 0.056 0.057 0.03 0.0082 0.047 0.028 0.057 0.03 0.059 0.059 0.008 0.057 0.03 0.008 0.057 0.03 0.008 0.057 0.03 0.008 0.057 0.03 0.008 0.057 0.058 0.03 0.059 0.059 0.054 0.008 0.057 0.03 0.008 0.057 0.058 0.03 0.059 0.059 0.059 0.054 0.008 0.057 0.03 0.008 0.057 0.058 0.059 0.059 0.059 0.054 0.008 0.057 0.039 0.034 0.071 0.044 0.46 0.34 0.12 0.12 0.16 0.13 0.059 0.059 0.054 0.008 0.057 0.03 0.008 0.057 0.03 0.008 0.057 0.059 0.059 0.008 0.057 0.03 0.008 0.057 0.059 0.059 0.059 0.059 0.008 0.057 0.058 0.059</th> <th>0.1</th> <th>0.1</th> <th>0.1 1 0.002 0.0019 0.019 0.065 0.074 0.22 0.0054 0.11 0.16 0.13 0.096 0.057 0.059 0.0066 0.0093 0.002 1 0.97 0.0061 0.0053 0.019 0.019 0.0059 0.03 0.028 0.014 0.015 0.029 0.054 0.016 0.011 0.0019 0.97 1 0.00094 0.007 0.022 0.023 0.0057 0.035 0.031 0.011 0.017 0.032 0.066 0.011 0.017 0.032 0.066 0.011 0.019 0.0071 0.0019 0.00061 0.00094 1 0.44 0.091 0.072 0.45 0.067 0.0087 0.011 0.01 0.011 0.072 0.34 0.022 0.065 0.0053 0.007 0.44 1 0.0088 0.4 0.46 0.039 0.029 0.11 0.015 0.031 0.035 0.71 0.033 0.074 0.019 0.022 0.091 0.0088 1 0.22 0.039 0.24 0.19 0.15 0.18 0.085 0.24 0.044 0.21 0.22 0.019 0.023 0.072 0.4 0.2 1 0.0026 0.15 0.42 0.12 0.33 0.23 0.074 0.46 0.0071 0.0054 0.0059 0.0057 0.45 0.46 0.039 0.0026 1 0.029 0.025 0.0051 0.0061 0.0028 0.0034 0.34 0.057 0.11 0.03 0.035 0.067 0.039 0.24 0.15 0.029 1 0.13 0.36 0.12 0.057 0.55 0.12 0.066 0.16 0.16 0.028 0.031 0.0017 0.015 0.18 0.0087 0.029 0.19 0.42 0.025 0.13 1 0.1 0.1 0.68 0.58 0.069 0.12 0.039 0.13 0.014 0.011 0.011 0.11 0.15 0.12 0.0051 0.36 0.11 1 0.079 0.033 0.37 0.16 0.033 0.057 0.059 0.051 0.0017 0.015 0.017 0.015 0.18 0.33 0.006 0.15
0.057 0.59 0.033 0.66 1 0.066 0.091 0.13 0.057 0.059 0.055 0.051 0.0017 0.055 0.18 0.055 0.059 0.055 0.051 0.0017 0.055 0.13 0.057 0.55 0.12 0.055 0</th> <th>0.1</th> <th>0.1 1 0.002 0.001 0.001 0.005 0.074 0.22 0.0054 0.11 0.16 0.13 0.096 0.057 0.059 0.0066 0.13 0.065 0.0093 0.002 1 0.97 0.00061 0.0053 0.019 0.019 0.0059 0.03 0.028 0.014 0.015 0.029 0.054 0.016 0.027 0.0044 0.011 0.0019 0.97 1 0.00004 0.007 0.022 0.023 0.0057 0.035 0.031 0.011 0.017 0.032 0.06 0.018 0.03 0.0079 0.037 0.019 0.00061 0.00094 1 0.44 0.091 0.072 0.45 0.067 0.087 0.011 0.01 0.0011 0.072 0.34 0.0082 0.071 0.022 0.065 0.0053 0.007 0.44 1 0.0088 0.4 0.46 0.039 0.29 0.11 0.015 0.031 0.035 0.71 0.047 0.039 0.033 0.074 0.019 0.022 0.091 0.0088 1 0.2 0.039 0.24 0.19 0.15 0.18 0.085 0.24 0.044 0.12 0.23 0.021 0.22 0.019 0.023 0.072 0.44 0.2 1 0.0026 0.15 0.42 0.19 0.15 0.18 0.085 0.24 0.044 0.12 0.23 0.021 0.054 0.059 0.057 0.45 0.46 0.039 0.0026 1 0.029 0.025 0.0051 0.0061 0.0028 0.0034 0.34 0.0028 0.001 0.057 0.11 0.03 0.035 0.067 0.039 0.24 0.15 0.029 1 0.025 0.051 0.0061 0.0028 0.0034 0.34 0.0028 0.011 0.057 0.11 0.03 0.035 0.067 0.039 0.24 0.15 0.029 1 0.13 0.36 0.12 0.057 0.55 0.12 0.42 0.52 0.166 0.16 0.028 0.031 0.0087 0.29 0.19 0.42 0.025 0.13 1 0.1 0.1 0.068 0.58 0.069 0.12 0.61 0.075 0.033 0.057 0.059 0.057 0.051 0.018 0.33 0.0061 0.12 0.058 0.097 1 0.66 0.091 0.13 0.69 0.097 0.033 0.057 0.059 0.054 0.06 0.072 0.035 0.24 0.074 0.0051 0.36 0.1 1 0.097 0.033 0.37 0.16 0.3 0.37 0.053 0.059 0.054 0.059 0.057 0.01 0.015 0.18 0.33 0.0061 0.12 0.68 0.097 1 0.66 0.091 0.13 0.69 0.097 0.033 0.057 0.059 0.054 0.06 0.072 0.035 0.24 0.074 0.0034 0.55 0.069 0.37 0.091 0.035 1 0.11 0.11 0.11 0.21 0.12 0.055 0.13 0.0057 0.054 0.06 0.072 0.035 0.24 0.074 0.0034 0.55 0.069 0.37 0.091 0.035 1 0.11 0.11 0.21 0.21 0.055 0.13 0.0054 0.006 0.016 0.018 0.34 0.71 0.044 0.46 0.34 0.12 0.12 0.12 0.16 0.13 0.13 0.11 1 0.11 0.21 0.12 0.055 0.13 0.0054 0.006 0.016 0.018 0.34 0.71 0.044 0.46 0.34 0.12 0.12 0.12 0.16 0.13 0.13 0.11 1 0.11 0.21 0.12 0.055 0.13 0.0054 0.006 0.006 0.007 0.071 0.039 0.028 0.007 0.028 0.0028 0.027 0.075 0.075 0.075 0.075 0.035 0.63 0.12 0.13 0.13</th> | 0.1 1 0.002 -0.019 0.065 0.074 0.22 0.0054 0.11 0.16 0.093 0.002 1 0.97 0.00061 -0.0053 -0.019 -0.019 0.0059 -0.03 -0.028 0.011 -0.0019 0.097 1 -0.00094 -0.007 -0.022 -0.023 0.0057 -0.035 -0.031 0.027 0.019 0.0061 -0.0094 1 0.44 0.091 0.072 0.45 0.067 0.0087 0.022 0.065 -0.0053 -0.007 0.44 1 0.0088 0.4 0.46 0.039 0.029 0.033 0.074 -0.019 -0.022 0.091 0.0088 1 0.2 -0.039 0.24 0.19 0.21 0.22 -0.019 -0.023 0.072 0.4 0.2 1 0.029 0.19 0.057 0.015 0.057 0.45 0.46 -0.039 0.026 1 -0 | 0.1 1 0.002 -0.019 -0.019 0.065 0.074 0.22 0.0054 0.11 0.16 0.13 .0093 0.002 1 0.97 0.00061 -0.0053 -0.019 -0.019 0.0059 -0.03 -0.028 0.014 .011 -0.0019 0.97 1 -0.0094 -0.007 -0.022 -0.023 0.0057 -0.035 -0.031 0.011 .037 -0.019 0.00061 -0.0094 1 0.44 0.091 0.072 0.45 0.067 0.0087 0.011 .022 0.065 -0.0053 -0.007 0.44 1 0.0088 0.4 0.46 0.039 0.029 0.11 .033 0.074 -0.019 -0.022 0.091 0.088 1 0.2 -0.039 0.24 0.19 0.14 .021 0.222 -0.019 -0.023 0.072 0.4 0.2 1 0.026 0.15 0.42 0.12 | 0.1 1 0.002 0.0019 0.019 0.065 0.074 0.22 0.0054 0.11 0.16 0.13 0.096 0.0093 0.002 1 0.097 0.0061 0.0053 0.019 0.019 0.0059 0.03 0.028 0.014 0.015 0.011 0.011 0.011 0.0019 0.007 1 0.00094 0.007 0.022 0.023 0.0057 0.035 0.031 0.011 0.017 0.022 0.037 0.019 0.0061 0.00094 1 0.44 0.091 0.072 0.45 0.067 0.0087 0.011 0.011 0.012 0.022 0.065 0.0053 0.007 0.044 1 0.0088 0.4 0.46 0.039 0.029 0.11 0.015 0.033 0.074 0.019 0.022 0.091 0.0088 1 0.2 0.039 0.24 0.19 0.15 0.18 0.021 0.022 0.019 0.023 0.072 0.4 0.2 1 0.0026 0.15 0.42 0.12 0.33 0.0071 0.0054 0.0059 0.0057 0.45 0.46 0.039 0.026 1 0.029 0.025 0.0051 0.0061 0.057 0.11 0.03 0.067 0.039 0.24 0.15 0.029 1 0.13 0.36 0.12 0.058 0.057 0.13 0.014 0.011 0.011 0.11 0.15 0.12 0.025 0.13 1 0.1 0.08 0.039 0.039 0.13 0.014 0.011 0.011 0.11 0.15 0.12 0.0051 0.36 0.1 1 0.097 0.053 0.055 0.059 0.032 0.0011 0.015 0.18 0.33 0.056 0.057 0.059 0.032 0.0011 0.015 0.18 0.33 0.056 0.057 0.059 0.032 0.0011 0.015 0.18 0.33 0.056 0.057 0.059 0.032 0.0011 0.015 0.18 0.33 0.0061 0.12 0.68 0.097 1 0.053 0.055 0.059 0.032 0.0011 0.015 0.18 0.33 0.0061 0.12 0.68 0.097 1 0.052 0.055 0.059 0.054 0.066 0.072 0.035 0.24 0.074 0.0034 0.55 0.069 0.37 0.091 0.055 0.059 0.056 0.018 0.34 0.71 0.044 0.46 0.34 0.12 0.12 0.16 0.13 0.055 0.069 0.37 0.091 0.056 0.056 0.056 0.057 0.03 0.0082 0.047 0.028 0.057 0.03 0.059 0.059 0.008 0.057 0.03 0.008 0.057 0.03 0.008 0.057 0.03 0.008 0.057 0.03 0.008 0.057 0.058 0.03 0.059 0.059 0.054 0.008 0.057 0.03 0.008 0.057 0.058 0.03 0.059 0.059 0.059 0.054 0.008 0.057 0.03 0.008 0.057 0.058 0.059 0.059 0.059 0.054 0.008 0.057 0.039 0.034 0.071 0.044 0.46 0.34 0.12 0.12 0.16 0.13 0.059 0.059 0.054 0.008 0.057 0.03 0.008 0.057 0.03 0.008 0.057 0.059 0.059 0.008 0.057 0.03 0.008 0.057 0.059 0.059 0.059 0.059 0.008 0.057 0.058 0.059 | 0.1 | 0.1 | 0.1 1 0.002 0.0019 0.019 0.065 0.074 0.22 0.0054 0.11 0.16 0.13 0.096 0.057 0.059 0.0066 0.0093 0.002 1 0.97 0.0061 0.0053 0.019 0.019 0.0059 0.03 0.028 0.014 0.015 0.029 0.054 0.016 0.011 0.0019 0.97 1 0.00094 0.007 0.022 0.023 0.0057 0.035 0.031 0.011 0.017 0.032 0.066 0.011 0.017 0.032 0.066 0.011 0.019 0.0071 0.0019 0.00061 0.00094 1 0.44 0.091 0.072 0.45 0.067 0.0087 0.011 0.01 0.011 0.072 0.34 0.022 0.065 0.0053 0.007 0.44 1 0.0088 0.4 0.46 0.039 0.029 0.11 0.015 0.031 0.035 0.71 0.033 0.074 0.019 0.022 0.091 0.0088 1 0.22 0.039 0.24 0.19 0.15 0.18 0.085 0.24 0.044 0.21 0.22 0.019 0.023 0.072 0.4 0.2 1 0.0026 0.15 0.42 0.12 0.33 0.23 0.074 0.46 0.0071 0.0054 0.0059 0.0057 0.45 0.46 0.039 0.0026 1 0.029 0.025 0.0051 0.0061 0.0028 0.0034 0.34 0.057 0.11 0.03 0.035 0.067 0.039 0.24 0.15 0.029 1 0.13 0.36 0.12 0.057 0.55 0.12 0.066 0.16 0.16 0.028 0.031 0.0017 0.015 0.18 0.0087 0.029 0.19 0.42 0.025 0.13 1 0.1 0.1 0.68 0.58 0.069 0.12 0.039 0.13 0.014 0.011 0.011 0.11 0.15 0.12 0.0051 0.36 0.11 1 0.079 0.033 0.37 0.16 0.033 0.057 0.059 0.051 0.0017 0.015 0.017 0.015 0.18 0.33 0.006 0.15 0.057 0.59 0.033 0.66 1 0.066 0.091 0.13 0.057 0.059 0.055 0.051 0.0017 0.055 0.18 0.055 0.059 0.055 0.051 0.0017 0.055 0.13 0.057 0.55 0.12 0.055 0 | 0.1 | 0.1 1 0.002 0.001 0.001 0.005 0.074 0.22 0.0054 0.11 0.16 0.13 0.096 0.057 0.059 0.0066 0.13 0.065 0.0093 0.002 1 0.97 0.00061 0.0053 0.019 0.019 0.0059 0.03 0.028 0.014 0.015 0.029 0.054 0.016 0.027 0.0044 0.011 0.0019 0.97 1 0.00004 0.007 0.022 0.023 0.0057 0.035 0.031 0.011 0.017 0.032 0.06 0.018 0.03 0.0079 0.037 0.019 0.00061 0.00094 1 0.44 0.091 0.072 0.45 0.067 0.087 0.011 0.01 0.0011 0.072 0.34 0.0082 0.071 0.022 0.065 0.0053 0.007 0.44 1 0.0088 0.4 0.46 0.039 0.29 0.11 0.015 0.031 0.035 0.71 0.047 0.039 0.033 0.074 0.019 0.022 0.091 0.0088 1 0.2 0.039 0.24 0.19 0.15 0.18 0.085
0.24 0.044 0.12 0.23 0.021 0.22 0.019 0.023 0.072 0.44 0.2 1 0.0026 0.15 0.42 0.19 0.15 0.18 0.085 0.24 0.044 0.12 0.23 0.021 0.054 0.059 0.057 0.45 0.46 0.039 0.0026 1 0.029 0.025 0.0051 0.0061 0.0028 0.0034 0.34 0.0028 0.001 0.057 0.11 0.03 0.035 0.067 0.039 0.24 0.15 0.029 1 0.025 0.051 0.0061 0.0028 0.0034 0.34 0.0028 0.011 0.057 0.11 0.03 0.035 0.067 0.039 0.24 0.15 0.029 1 0.13 0.36 0.12 0.057 0.55 0.12 0.42 0.52 0.166 0.16 0.028 0.031 0.0087 0.29 0.19 0.42 0.025 0.13 1 0.1 0.1 0.068 0.58 0.069 0.12 0.61 0.075 0.033 0.057 0.059 0.057 0.051 0.018 0.33 0.0061 0.12 0.058 0.097 1 0.66 0.091 0.13 0.69 0.097 0.033 0.057 0.059 0.054 0.06 0.072 0.035 0.24 0.074 0.0051 0.36 0.1 1 0.097 0.033 0.37 0.16 0.3 0.37 0.053 0.059 0.054 0.059 0.057 0.01 0.015 0.18 0.33 0.0061 0.12 0.68 0.097 1 0.66 0.091 0.13 0.69 0.097 0.033 0.057 0.059 0.054 0.06 0.072 0.035 0.24 0.074 0.0034 0.55 0.069 0.37 0.091 0.035 1 0.11 0.11 0.11 0.21 0.12 0.055 0.13 0.0057 0.054 0.06 0.072 0.035 0.24 0.074 0.0034 0.55 0.069 0.37 0.091 0.035 1 0.11 0.11 0.21 0.21 0.055 0.13 0.0054 0.006 0.016 0.018 0.34 0.71 0.044 0.46 0.34 0.12 0.12 0.12 0.16 0.13 0.13 0.11 1 0.11 0.21 0.12 0.055 0.13 0.0054 0.006 0.016 0.018 0.34 0.71 0.044 0.46 0.34 0.12 0.12 0.12 0.16 0.13 0.13 0.11 1 0.11 0.21 0.12 0.055 0.13 0.0054 0.006 0.006 0.007 0.071 0.039 0.028 0.007 0.028 0.0028 0.027 0.075 0.075 0.075 0.075 0.035 0.63 0.12 0.13 0.13 |

- 0.2

- 0.1

- 0.0

Preprocessing

One-Hot encode categorical features

Transform categorical values (Gender, Customer Type, Type of Travel, Class) into binary columns

Standardize numerical features

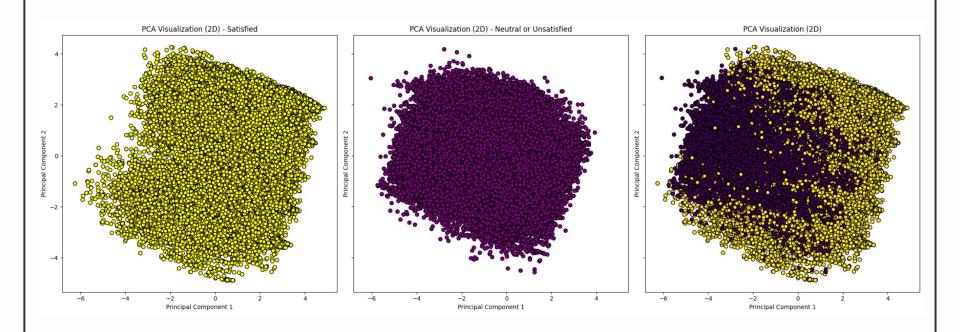
Transform numerical values to have a mean of 0 and a standard deviation of 1 - (same scale)

Remove highly correlated features

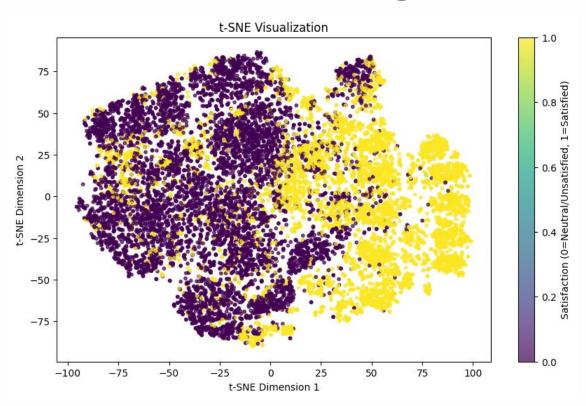
Remove features with high correlation (> 0.8), keeping only the one with the highest variance.

```
preprocessor = ColumnTransformer(
    transformers = [
        ('cat', OneHotEncoder(drop='first'), categorical_columns),
        ('num', StandardScaler(), numerical_columns),
        ('remove_corr', RemoveHighlyCorrelated(), numerical_columns)
]
)
```

Principal Component Analysis (PCA)



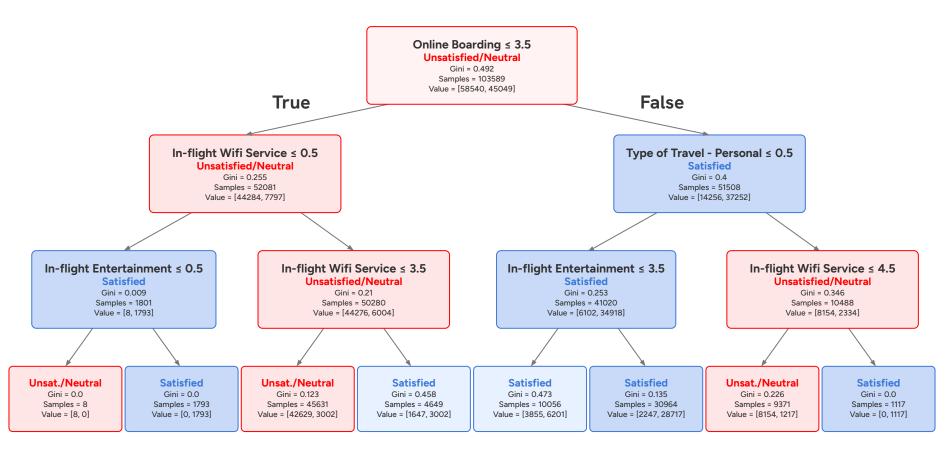
t-distributed Stochastic Neighbor Embedding



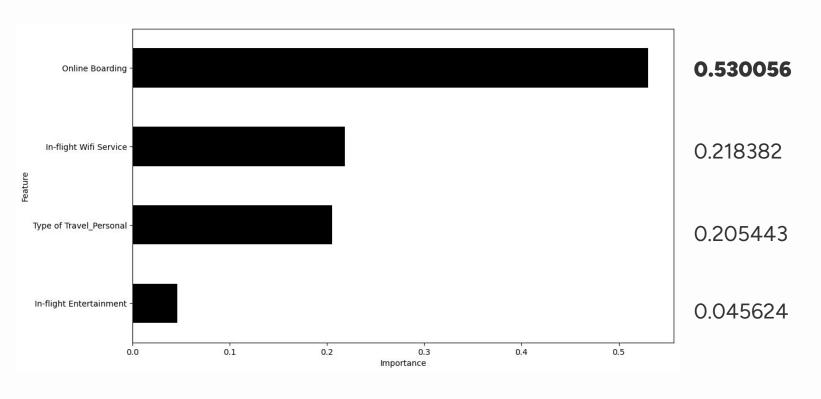
02

In-modelling

Glass-box model - Decision Tree



Feature importance



03

Post-modelling

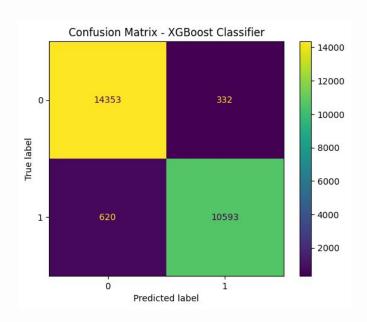
Black-box model - XGBoost

Accuracy: 96.3%

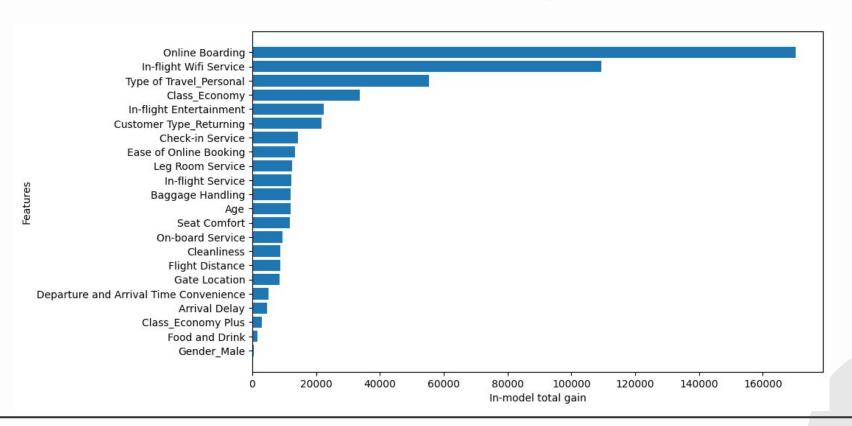
- Tree-based model
- Evaluation metric: Logarithmic loss function

Fine-tuned accuracy: 96.5%

- Evaluation metric: Logarithmic loss function
- Estimators: 200
- Max depth: 7



XGBoost In-model Feature Importance



Surrogate Model - Decision Tree

Small Decision Tree to approximate Black Box model

Decision Tree with maximum depth 3

Evaluation: Agreement Rate

Accuracy with black box predictions as ground truth and surrogate model predictions as predicted values

Surrogate Model - Decision Tree

The surrogate decision tree obtained was exactly the same as the Glass-Box model trained on the data for In-modelling explanations.

Results:

- Agreement rate, evaluates fidelity: 89.6%
- Accuracy, in the actual data: 88.5%

Black-Box and post-hoc surrogate Glass-Box

- Best possible accuracy
- Explanations: less precise, can lead to confusion

In-modelling Glass-Box

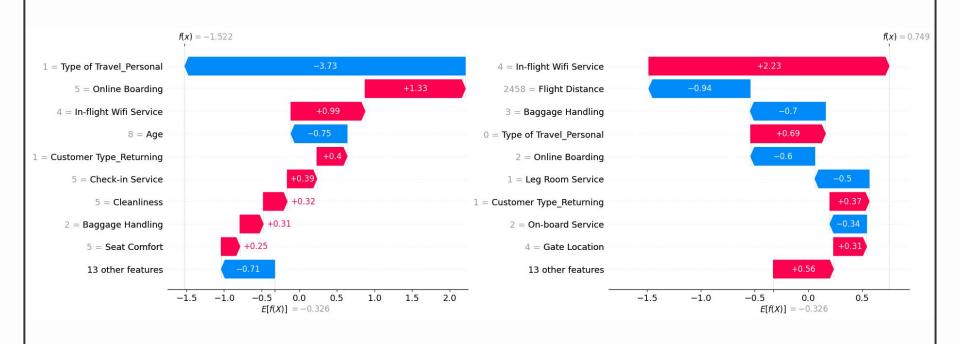
- Worse accuracy
- Precise explanations
- Better when explanations are valued above everything else

SHAP - Global explanation

- Type of travel Personal
 - Personal travelling impacts negatively (towards Dissatisfied or Neutral)
 - Business travelling impacts positively (towards satisfied)
- Customer type Returning
 - Returning customer impacts positively
 - First impact negatively

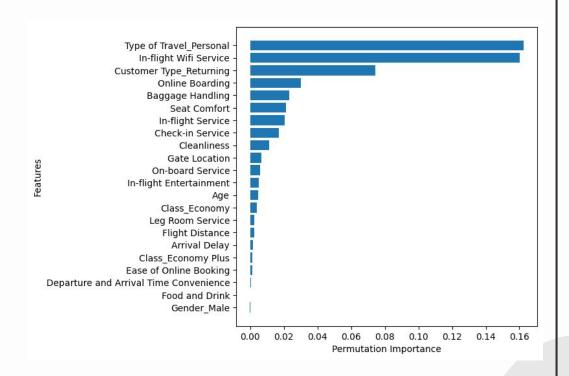


SHAP - Local explanation

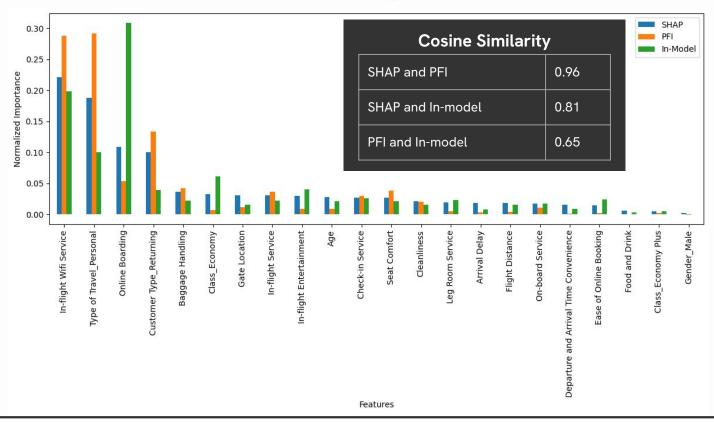


Permutation Feature Importance

- Does not include if the impact is positive or negative as SHAP does
- Highest Importance:
 - In-flight Wifi Service
 - Type of Travel Personal
 - Online Boarding
 - Customer type Returning



SHAP vs PFI - Global explanations



Anchors

- Anchors for an instance of each label: obtained with a beam width of 5 and a precision threshold of 95%
- Only instances correctly classified by the black-box model were chosen to explain

Unsatisfied/Neutral

On-board Service ≤ 4 Online Boarding ≤ 3 Baggage Handling ≤ 3 Check-in Service ≤ 4

Precision: 0.963 Coverage: 0.190

Satisfied

Baggage Handling ≤ 5 On-board Service > 4Online Boarding > 2Departure and Arrival Time Convenience ≤ 3 In-flight Wifi Service ≤ 2 Leg Room Service > 2

Precision: 0.988 Coverage: 0.044

- The rule for the Satisfied instance is more complex and has lower coverage
- This instance is much closer to the decision boundary of the model

Anchors

The default beam size of 1 leads to bad results. For the same instance, a larger value for this parameter leads to much better coverage results, while keeping the precision.

Beam width = 1

In-flight Wifi Service ≤ 3 In-flight Entertainment ≤ 2 Online Boarding ≤ 3 Check-in Service ≤ 3 Ease of Online Booking ≤ 2

Precision: 0.955 Coverage: 0.062

Beam width = 5

On-board Service ≤ 4 Online Boarding ≤ 3 Baggage Handling ≤ 3 Check-in Service ≤ 4

Precision: 0.963 Coverage: 0.190

- Better anchors obtained at the cost of computing time
- Further increases to the beam width would continue to improve the results