Rule-based model of the risk of SARS-CoV-2 infection spread in indoor environments.

Eduardo De Los Santos
eduardo.santos@iasi.cnr.it

https://www.youtube.com/live/I2eEQJvVR_M?feature=share

Part of OPENNESS dissemination talks.

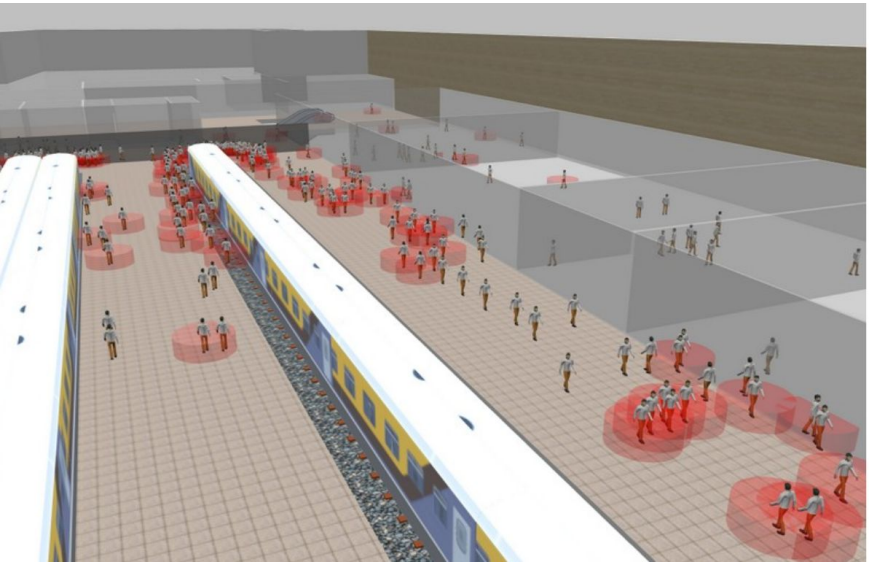
Project Overview

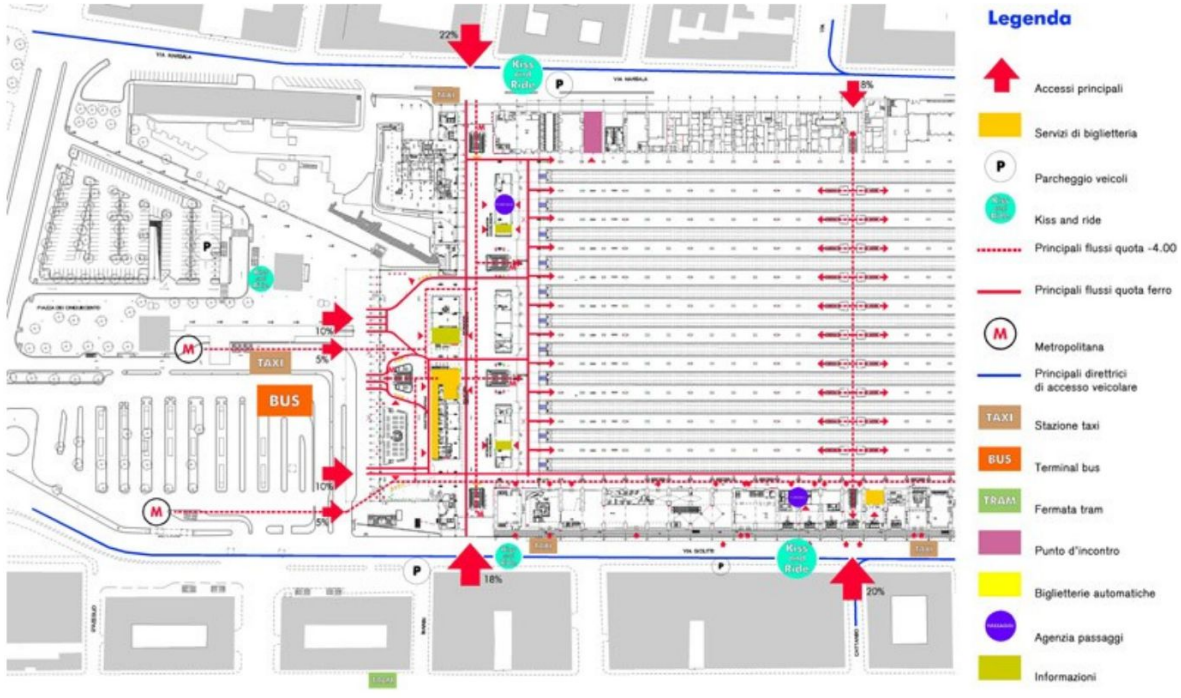
Guglielmo De Angelis
guglielmo.deangelis@iasi.cnr.it

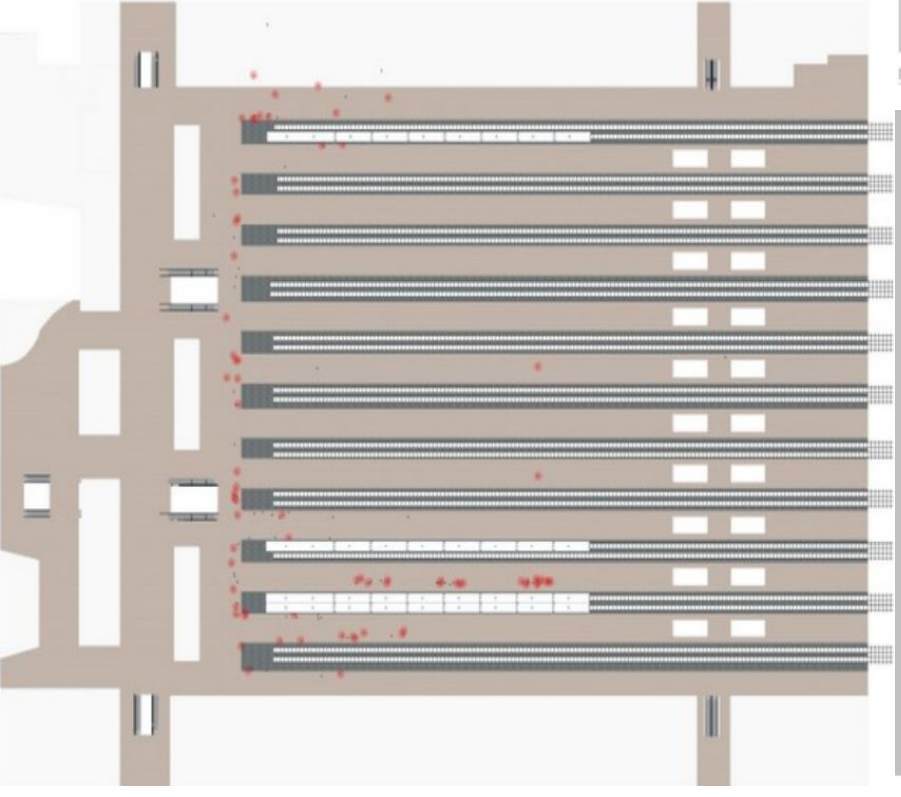
Outline

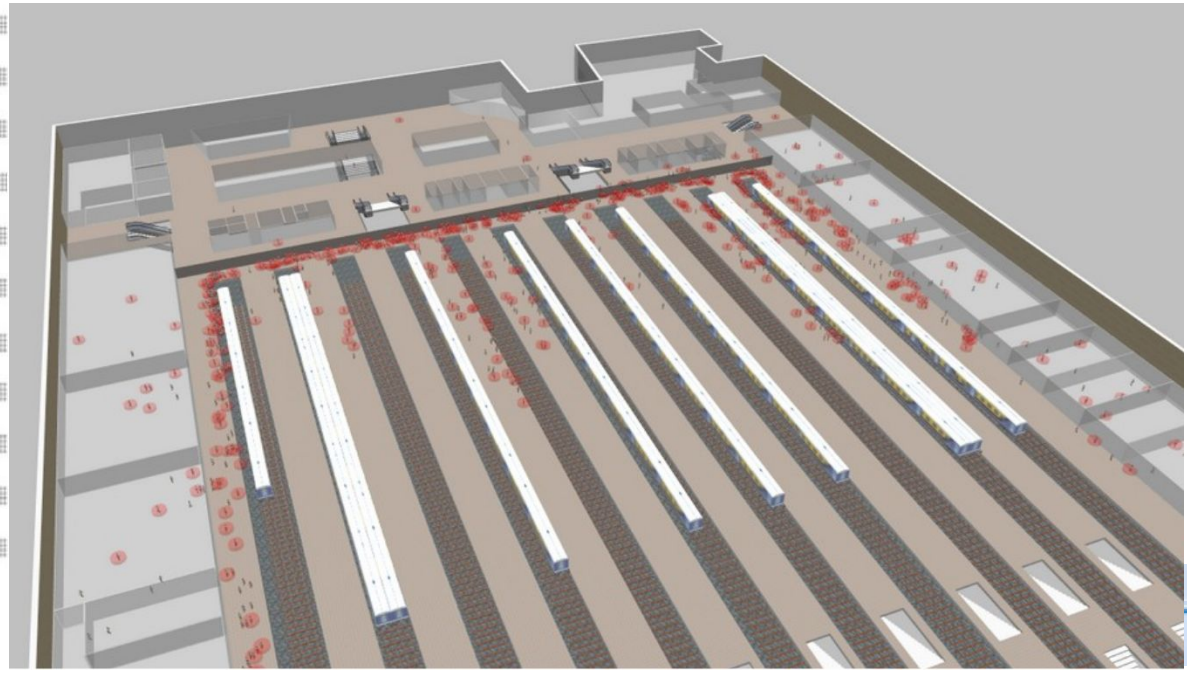
- Virtual Environment
- Dataset
- Rule-based ML Methods
  - Skope-Rules
  - Logic Learning Machine (LLM)
- Preliminary results
  - RuleX
  - Rule-based model
  - Performance of the rule-based model
    - Confusion Matrix
    - Feature Ranking
- Challenges to face

Virtual Environment: Roma Termini

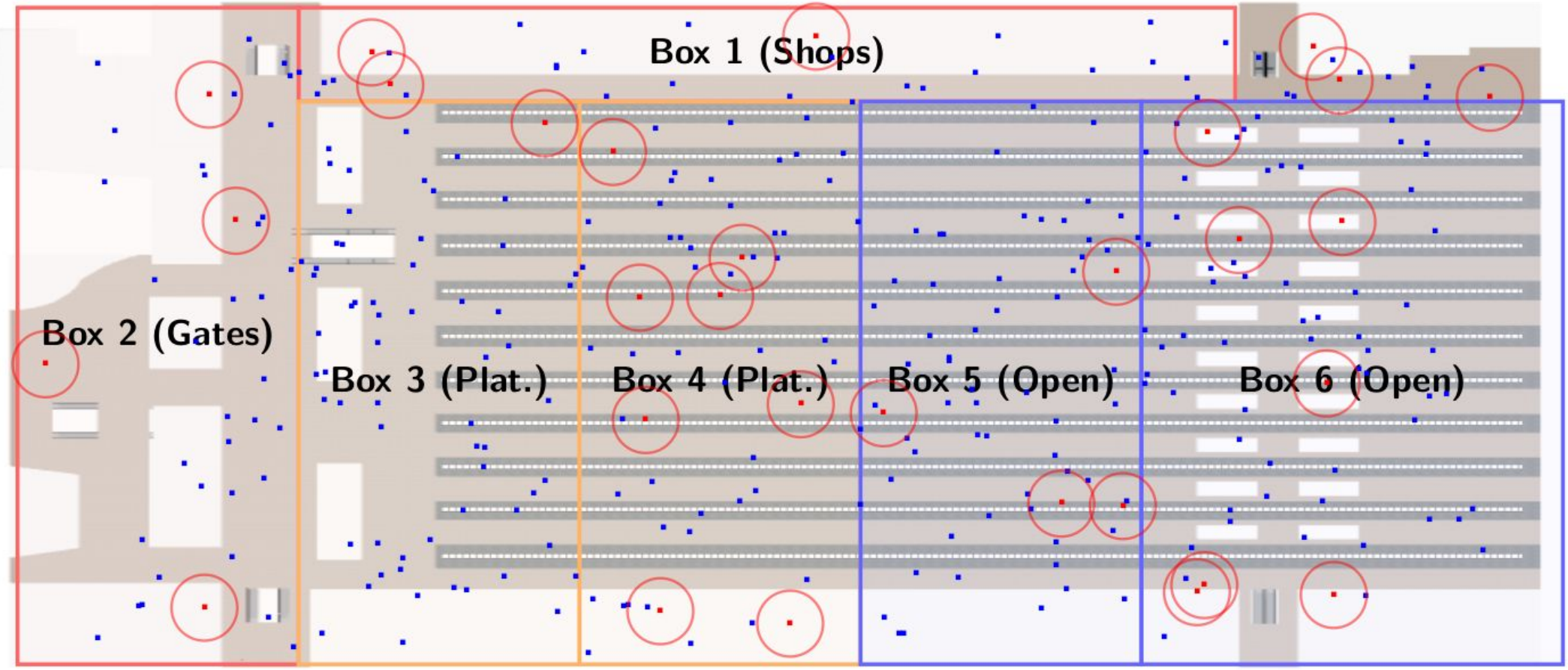








Virtual Environment: Contagion model



Dataset: input variables

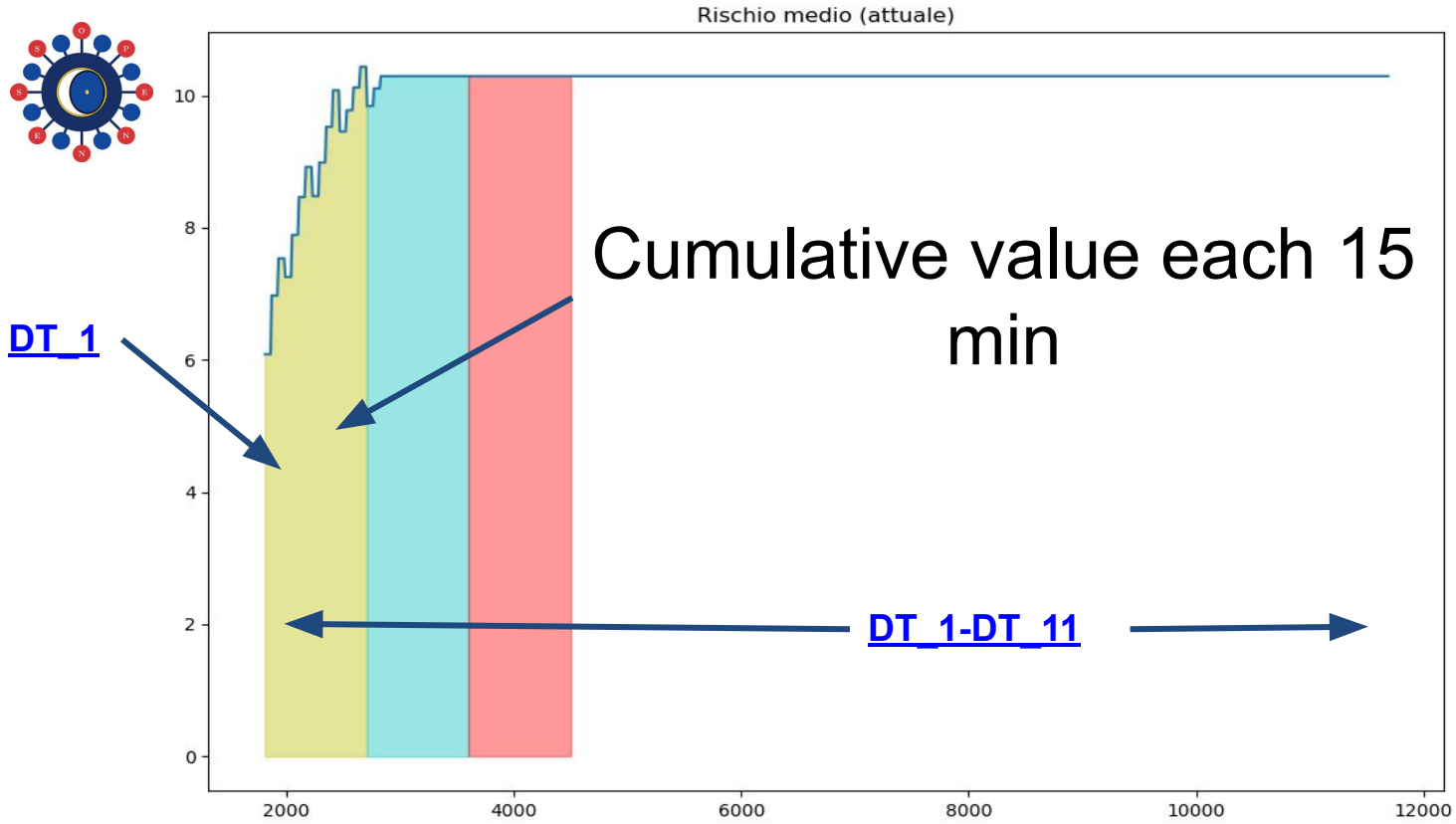
variabile	valore
Arrivi 1	30
Arrivi 2	30
Arrivi 3	30
Arrivi 4	30
Arrivi 5	30
Arrivi 6	30
Arrivi 7	30
Arrivi 8	30
Arrivi 9	30
Arrivi 10	30
Arrivi 11	30
Arrivi 12	30
Partenza1	50
Partenza2	50
Partenza3	50
Partenza4	50
Partenza5	50
Partenza6	50
Partenza7	50
Partenza8	50
Partenza9	50
Partenza10	50
Partenza11	50
Partenza12	50

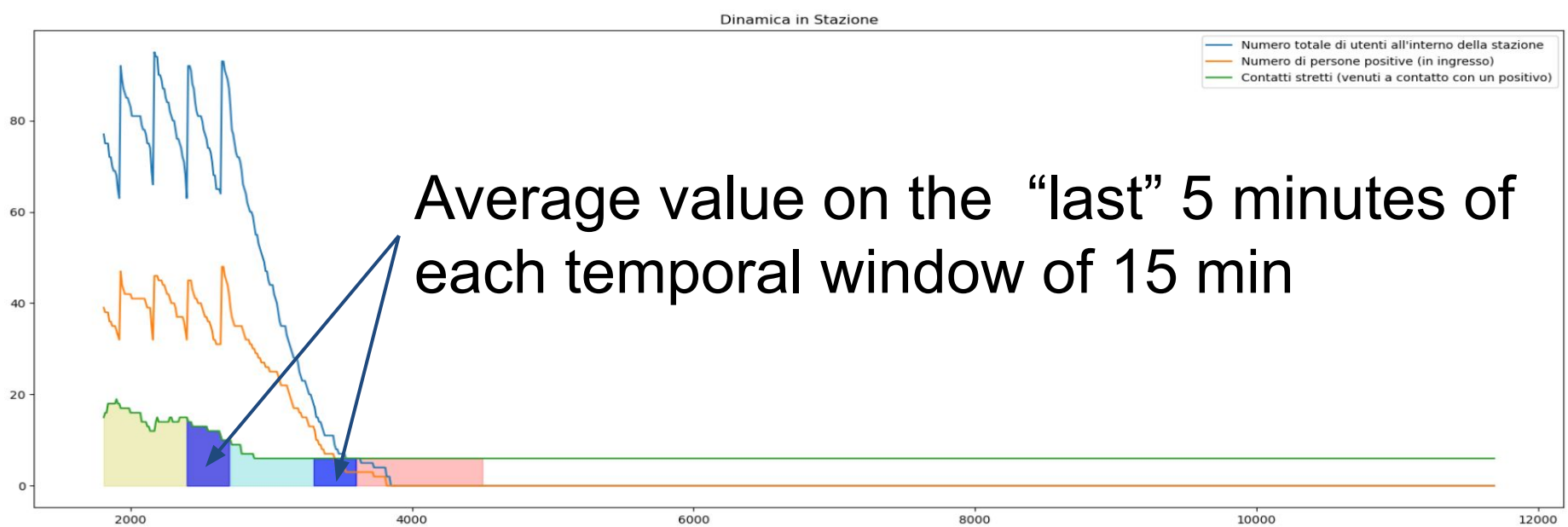
variabile	valore
Varianza comune per tutti i valori arrivi	5
Varianza comune per tutti i valori partenze	5
Positivi in partenza	50
Positivi in arrivo	50
FFP2	60
Chirurgica	20
FrequenzaAV1	50
FrequenzaAV2	50
FrequenzaAV3	50
FrequenzaAV4	50
FrequenzaAV5	50
FrequenzaAV6	50
FrequenzaAV7	50
FrequenzaAV8	50
FrequenzaAV9	50
FrequenzaAV10	50
FrequenzaAV11	50
FrequenzaAV12	50
FrequenzaLeonardo1	50
FrequenzaLeonardo2	50
FrequenzaLeonardo3	50
FrequenzaLeonardo4	50
FrequenzaLeonardo5	50
FrequenzaLeonardo6	50
FrequenzaLeonardo7	50
FrequenzaLeonardo8	50
FrequenzaLeonardo9	50
FrequenzaLeonardo10	50
FrequenzaLeonardo11	50
FrequenzaLeonardo12	50

DurataSostaAV1	5,5
DurataSostaAV2	5,5
DurataSostaAV3	5,5
DurataSostaAV4	5,5
DurataSostaAV5	5,5
DurataSostaAV6	5,5
DurataSostaAV7	5,5
DurataSostaAV8	5,5
DurataSostaAV9	5,5
DurataSostaAV10	5,5
DurataSostaAV11	5,5
DurataSostaAV12	5,5
DurataSostaLeonardo1	5,5
DurataSostaLeonardo2	5,5
DurataSostaLeonardo3	5,5
DurataSostaLeonardo4	5,5
DurataSostaLeonardo5	5,5
DurataSostaLeonardo6	5,5
DurataSostaLeonardo7	5,5
DurataSostaLeonardo8	5,5
DurataSostaLeonardo9	5,5
DurataSostaLeonardo10	5,5
DurataSostaLeonardo11	5,5
DurataSostaLeonardo12	5,5
AER_VentNaturale	0,5
AER_FinestreAperte	0,5
Pp	0,5
Distanza interpersonale minima	1,5
VarFrequenzaAV1	5
VarFrequenzaLeonardo1	5

variabile	valore
PersoneInBinario1	true
PersoneInBinario2	true
PersoneInBinario3	true
PersoneInBinario4	true
PersoneInBinario5	true
PersoneInBinario6	true
PersoneInBinario7	true
PersoneInBinario8	true
PersoneInBinario9	true
PersoneInBinario10	true
PersoneInBinario11	true
PersoneInBinario12	true
PersoneInBinario13	true
PersoneInBinario14	true
PersoneInBinario1516	true
PersoneInBinario1718	true
PersoneInBinario19	true
PersoneInBinario20	true
PersoneInBinario21	true
PersoneInBinario22	true
PersoneInBinario23	true
PersoneInBinario24	true

Dataset: system state variables



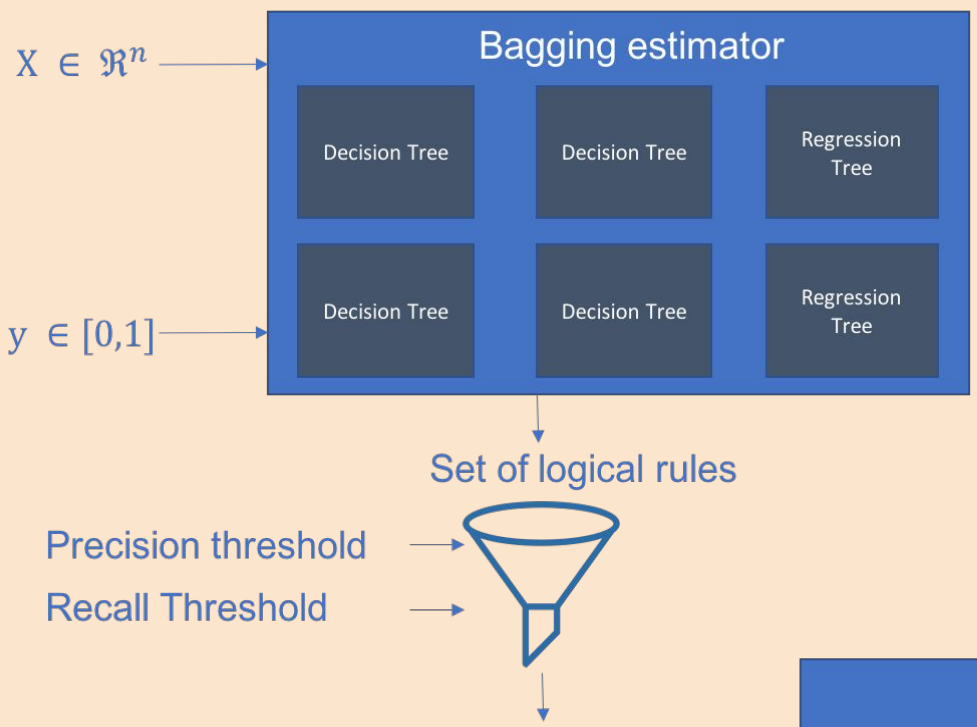


Rule-based ML Methods

rulex®
rule generation

Logic Learning Machine

SKOPE-RULES



Semantic Rule Deduplication

High performing and heterogeneous rules

scikit learn

python

SKOPE-RULES

Skope-rules is a global explainable supervised method; is a trade off between the interpretability of a Decision Tree and the modelization power of a Random Forest.

- **Bagging estimator trainig**: rule generation is done from a set of decision trees and/or regressors. Each path or sub-path of a branch of a tree is transformed into a decision rule. Trees are trained to predict the output class of interest. This ensures that the splits are made in such a way as to guarantee that they are meant for the prediction task.

SKOPE-RULES

- **Performance filtering**: from this set of rules generated, an initial screening is carried out based on precision (we want to be sure of our precision) and recall (we want to capture as many positives as possible) thresholds.
- **Semantic deduplication**: the last filter applied for the choice of rules is based on a criterion of similarity between terms, whereby term is meant the feature associated with the comparison operator with which it appears in the rule. The measure of similarity of two rules is determined by how many terms they have in common.

Logic Learning Machine (LLM)

RuleX

Like Skope-Rules, **LLM** is an interpretable rule-based model consisting of a series of **if** <*premise*> **then** <*consequence*> rules; <u>the difference between the two models lies in the way these rules are generated, selected and finally filtered</u>.

NARTENI, Sara, et al. **From explainable to reliable artificial intelligence**. En *Machine Learning and Knowledge Extraction: 5th IFIP TC 5, TC 12, WG 8.4, WG 8.9, WG 12.9* ***International Cross-Domain Conference****, CD-MAKE 2021, Virtual Event, August 17–20,* ***2021****,* ***Proceedings*** *5*. Springer International Publishing, 2021. p. 255-273.

Three step design of LLM

1. **Discretization & Latticization**: nominal / categorical and (discretized) ordered variables are coded into binary strings by adopting a suitable mapping that preserves ordering and distances.
2. **Logic Synthesis**: starting from the binarized version of the training set, which can be viewed as a portion of a truth table, Shadow Clustering algorithm reconstruct the AND-OR expression of a positive Boolean function which approximates the behavior of the training set.
3. **Rule Generation**: transform every logical product of the AND-OR expression into an intelligible rule.

Rule quality and class prediction of LLM

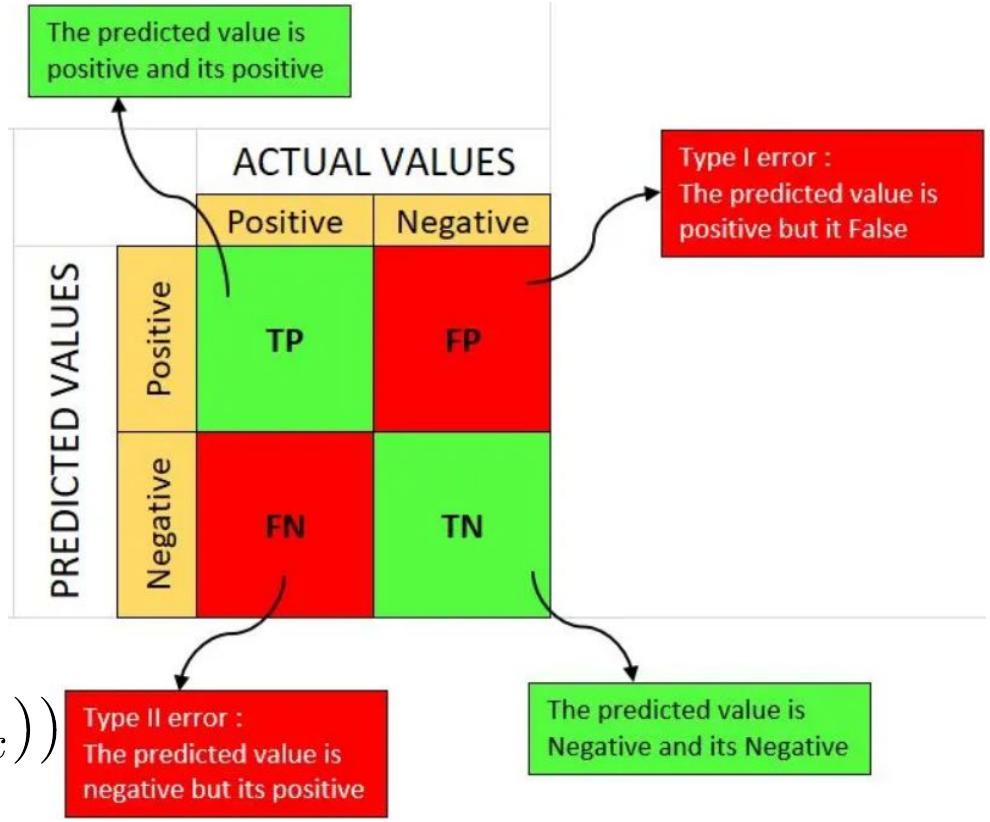
Covering and error are both useful to determine the **classification scores** that are used to assign a class to input data.

$$C(\mathbf{r}_k) = \frac{TP(\mathbf{r}_k)}{TP(\mathbf{r}_k) + FN(\mathbf{r}_k)}$$

The greater is the covering, the higher is the generality of the corresponding rule.

$$E(\mathbf{r}_k) = \frac{FP(\mathbf{r}_k)}{TN(\mathbf{r}_k) + FP(\mathbf{r}_k)}$$

The error is a measure of how many data are wrongly covered by the rule.



$$w_{\hat{y}} = 1 - \prod_{\mathbf{r}_k \in H_{\hat{y}}} (1 - C(\mathbf{r}_k))(1 - E(\mathbf{r}_k))$$

Set of rules predicting the class $\hat{y}$ and satisfied by the input sample x_j

Every input is assigned to the class with the highest **classification score**.

Rule quality and class prediction of LLM

Being a rule-based method, it is possible to inspect LLM results through **feature** and **value ranking**. Again, covering and error provide the basis for their definitions.

Feature Ranking: helps to identify the <u>feature with greater impact on classification</u>, according to a relevance measure:

$$R(c_{l_k}) = (E(\mathbf{r}'_k) - E(\mathbf{r}_k))C(\mathbf{r}_k)$$

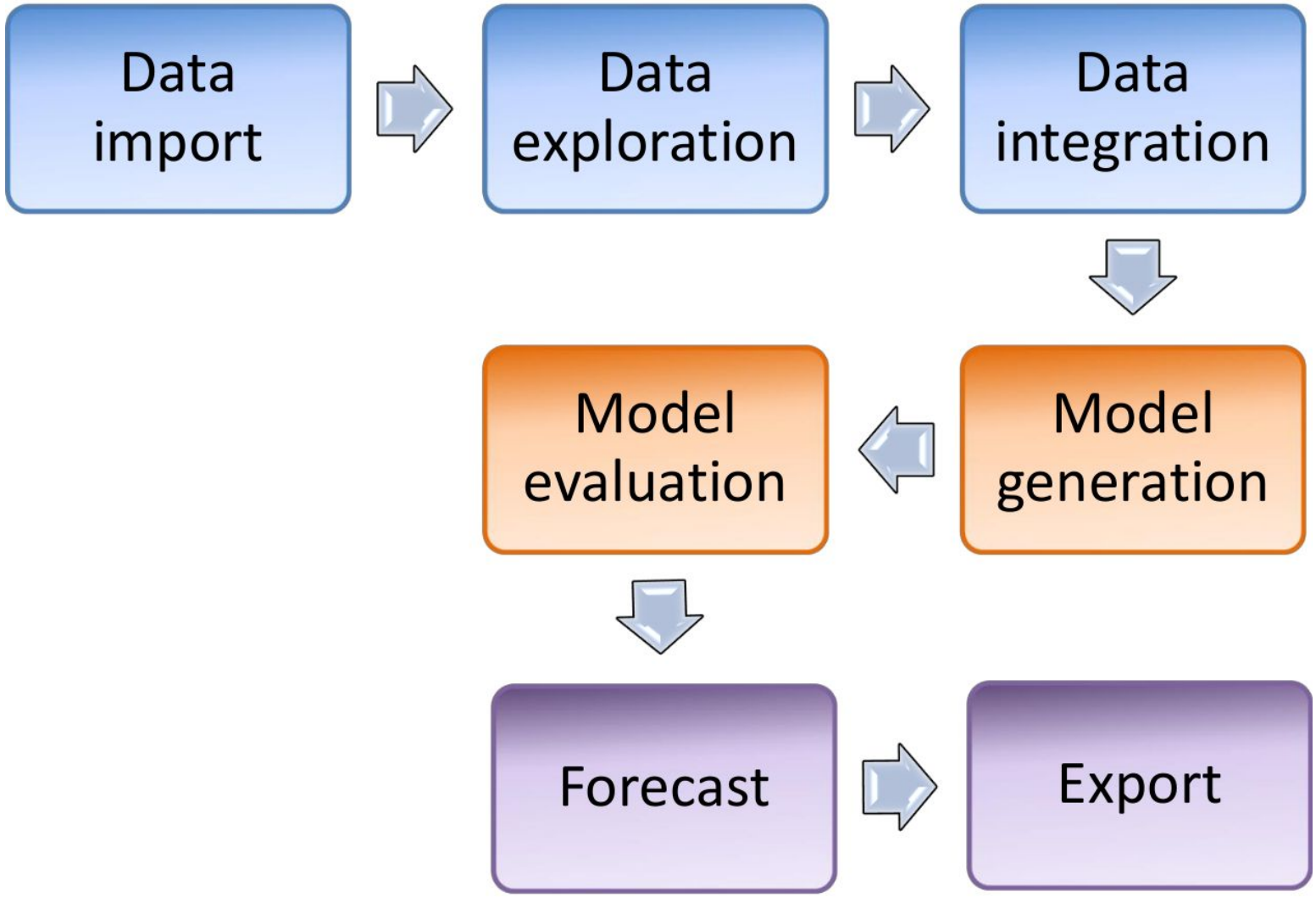
Value Ranking: helps to identify the <u>most influent intervals of values for a given feature</u> with respect to each class:

$$R_{\hat{y}}(\nu_j) = 1 - \prod_k (1 - R(c_{l_k}))$$

The product is computed on the rules that include a condition verified when the feature value is in the examined interval.

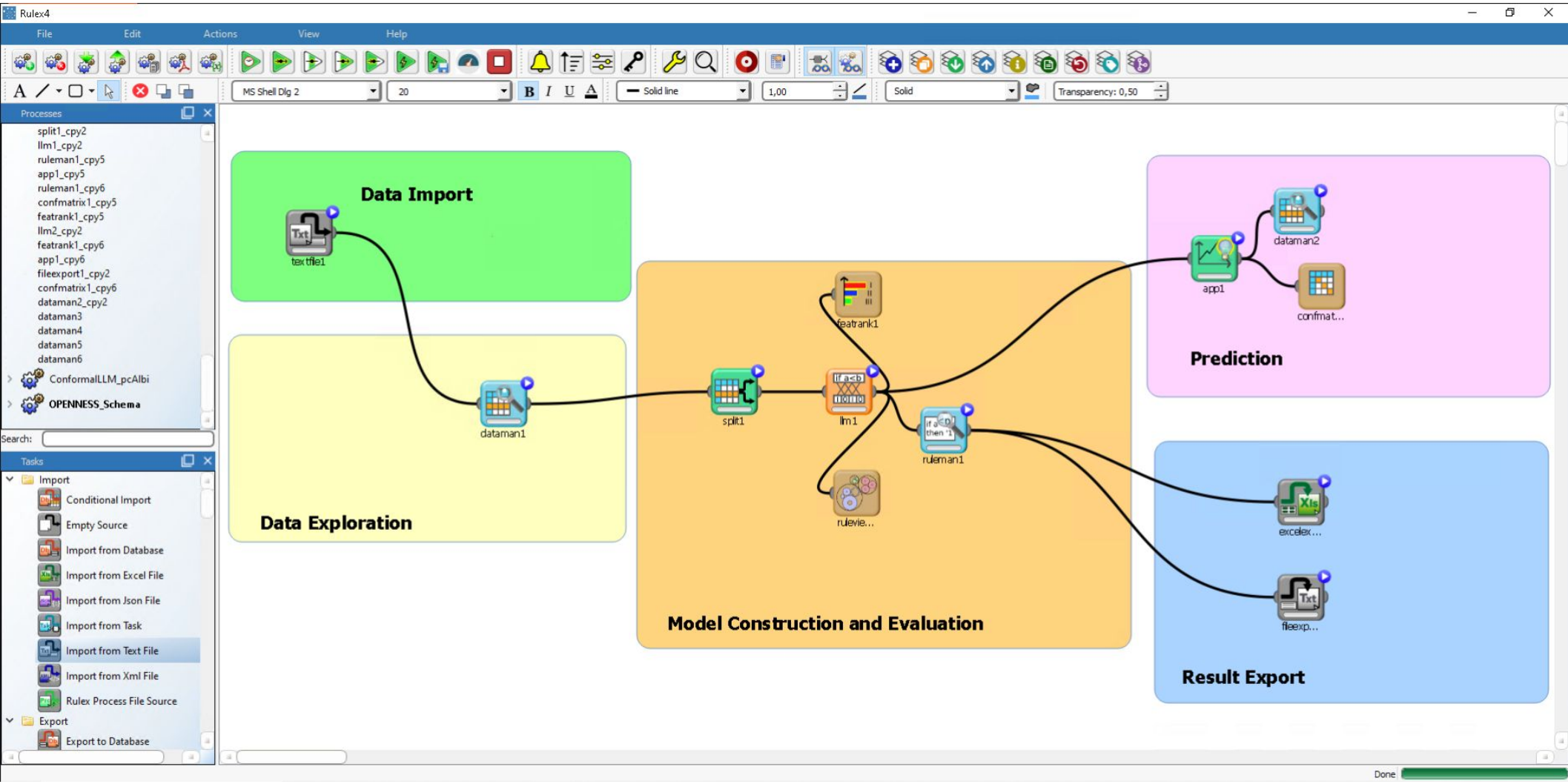
Workflow from data to results

RuleX



Workflow from data to results

RuleX



Configuration of I/O features

DT_1

- [ ] Aggregate data before processing
- [x] Perform a coarse-grained training (faster)
- [x] Ignore attributes not present in rules
- [ ] Ignore outliers while building rules
- [ ] Allow rules with no conditions

Maximum number of trials in bottom-up mode: 5000

Number of rules for each class (0 means 'automatic'): 0

Overlap between rules (%): 0,0000

- [ ] Allow to use complements in conditions on nominal
- [x] Change roles for input and output attributes
- [x] Initialize random generator with seed: 1
- [ ] Append results

- [x] Minimize number of conditions
- [ ] Prevent interval conditions for ordered attributes
- [ ] Hold all the generated rules
- [x] Consider relative error instead of absolute
- [ ] Missing values verify any rule condition

Maximum error allowed for each rule (%): 5,0000

Maximum number of conditions for a rule: -1

Maximum nominal values: 0

Minimum interval for a condition on ordered attribute (%): 0,0

- [ ] Differentiate multiple rules by attributes
- [ ] Build rules for all but the first output value
- [ ] Prevent rules in input from being included in the LLM model

Minimum rule distance for additional rules: 0,000

Input attributes:

- I Scenario rispetto distanza (alto, medio, basso)
- C Distanza interpersonale minima
- C Tasso Ricambio Aria Interni
- I Tasso Ricambio Aria Esterni
- C Percentuale positivi in partenza
- C Percentuale positivi in arrivo
- C Percentuale pax con FFP2
- C Percentuale pax con chirurgica
- I Arrivi I
- I Partenze 1
- I Frequenza arrivo treni AV 1
- I Frequenza arrivo treni LeonardoExpress 1
- I Durata Sosta AV 1
- I Durata Sosta Leonardo 1
- C Pass_Salita_Bin_1_2550_sec
- C Pass_Discesa_Bin_1_2550_sec
- C Pass_Lungo_Bin_1_2550_sec
- C Pass_Salita_Bin_10_2550_sec

Manual list | Filtered list

Output attributes:

- N J_DT_1_binario

Manual list | Filtered list

Key attributes:

Manual list | Filtered list

Rule-based model

DT_1

```
#include <string.h>
const char *ApplyRules(int Scenario rispetto distanza (alto, medio, basso), float Distanza interpersonale minima, float Percentuale positivi in partenza, float Percentuale positivi in arrivo, float Percentuale pax con FFP2, float Percentuale pax con chirurgica, int Arrivi I, int Partenze 1, int Frequenza arrivo treni AV 1, int Frequenza arrivo treni LeonardoExpress 1, float Pass_Salita_Bin_1_2550_sec, float Pass_Discesa_Bin_1_2550_sec, float Pass_Lungo_Bin_1_2550_sec, float Pass_Salita_Bin_10_2550_sec, float Pass_Discesa_Bin_10_2550_sec, float Pass_Lungo_Bin_10and11_2550_sec, float Pass_Stazione_mean_2550_sec, float Positivi_Stazione_mean_2550_sec, float Contatti_Stazione_mean_2550_sec, float Mask_Chirurgica_Stazione_mean_2550_sec, float Mask_FFP2_Stazione_mean_2550_sec) {
  if ((Frequenza arrivo treni AV 1 > 32) && (Pass_Stazione_mean_2550_sec <= 79.150000) && (Contatti_Stazione_mean_2550_sec <= 0.350000)) return "Low";
  if ((Frequenza arrivo treni AV 1 > 36) && (Pass_Salita_Bin_1_2550_sec > 0.783333) && (Pass_Discesa_Bin_10_2550_sec > 2.450000) && (Positivi_Stazione_mean_2550_sec <= 17.150000) && (Contatti_Stazione_mean_2550_sec <= 0.950000)) return "Low";
  if ((Frequenza arrivo treni AV 1 > 37) && (Contatti_Stazione_mean_2550_sec <= 0.050000)) return "Low";
  if ((Frequenza arrivo treni AV 1 > 42) && (Contatti_Stazione_mean_2550_sec > 2.950000)) return "High";
  if ((Percentuale positivi in partenza <= 0.285000) && (Percentuale positivi in arrivo > 0.115000) && (Percentuale pax con chirurgica > 0.305000 && Percentuale pax con chirurgica <= 0.385000) && (Arrivi I > 40) && (Frequenza arrivo treni LeonardoExpress 1 <= 67) && (Pass_Salita_Bin_1_2550_sec > 15.750000) && (Pass_Discesa_Bin_1_2550_sec > 16.016667 && Pass_Discesa_Bin_1_2550_sec <= 25.416667) && (Pass_Salita_Bin_10_2550_sec <= 19.416667) && (Contatti_Stazione_mean_2550_sec > 0.950000 && Contatti_Stazione_mean_2550_sec <= 1.750000)) return "High";
  if ((Percentuale pax con FFP2 > 0.205000) && (Frequenza arrivo treni AV 1 > 50) && (Frequenza arrivo treni LeonardoExpress 1 > 30) && (Pass_Salita_Bin_1_2550_sec <= 26.416667) && (Pass_Salita_Bin_10_2550_sec <= 23.983333) && (Contatti_Stazione_mean_2550_sec > 1.950000 && Contatti_Stazione_mean_2550_sec <= 2.950000) && (Mask_Chirurgica_Stazione_mean_2550_sec > 6.050000 && Mask_Chirurgica_Stazione_mean_2550_sec <= 20.850000)) return "High";
  if ((Percentuale positivi in partenza <= 0.285000) && (Percentuale pax con chirurgica <= 0.385000) && (Partenze 1 <= 56) && (Pass_Discesa_Bin_1_2550_sec > 8.983333 && Pass_Discesa_Bin_1_2550_sec <= 16.983333) && (Pass_Salita_Bin_10_2550_sec > 8.983333) && (Pass_Stazione_mean_2550_sec <= 33.350000) && (Positivi_Stazione_mean_2550_sec > 1.550000) && (Contatti_Stazione_mean_2550_sec > 0.950000 && Contatti_Stazione_mean_2550_sec <= 1.050000)) return "High";
  if ((Pass_Salita_Bin_1_2550_sec > 9.016667) && (Positivi_Stazione_mean_2550_sec <= 3.050000)) return "Low";
  if ((Percentuale positivi in partenza <= 0.285000) && (Frequenza arrivo treni LeonardoExpress 1 <= 67) && (Pass_Salita_Bin_10_2550_sec > 20.016667 && Pass_Salita_Bin_10_2550_sec <= 24.816667) && (Pass_Discesa_Bin_10_2550_sec <= 27.183333) && (Pass_Stazione_mean_2550_sec <= 49.750000) && (Contatti_Stazione_mean_2550_sec > 0.950000 && Contatti_Stazione_mean_2550_sec <= 1.750000)) return "High";
  if ((Percentuale positivi in partenza <= 0.285000) && (Percentuale pax con chirurgica > 0.305000 && Percentuale pax con chirurgica <= 0.385000) && (Partenze 1 <= 58) && (Pass_Salita_Bin_1_2550_sec > 3.916667 && Pass_Salita_Bin_1_2550_sec <= 17.583333) && (Pass_Salita_Bin_10_2550_sec > 2.850000 && Pass_Salita_Bin_10_2550_sec <= 20.116667) && (Pass_Stazione_mean_2550_sec > 33.050000 && Pass_Stazione_mean_2550_sec <= 77.050000) && (Contatti_Stazione_mean_2550_sec > 0.850000 && Contatti_Stazione_mean_2550_sec <= 1.950000)) return "High";
  if ((Partenze 1 <= 41) && (Mask_Chirurgica_Stazione_mean_2550_sec > 8.850000)) return "Low";
  if ((Percentuale positivi in arrivo > 0.105000) && (Frequenza arrivo treni AV 1 <= 66) && (Frequenza arrivo treni LeonardoExpress 1 > 30) && (Pass_Salita_Bin_10_2550_sec <= 28.883333) && (Pass_Discesa_Bin_10_2550_sec > 22.650000) && (Positivi_Stazione_mean_2550_sec <= 16.250000) && (Contatti_Stazione_mean_2550_sec <= 2.950000)) return "Low";
  if ((Scenario rispetto distanza (alto, medio, basso) > 1) && (Percentuale positivi in partenza <= 0.275000) && (Percentuale positivi in arrivo <= 0.285000) && (Arrivi I <= 42) && (Frequenza arrivo treni LeonardoExpress 1 > 33) && (Pass_Discesa_Bin_1_2550_sec <= 22.050000) && (Contatti_Stazione_mean_2550_sec <=
```

Rule-based model

DT_1

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	Id rule	# of condition	Output attribute	Output value	Total right	Covering %	Total wrong	Error %	Condition 1	Condition 2
2	1	3	J_DT_1_binario	Low	6931	68,171981	1068	4,307116	'Frequenza arrivo treni AV 1' > 32	Pass_Stazione_mean_2550_sec <= 79.150000
3	2	5	J_DT_1_binario	Low	6931	64,088876	1068	4,868914	'Frequenza arrivo treni AV 1' > 36	Pass_Salita_Bin_1_2550_sec > 0.783333
4	3	2	J_DT_1_binario	Low	6931	63,627182	1068	1,029963	'Frequenza arrivo treni AV 1' > 37	Contatti_Stazione_mean_2550_sec <= 0.050000
5	4	2	J_DT_1_binario	High	1068	11,516854	6931	0,721397	'Frequenza arrivo treni AV 1' > 42	Contatti_Stazione_mean_2550_sec > 2.950000
6	5	9	J_DT_1_binario	High	1068	11,235955	6931	0,76468	'Percentuale positivi in partenza' <= 0.285000	'Percentuale positivi in arrivo' > 0.115000
7	6	7	J_DT_1_binario	High	1068	10,861423	6931	0,735825	'Percentuale pax con FFP2' > 0.205000	'Frequenza arrivo treni AV 1' > 50
8	7	8	J_DT_1_binario	High	1068	10,393258	6931	0,76468	'Percentuale positivi in partenza' <= 0.285000	'Percentuale pax con chirurgica' <= 0.385000
9	8	2	J_DT_1_binario	Low	6931	9,868706	1068	3,932584	Pass_Salita_Bin_1_2550_sec > 9.016667	Positivi_Stazione_mean_2550_sec <= 3.050000
10	9	6	J_DT_1_binario	High	1068	7,865169	6931	0,76468	'Percentuale positivi in partenza' <= 0.285000	'Frequenza arrivo treni LeonardoExpress 1' <= 67
11	10	7	J_DT_1_binario	High	1068	7,022472	6931	0,76468	'Percentuale positivi in partenza' <= 0.285000	0.305000 < 'Percentuale pax con chirurgica' <= 0.385000
12	11	2	J_DT_1_binario	Low	6931	6,997547	1068	4,775281	'Partenze 1' <= 41	Mask_Chirurgica_Stazione_mean_2550_sec > 8.850000
13	12	7	J_DT_1_binario	Low	6931	6,809984	1068	4,962547	'Percentuale positivi in arrivo' > 0.105000	'Frequenza arrivo treni AV 1' <= 66
14	13	7	J_DT_1_binario	Low	6931	6,521425	1068	4,681648	'Scenario rispetto distanza (alto, medio, basso)' > 1	'Percentuale positivi in partenza' <= 0.275000
15	14	11	J_DT_1_binario	High	1068	6,367041	6931	0,76468	'Percentuale positivi in partenza' <= 0.275000	'Percentuale positivi in arrivo' <= 0.285000
16	15	3	J_DT_1_binario	Low	6931	6,319434	1068	4,962547	'Percentuale pax con FFP2' <= 0.205000	Pass_Discesa_Bin_1_2550_sec > 5.016667
17	16	2	J_DT_1_binario	Low	6931	6,131871	1068	3,277154	'Frequenza arrivo treni AV 1' <= 32	Contatti_Stazione_mean_2550_sec <= 0.850000
18	17	2	J_DT_1_binario	Low	6931	5,944308	1068	4,026217	'Partenze 1' > 44	Positivi_Stazione_mean_2550_sec > 17.250000
19	18	4	J_DT_1_binario	Low	6931	5,670177	1068	4,962547	'Percentuale positivi in partenza' <= 0.255000	'Frequenza arrivo treni AV 1' > 40
20	19	10	J_DT_1_binario	Low	6931	5,58361	1068	4,962547	'Percentuale positivi in partenza' <= 0.265000	0.205000 < 'Percentuale pax con FFP2' <= 0.225000
21	20	8	J_DT_1_binario	Low	6931	5,439331	1068	4,868914	'Percentuale positivi in partenza' <= 0.285000	'Percentuale positivi in arrivo' > 0.255000
22	21	6	J_DT_1_binario	Low	6931	5,352763	1068	4,400749	'Percentuale pax con FFP2' > 0.225000	'Arrivi I' > 43
23	22	11	J_DT_1_binario	High	1068	5,05618	6931	0,76468	'Partenze 1' <= 58	'Frequenza arrivo treni AV 1' <= 50
24	23	6	J_DT_1_binario	Low	6931	5,006493	1068	4,681648	'Percentuale pax con FFP2' > 0.285000	Pass_Salita_Bin_1_2550_sec <= 22.983333
25	24	2	J_DT_1_binario	High	1068	4,962547	6931	0,735825	'Percentuale positivi in partenza' > 0.285000	Contatti_Stazione_mean_2550_sec > 0.950000
26	25	8	J_DT_1_binario	Low	6931	4,891069	1068	4,962547	'Percentuale positivi in partenza' > 0.265000	0.205000 < 'Percentuale pax con FFP2' <= 0.285000
27	26	5	J_DT_1_binario	Low	6931	4,804502	1068	4,307116	0.165000 < 'Percentuale positivi in arrivo' <= 0.255000	'Arrivi I' > 47
28	27	5	J_DT_1_binario	Low	6931	4,775646	1068	4,962547	'Percentuale pax con chirurgica' > 0.315000	'Frequenza arrivo treni AV 1' > 65
29	28	9	J_DT_1_binario	High	1068	4,681648	6931	0,76468	'Percentuale positivi in partenza' <= 0.285000	'Percentuale pax con chirurgica' <= 0.305000
30	29	2	J_DT_1_binario	Low	6931	4,588083	1068	4,962547	Pass_Salita_Bin_1_2550_sec > 22.950000	Pass_Salita_Bin_10_2550_sec <= 22.883333

Rule-based model

DT_1

	J	K	L	M
1	Condition 2	Condition 3	Condition 4	Condition 5
2	Pass_Stazione_mean_2550_sec <= 79.150000	Contatti_Stazione_mean_2550_sec <= 0.350000		
3	Pass_Salita_Bin_1_2550_sec > 0.783333	Pass_Discesa_Bin_10_2550_sec > 2.450000	Positivi_Stazione_mean_2550_sec <= 17.150000	Contatti_Stazione_mean_2550_sec <= 0.950000
4	Contatti_Stazione_mean_2550_sec <= 0.050000			
5	Contatti_Stazione_mean_2550_sec > 2.950000			
6	'Percentuale positivi in arrivo' > 0.115000	0.305000 < 'Percentuale pax con chirurgica' <= 0.385000	'Arrivi I' > 40	'Frequenza arrivo treni LeonardoExpress 1' <= 67
7	'Frequenza arrivo treni AV 1' > 50	'Frequenza arrivo treni LeonardoExpress 1' > 30	Pass_Salita_Bin_1_2550_sec <= 26.416667	Pass_Salita_Bin_10_2550_sec <= 23.983333
8	'Percentuale pax con chirurgica' <= 0.385000	'Partenze 1' <= 56	8.983333 < Pass_Discesa_Bin_1_2550_sec <= 16.983333	Pass_Salita_Bin_10_2550_sec > 8.983333
9	Positivi_Stazione_mean_2550_sec <= 3.050000			
10	'Frequenza arrivo treni LeonardoExpress 1' <= 67	20.016667 < Pass_Salita_Bin_10_2550_sec <= 24.816667	Pass_Discesa_Bin_10_2550_sec <= 27.183333	Pass_Stazione_mean_2550_sec <= 49.750000
11	0.305000 < 'Percentuale pax con chirurgica' <= 0.385000	'Partenze 1' <= 58	3.916667 < Pass_Salita_Bin_1_2550_sec <= 17.583333	2.850000 < Pass_Salita_Bin_10_2550_sec <= 20.116667
12	Mask_Chirurgica_Stazione_mean_2550_sec > 8.850000			
13	'Frequenza arrivo treni AV 1' <= 66	'Frequenza arrivo treni LeonardoExpress 1' > 30	Pass_Salita_Bin_10_2550_sec <= 28.883333	Pass_Discesa_Bin_10_2550_sec > 22.650000
14	'Percentuale positivi in partenza' <= 0.275000	'Percentuale positivi in arrivo' <= 0.285000	'Arrivi I' <= 42	'Frequenza arrivo treni LeonardoExpress 1' > 33
15	'Percentuale positivi in arrivo' <= 0.285000	'Percentuale pax con FFP2' <= 0.285000	0.305000 < 'Percentuale pax con chirurgica' <= 0.385000	36 < 'Frequenza arrivo treni AV 1' <= 58
16	Pass_Discesa_Bin_1_2550_sec > 5.016667	Pass_Salita_Bin_10_2550_sec > 10.250000		
17	Contatti_Stazione_mean_2550_sec <= 0.850000			
18	Positivi_Stazione_mean_2550_sec > 17.250000			
19	'Frequenza arrivo treni AV 1' > 40	'Frequenza arrivo treni LeonardoExpress 1' <= 33	Contatti_Stazione_mean_2550_sec <= 3.750000	
20	0.205000 < 'Percentuale pax con FFP2' <= 0.225000	'Partenze 1' <= 58	'Frequenza arrivo treni AV 1' > 36	'Frequenza arrivo treni LeonardoExpress 1' > 33
21	'Percentuale positivi in arrivo' > 0.255000	'Percentuale pax con FFP2' > 0.225000	'Arrivi I' > 44	34 < 'Frequenza arrivo treni LeonardoExpress 1' <= 65
22	'Arrivi I' > 43	35 < 'Frequenza arrivo treni AV 1' <= 61	'Frequenza arrivo treni LeonardoExpress 1' > 59	Positivi_Stazione_mean_2550_sec <= 12.650000
23	'Frequenza arrivo treni AV 1' <= 50	31 < 'Frequenza arrivo treni LeonardoExpress 1' <= 68	2.583333 < Pass_Salita_Bin_1_2550_sec <= 24.750000	Pass_Discesa_Bin_1_2550_sec > 3.383333
24	Pass_Salita_Bin_1_2550_sec <= 22.983333	Pass_Lungo_Bin_1_2550_sec > 10.350000	4.050000 < Pass_Lungo_Bin_10and11_2550_sec <= 22.650000	Mask_Chirurgica_Stazione_mean_2550_sec > 7.350000
25	Contatti_Stazione_mean_2550_sec > 0.950000			
26	0.205000 < 'Percentuale pax con FFP2' <= 0.285000	'Percentuale pax con chirurgica' > 0.305000	'Arrivi I' <= 58	5.883333 < Pass_Salita_Bin_1_2550_sec <= 25.883333
27	'Arrivi I' > 47	40 < 'Frequenza arrivo treni AV 1' <= 64	41 < 'Frequenza arrivo treni LeonardoExpress 1' <= 58	Pass_Salita_Bin_1_2550_sec <= 17.383333
28	'Frequenza arrivo treni AV 1' > 65	'Frequenza arrivo treni LeonardoExpress 1' > 31	Pass_Discesa_Bin_1_2550_sec <= 23.750000	Pass_Lungo_Bin_10and11_2550_sec > 15.150000
29	'Percentuale pax con chirurgica' <= 0.305000	40 < 'Arrivi I' <= 58	'Partenze 1' <= 58	Pass_Salita_Bin_10_2550_sec <= 19.983333
30	Pass_Salita_Bin_10_2550_sec <= 22.883333			

Rule-based model

RuleX

DT_1

Rule Info

Number of rules: 59

Percentage of total: 100.00%

Filtering

Select rules for output:

1 ≤ # Conditions ≤ 11

0,000000 ≤ Covering ≤ 69,000000

0,000000 ≤ Error ≤ 5,000000

Select rules containing:

Attributes | Outputs

- I 1. Scenario rispetto distanza (alto, medio, basso)
- C 2. Distanza interpersonale minima
- C 3. Percentuale positivi in partenza
- C 4. Percentuale positivi in arrivo
- C 5. Percentuale pax con FFP2
- C 6. Percentuale pax con chirurgica
- I 7. Arrivi I
- I 8. Partenze 1
- I 9. Frequenza arrivo treni AV 1
- I 10. Frequenza arrivo treni LeonardoExpress 1
- C 11. Pass_Salita_Bin_1_2550_sec
- C 12. Pass_Discesa_Bin_1_2550_sec
- C 13. Pass_Lungo_Bin_1_2550_sec
- C 14. Pass_Salita_Bin_10_2550_sec
- C 15. Pass_Discesa_Bin_10_2550_sec
- C 16. Pass_Lungo_Bin_10and11_2550_sec
- C 17. Pass_Stazione_mean_2550_sec
- C 18. Positivi_Stazione_mean_2550_sec
- C 19. Contatti_Stazione_mean_2550_sec
- C 20. Mask_Chirurgica_Stazione_mean_2550_sec
- C 21. Mask_FFP2_Stazione_mean_2550_sec

Search attribute:

Order attributes by: Attribute

Sort conditions by: Attribute

Filter conditions

Rules | History | Documentation | Parametric options

	# Cond	Output	Cond 1	Cond 2	Cond 3	Cond 4	Cond 5	Con
1	3	J_DT_1_binario = Low	Frequenza arrivo treni AV 1 > 32	Pass_Stazione_mean_2550_sec ≤ 79.150	Contatti_Stazione_mean_2550_sec ≤ 0.350			
2	5	J_DT_1_binario = Low	Frequenza arrivo treni AV 1 > 36	Pass_Salita_Bin_1_2550_sec > 0.783	Pass_Discesa_Bin_10_2550_sec > 2.450	Positivi_Stazione_mean_2550_sec ≤ 17.150	Contatti_Stazione_mean_2550_sec ≤ 0.950	
3	2	J_DT_1_binario = Low	Frequenza arrivo treni AV 1 > 37	Contatti_Stazione_mean_2550_sec ≤ 0.050				
4	2	J_DT_1_binario = High	Frequenza arrivo treni AV 1 > 42	Contatti_Stazione_mean_2550_sec > 2.950				
5	9	J_DT_1_binario = High	Percentuale positivi in partenza ≤ 0.285	Percentuale positivi in arrivo > 0.115	0.305 < Percentuale pax con chirurgica ≤ 0.385	Arrivi I > 40	Frequenza arrivo treni LeonardoExpress 1 ≤ 67	Pass_Salit
6	7	J_DT_1_binario = High	Percentuale pax con FFP2 > 0.205	Frequenza arrivo treni AV 1 > 50	Frequenza arrivo treni LeonardoExpress 1 > 30	Pass_Salita_Bin_1_2550_sec ≤ 26.417	Pass_Salita_Bin_10_2550_sec ≤ 23.983	1.950 < Contatti_

	# Patt.	Covering	w\o Cond 1	w\o Cond 2	w\o Cond 3	w\o Cond 4	w\o Cond 5	w\o Cond 6	w\o Cond 7	w\o Cond 8	w\o Cond 9	w\o Cond 10	w\o Cond 11
1	6931	68.172	5.713	7.070	14.760								
2	6931	64.089	12.552	0.822	0.447	4.141	9.061						
3	6931	63.627	12.567	15.496									
4	1068	11.517	2.154	64.232									
5	1068	11.236	0.843	0.655	2.247	0.281	0.375	1.124	0.936	4.682	5.243		
6	1068	10.861	0.468	3.745	0.000	0.281	0.468	32.491	0.187				

	# Patt.	Error	w\o Cond 1	w\o Cond 2	w\o Cond 3	w\o Cond 4	w\o Cond 5	w\o Cond 6	w\o Cond 7	w\o Cond 8	w\o Cond 9	w\o Cond 10	w\o Cond 11
1	1068	4.307	3.184	3.371	81.648								
2	1068	4.869	6.461	0.749	0.562	2.434	75.468						
3	1068	1.030	5.899	85.393									
4	6931	0.721	2.525	66.008									
5	6931	0.765	0.115	0.188	0.231	0.058	0.058	0.159	0.101	0.606	12.336		
6	6931	0.736	0.188	0.967	0.029	0.043	0.072	34.093	0.043				

Performance of the model

DT_1

Output:

J_DT_1_binario

Prediction:

pred(J_DT_1_binario)

Display matrix for:

Training set

☑ Show percentage

		Forecast		
		High	Low	Total
Output	High	**863 (80.805%)**	205 (19.195%)	1068 (13.352%)
	Low	594 (8.570%)	**6337 (91.430%)**	6931 (86.648%)
	Total	1457 (18.215%)	6542 (81.785%)	**7999 (100%)**

		Forecast	
		High	Low
Output	High		
	Low		

Performance of the model

DT_1

Output:

J_DT_1_binario

Prediction:

pred(J_DT_1_binario)

Display matrix for:

Test set

☑ Show percentage

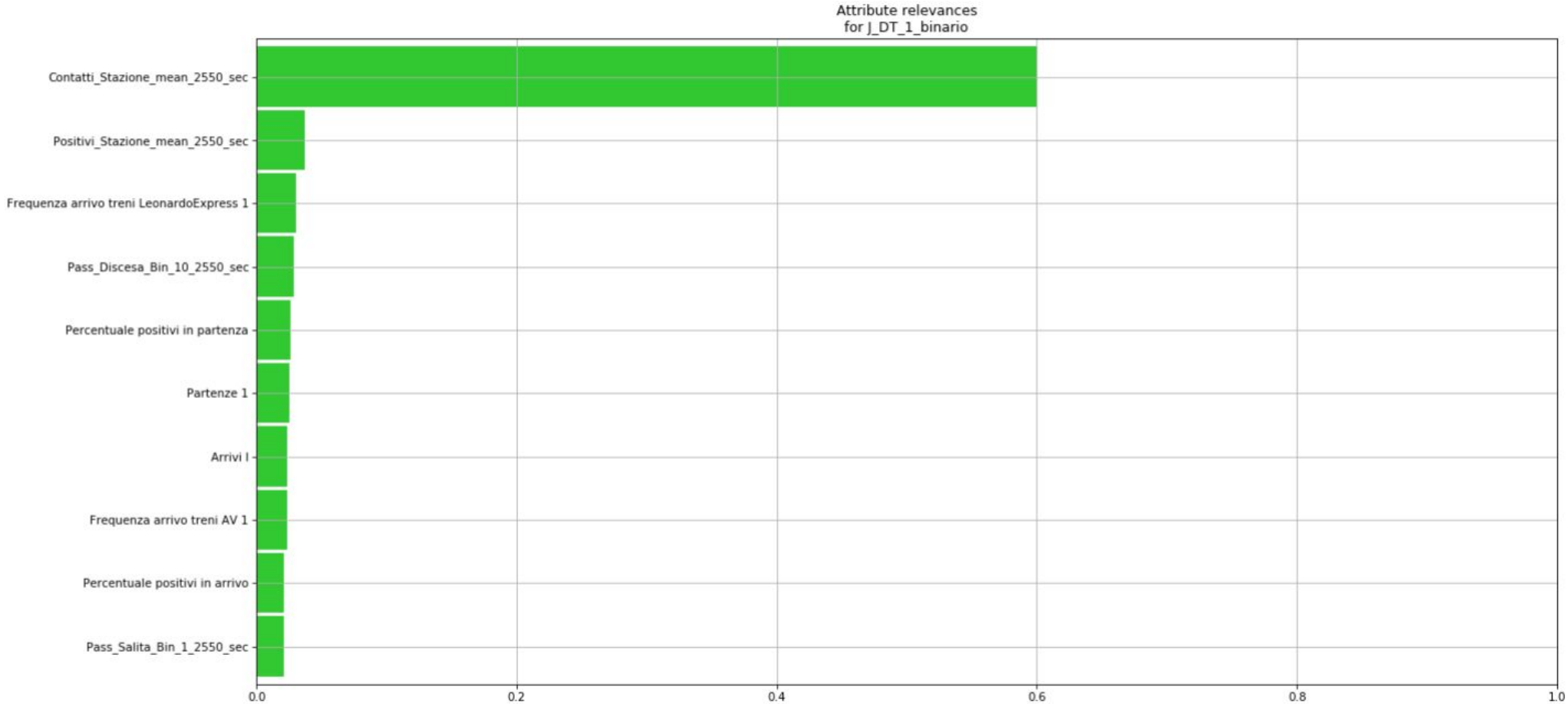
		Forecast		
		High	Low	Total
Output	High	**199 (71.071%)**	81 (28.929%)	280 (14.000%)
	Low	168 (9.767%)	**1552 (90.233%)**	1720 (86.000%)
	Total	367 (18.350%)	1633 (81.650%)	**2000 (100%)**

		Forecast	
		High	Low
Output	High		
	Low		

Performance of the model

RuleX

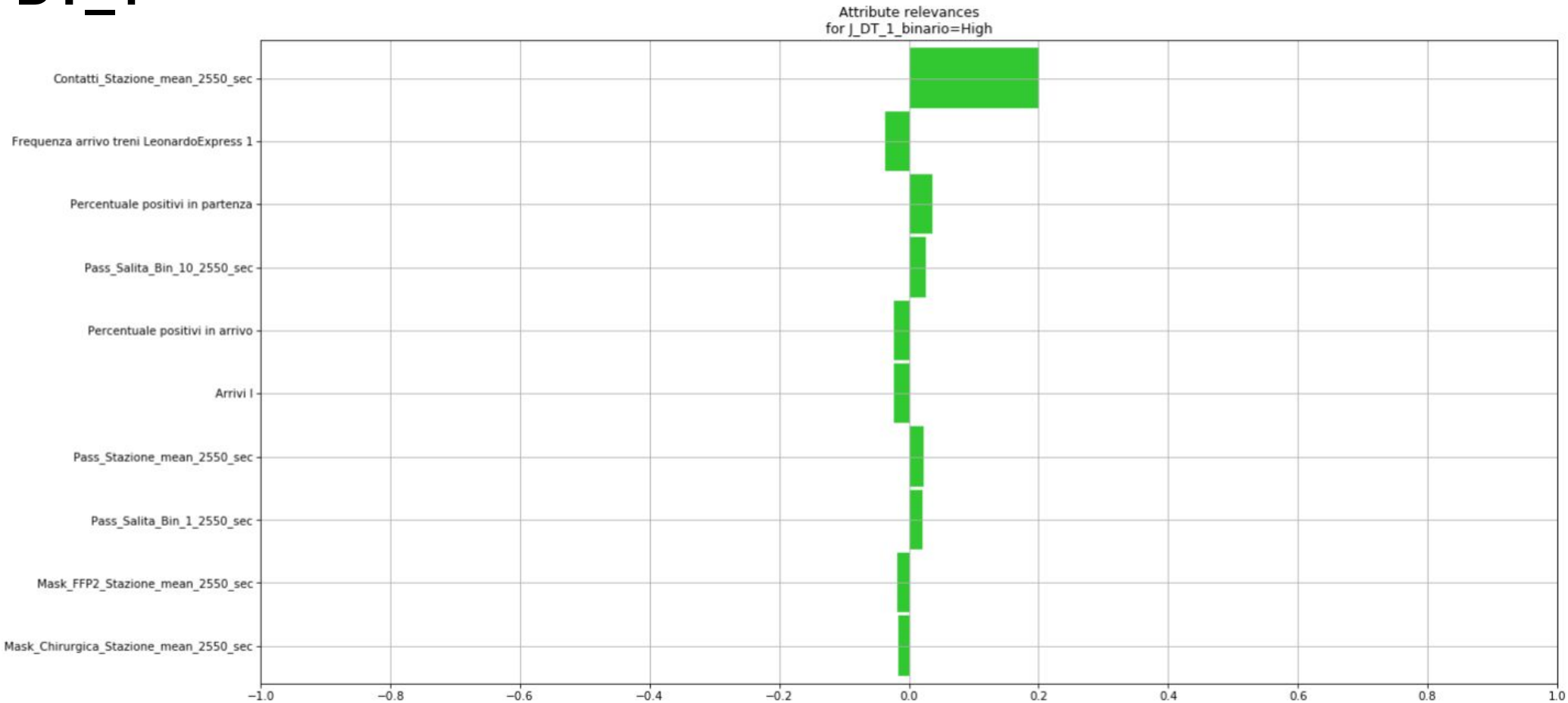
DT 1



Performance of the model

RuleX

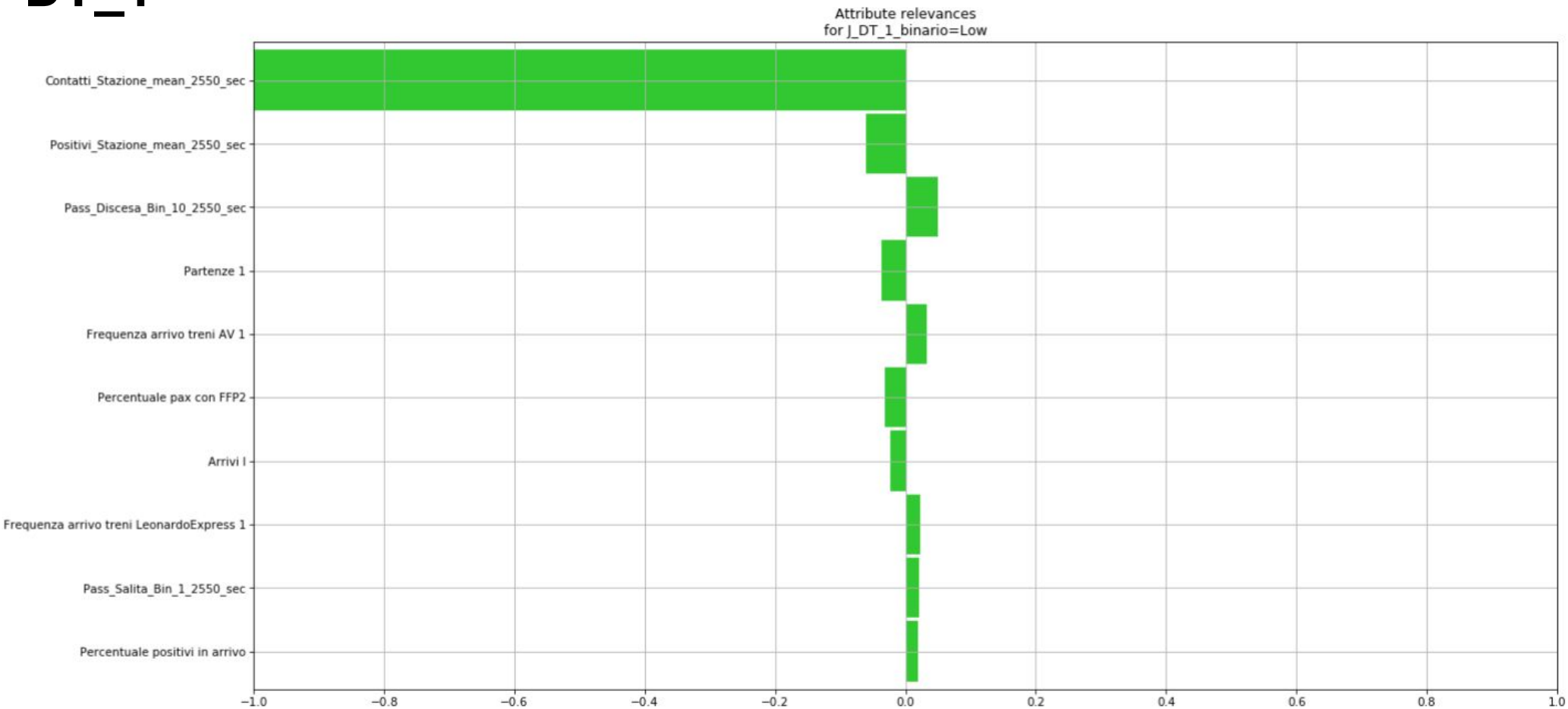
DT_1



Performance of the model

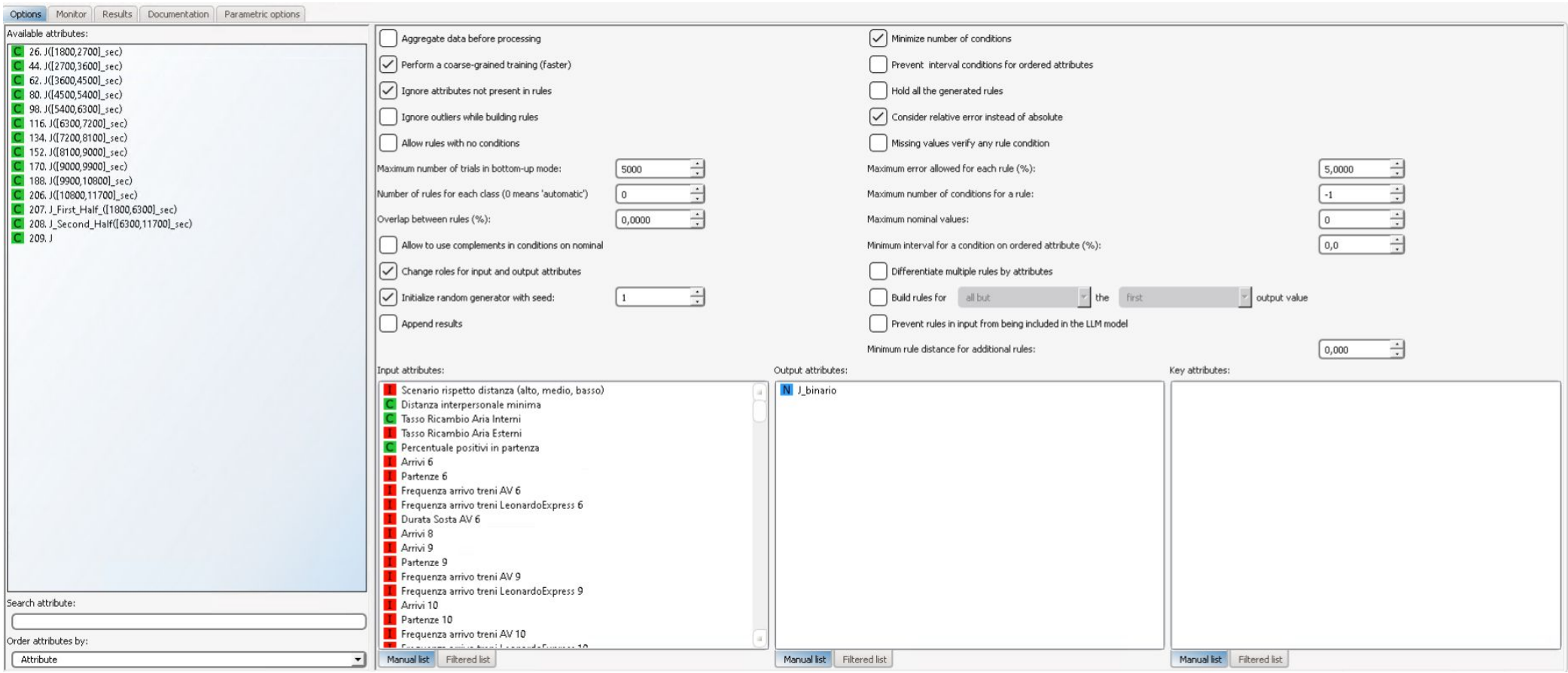
RuleX

DT_1



Configuration of I/O features

DT_1-DT_11



Rule-based model

DT_1-DT_11

```
#include <string.h>
const char *ApplyRules(float Percentuale positivi in partenza, float Percentuale positivi in arrivo, int Arrivi I, int Partenze 1, int Frequenza arrivo treni AV 1, int Frequenza arrivo treni LeonardoExpress 1, float Pass_Salita_Bin_1_2550_sec, float Pass_Discesa_Bin_1_2550_sec, float Pass_Lungo_Bin_1_2550_sec, float Pass_Salita_Bin_10_2550_sec, float Pass_Discesa_Bin_10_2550_sec, float Pass_Lungo_Bin_10and11_2550_sec, float Pass_Stazione_mean_2550_sec, float Positivi_Stazione_mean_2550_sec, float Contatti_Stazione_mean_2550_sec, float Mask_Chirurgica_Stazione_mean_2550_sec, float Mask_FFP2_Stazione_mean_2550_sec, int Arrivi 2, int Partenze 2, int Frequenza arrivo treni AV 2, int Frequenza arrivo treni LeonardoExpress 2, float Pass_Salita_Bin_1_3450_sec, float Pass_Discesa_Bin_1_3450_sec, float Pass_Lungo_Bin_1_3450_sec, float Pass_Salita_Bin_10_3450_sec, float Pass_Discesa_Bin_10_3450_sec, float Pass_Lungo_Bin_10and11_3450_sec, float Pass_Stazione_mean_3450_sec, float Positivi_Stazione_mean_3450_sec, float Contatti_Stazione_mean_3450_sec, float Mask_Chirurgica_Stazione_mean_3450_sec, float Mask_FFP2_Stazione_mean_3450_sec, int Frequenza arrivo treni AV 3, int Frequenza arrivo treni LeonardoExpress 3, float Pass_Salita_Bin_1_4350_sec, float Pass_Discesa_Bin_1_4350_sec, float Pass_Lungo_Bin_1_4350_sec, float Pass_Salita_Bin_10_4350_sec, float Pass_Discesa_Bin_10_4350_sec, float Pass_Lungo_Bin_10and11_4350_sec, float Pass_Stazione_mean_4350_sec, float Positivi_Stazione_mean_4350_sec, float Contatti_Stazione_mean_4350_sec, float Mask_Chirurgica_Stazione_mean_4350_sec, float Mask_FFP2_Stazione_mean_4350_sec, int Arrivi 4, int Partenze 4, int Frequenza arrivo treni AV 4, int Frequenza arrivo treni LeonardoExpress 4, float Pass_Salita_Bin_1_5250_sec, float Pass_Discesa_Bin_1_5250_sec, float Pass_Lungo_Bin_1_5250_sec, float Pass_Salita_Bin_10_5250_sec, float Pass_Discesa_Bin_10_5250_sec, float Pass_Lungo_Bin_10and11_5250_sec, float Pass_Stazione_mean_5250_sec, float Positivi_Stazione_mean_5250_sec, float Contatti_Stazione_mean_5250_sec, float Mask_Chirurgica_Stazione_mean_5250_sec, float Mask_FFP2_Stazione_mean_5250_sec, int Arrivi 5, int Frequenza arrivo treni AV 5, int Frequenza arrivo treni LeonardoExpress 5, float Pass_Salita_Bin_1_6150_sec, float Pass_Discesa_Bin_1_6150_sec, float Pass_Salita_Bin_10_6150_sec, float Pass_Discesa_Bin_10_6150_sec, float Pass_Lungo_Bin_10and11_6150_sec, float Pass_Stazione_mean_6150_sec, float Positivi_Stazione_mean_6150_sec, float Contatti_Stazione_mean_6150_sec, float Mask_Chirurgica_Stazione_mean_6150_sec, float Mask_FFP2_Stazione_mean_6150_sec, int Partenze 6, int Frequenza arrivo treni AV 6, int Frequenza arrivo treni LeonardoExpress 6, float Pass_Salita_Bin_1_7050_sec, float Pass_Discesa_Bin_1_7050_sec, float Pass_Lungo_Bin_1_7050_sec, float Pass_Salita_Bin_10_7050_sec, float Pass_Discesa_Bin_10_7050_sec, float Pass_Lungo_Bin_10and11_7050_sec, float Pass_Stazione_mean_7050_sec, float Positivi_Stazione_mean_7050_sec, float Contatti_Stazione_mean_7050_sec, float Mask_Chirurgica_Stazione_mean_7050_sec, float Mask_FFP2_Stazione_mean_7050_sec, int Arrivi 7, int Partenze 7, int Frequenza arrivo treni AV 7, int Frequenza arrivo treni LeonardoExpress 7, float Pass_Salita_Bin_1_7950_sec, float Pass_Discesa_Bin_1_7950_sec, float Pass_Lungo_Bin_1_7950_sec, float Pass_Salita_Bin_10_7950_sec, float Pass_Discesa_Bin_10_7950_sec, float Pass_Stazione_mean_7950_sec, float Positivi_Stazione_mean_7950_sec, float Contatti_Stazione_mean_7950_sec, float Mask_Chirurgica_Stazione_mean_7950_sec, float Mask_FFP2_Stazione_mean_7950_sec, int Arrivi 8, int Partenze 8, int Frequenza arrivo treni AV 8, int Frequenza arrivo treni LeonardoExpress 8, float Pass_Salita_Bin_1_8850_sec, float Pass_Discesa_Bin_1_8850_sec, float Pass_Lungo_Bin_1_8850_sec, float Pass_Salita_Bin_10_8850_sec, float Pass_Discesa_Bin_10_8850_sec, float Pass_Lungo_Bin_10and11_8850_sec, float Pass_Stazione_mean_8850_sec, float Positivi_Stazione_mean_8850_sec, float Contatti_Stazione_mean_8850_sec, float Mask_Chirurgica_Stazione_mean_8850_sec, float Mask_FFP2_Stazione_mean_8850_sec, int Arrivi 9, int Partenze 9, int Frequenza arrivo treni AV 9, int Frequenza arrivo treni LeonardoExpress 9, float Pass_Salita_Bin_1_9750_sec, float Pass_Discesa_Bin_1_9750_sec, float Pass_Lungo_Bin_1_9750_sec, float Pass_Salita_Bin_10_9750_sec, float Pass_Discesa_Bin_10_9750_sec, float Pass_Lungo_Bin_10and11_9750_sec, float Pass_Stazione_mean_9750_sec, float Positivi_Stazione_mean_9750_sec, float Contatti_Stazione_mean_9750_sec, float Mask_Chirurgica_Stazione_mean_9750_sec, float Mask_FFP2_Stazione_mean_9750_sec, int Arrivi 10, int Frequenza arrivo treni AV 10, int Frequenza arrivo treni LeonardoExpress 10, float Pass_Salita_Bin_1_10650_sec, float Pass_Discesa_Bin_1_10650_sec, float Pass_Lungo_Bin_1_10650_sec, float Pass_Salita_Bin_10_10650_sec, float Pass_Discesa_Bin_10_10650_sec, float Pass_Lungo_Bin_10and11_10650_sec, float Pass_Stazione_mean_10650_sec, float Positivi_Stazione_mean_10650_sec, float Contatti_Stazione_mean_10650_sec, float Mask_Chirurgica_Stazione_mean_10650_sec, float Mask_FFP2_Stazione_mean_10650_sec, int Arrivi 11, int Partenze 11, int Frequenza arrivo treni AV 11, int Frequenza arrivo treni LeonardoExpress 11, float Pass_Salita_Bin_1_11550_sec, float Pass_Discesa_Bin_1_11550_sec, float Pass_Lungo_Bin_1_11550_sec, float Pass_Salita_Bin_10_11550_sec, float Pass_Discesa_Bin_10_11550_sec, float Pass_Lungo_Bin_10and11_11550_sec, float Positivi_Stazione_mean_11550_sec, float Contatti_Stazione_mean_11550_sec, float Mask_Chirurgica_Stazione_mean_11550_sec, float Mask_FFP2_Stazione_mean_11550_sec) {
```

Rule-based model

DT_1-DT_11

```
3  if ((Pass_Discesa_Bin_10_2550_sec > 0.416667) && (Contatti_Stazione_mean_2550_sec <= 0.050000) && (Contatti_Stazione_mean_3450_sec <= 4.250000) &&
(Contatti_Stazione_mean_4350_sec <= 5.350000) && (Mask_FFP2_Stazione_mean_4350_sec <= 33.700000) && (Contatti_Stazione_mean_5250_sec <= 0.850000) &&
(Pass_Stazione_mean_6150_sec <= 117.500000) && (Contatti_Stazione_mean_6150_sec <= 12.850000) && (Mask_Chirurgica_Stazione_mean_6150_sec > 1.950000) &&
(Positivi_Stazione_mean_7950_sec <= 35.600000) && (Contatti_Stazione_mean_7950_sec <= 1.950000) && (Mask_Chirurgica_Stazione_mean_7950_sec <= 46.150000) &&
(Contatti_Stazione_mean_8850_sec <= 11.750000) && (Pass_Salita_Bin_1_9750_sec <= 37.816667) && (Contatti_Stazione_mean_9750_sec <= 14.350000) &&
(Pass_Salita_Bin_1_11550_sec <= 35.583333) && (Positivi_Stazione_mean_11550_sec <= 21.100000)) return "Low";
4  if ((Frequenza_arrivo_treni_AV_1 > 52) && (Contatti_Stazione_mean_2550_sec > 0.950000 && Contatti_Stazione_mean_2550_sec <= 3.350000) &&
(Pass_Lungo_Bin_10and11_4350_sec <= 13.950000) && (Mask_Chirurgica_Stazione_mean_4350_sec > 2.250000) && (Pass_Stazione_mean_6150_sec > 14.950000) &&
(Mask_Chirurgica_Stazione_mean_6150_sec > 2.950000) && (Pass_Salita_Bin_1_7950_sec > 0.016667) && (Pass_Stazione_mean_7950_sec > 11.250000) &&
(Pass_Lungo_Bin_10and11_8850_sec > 2.950000) && (Positivi_Stazione_mean_8850_sec > 0.850000) && (Pass_Salita_Bin_1_11550_sec > 0.016667)) return "High";
5  if ((Pass_Salita_Bin_1_2550_sec > 0.683333) && (Pass_Lungo_Bin_1_2550_sec > 6.750000) && (Pass_Lungo_Bin_10and11_2550_sec <= 20.950000) &&
(Contatti_Stazione_mean_2550_sec <= 0.350000) && (Pass_Discesa_Bin_1_3450_sec <= 36.500000) && (Pass_Lungo_Bin_10and11_3450_sec > 5.350000) &&
(Contatti_Stazione_mean_3450_sec <= 13.200000) && (Contatti_Stazione_mean_4350_sec <= 7.150000) && (Mask_FFP2_Stazione_mean_4350_sec <= 38.550000) &&
(Pass_Salita_Bin_1_5250_sec <= 31.183333) && (Contatti_Stazione_mean_5250_sec <= 3.450000) && (Mask_Chirurgica_Stazione_mean_5250_sec <= 40.850000) &&
(Mask_FFP2_Stazione_mean_5250_sec > 1.050000 && Mask_FFP2_Stazione_mean_5250_sec <= 22.350000) && (Contatti_Stazione_mean_6150_sec <= 1.050000) &&
(Pass_Salita_Bin_1_7050_sec > 0.950000) && (Pass_Salita_Bin_10_7050_sec > 0.816667 && Pass_Salita_Bin_10_7050_sec <= 35.950000) &&
(Pass_Stazione_mean_7050_sec > 10.250000) && (Mask_Chirurgica_Stazione_mean_7050_sec > 2.050000) && (Positivi_Stazione_mean_7950_sec <= 33.850000) &&
(Mask_Chirurgica_Stazione_mean_7950_sec <= 48.050000) && (Mask_FFP2_Stazione_mean_7950_sec > 0.250000) && (Pass_Lungo_Bin_1_8850_sec <= 36.550000) &&
(Pass_Discesa_Bin_10_8850_sec <= 33.933333) && (Pass_Discesa_Bin_1_9750_sec > 1.283333) && (Pass_Discesa_Bin_10_9750_sec > 1.450000) &&
(Pass_Salita_Bin_1_10650_sec <= 33.216667) && (Pass_Discesa_Bin_1_10650_sec > 0.083333) && (Pass_Salita_Bin_10_10650_sec <= 33.550000) &&
(Pass_Stazione_mean_10650_sec <= 115.850000) && (Positivi_Stazione_mean_10650_sec <= 31.250000) && (Contatti_Stazione_mean_10650_sec <= 18.150000) &&
(Pass_Salita_Bin_1_11550_sec <= 35.583333) && (Mask_Chirurgica_Stazione_mean_11550_sec <= 20.750000)) return "Low";
6  if ((Pass_Discesa_Bin_1_2550_sec <= 7.683333) && (Pass_Salita_Bin_10_2550_sec <= 19.683333) && (Positivi_Stazione_mean_2550_sec <= 32.700000) &&
(Contatti_Stazione_mean_2550_sec <= 8.150000) && (Mask_Chirurgica_Stazione_mean_2550_sec > 3.350000) && (Pass_Salita_Bin_10_3450_sec > 1.550000) &&
(Pass_Stazione_mean_3450_sec > 9.650000) && (Contatti_Stazione_mean_3450_sec <= 0.650000) && (Mask_Chirurgica_Stazione_mean_3450_sec > 0.700000) &&
(Mask_FFP2_Stazione_mean_4350_sec <= 33.700000) && (Pass_Salita_Bin_10_5250_sec > 0.016667 && Pass_Salita_Bin_10_5250_sec <= 32.233333) &&
(Pass_Discesa_Bin_10_5250_sec <= 33.116667) && (Positivi_Stazione_mean_5250_sec <= 31.650000) && (Contatti_Stazione_mean_5250_sec <= 11.550000) &&
(Mask_Chirurgica_Stazione_mean_5250_sec > 2.250000) && (Mask_FFP2_Stazione_mean_5250_sec > 0.100000) && (Pass_Salita_Bin_1_6150_sec <= 23.650000) &&
(Pass_Stazione_mean_6150_sec <= 120.750000) && (Contatti_Stazione_mean_6150_sec <= 14.300000) && (Mask_Chirurgica_Stazione_mean_6150_sec <= 47.350000) &&
(Mask_FFP2_Stazione_mean_6150_sec <= 32.700000) && (Pass_Discesa_Bin_10_7050_sec <= 31.650000) && (Pass_Stazione_mean_7050_sec <= 111.550000) &&
(Contatti_Stazione_mean_7050_sec <= 3.050000) && (Pass_Lungo_Bin_1_7950_sec > 0.750000) && (Contatti_Stazione_mean_7950_sec <= 17.350000) &&
(Mask_Chirurgica_Stazione_mean_7950_sec > 3.750000 && Mask_Chirurgica_Stazione_mean_7950_sec <= 47.500000) && (Pass_Salita_Bin_10_9750_sec <= 29.650000) &&
(Pass_Discesa_Bin_10_9750_sec <= 31.733333) && (Pass_Stazione_mean_9750_sec > 14.950000) && (Mask_Chirurgica_Stazione_mean_9750_sec <= 39.950000) &&
(Positivi_Stazione_mean_11550_sec <= 20.550000) && (Mask_FFP2_Stazione_mean_11550_sec <= 21.450000)) return "Low";
7  if ((Contatti_Stazione_mean_2550_sec > 1.950000) && (Contatti_Stazione_mean_3450_sec > 0.450000)) return "High";
```

Rule-based model

DT_1-DT_11

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	Id rule	# of conditions	Output attribute	Output value	Total right	Covering %	Total wrong	Error %	Condition 1	Condition 2
2	1	17	J_binario	Low	5973	59,116022	2026	4,985192	Pass_Discesa_Bin_10_2550_sec > 0.416667	Contatti_Stazione_mean_2550_sec <= 0.050000
3	2	11	J_binario	High	2026	30,94768	5973	1,690943	'Frequenza arrivo treni AV 1' > 52	0.950000 < Contatti_Stazione_mean_2550_sec <= 3.350000
4	3	33	J_binario	Low	5973	30,13561	2026	4,985192	Pass_Salita_Bin_1_2550_sec > 0.683333	Pass_Lungo_Bin_1_2550_sec > 6.750000
5	4	33	J_binario	Low	5973	22,099448	2026	4,985192	Pass_Discesa_Bin_1_2550_sec <= 7.683333	Pass_Salita_Bin_10_2550_sec <= 19.683333
6	5	2	J_binario	High	2026	20,483712	5973	1,456554	Contatti_Stazione_mean_2550_sec > 1.950000	Contatti_Stazione_mean_3450_sec > 0.450000
7	6	12	J_binario	Low	5973	14,197221	2026	4,935834	Pass_Lungo_Bin_1_2550_sec > 3.350000	Contatti_Stazione_mean_2550_sec <= 2.950000
8	7	43	J_binario	Low	5973	13,125732	2026	4,985192	'Frequenza arrivo treni AV 1' <= 45	Pass_Lungo_Bin_1_2550_sec > 0.350000
9	8	37	J_binario	Low	5973	12,69044	2026	4,985192	Pass_Salita_Bin_1_2550_sec <= 16.016667	Pass_Discesa_Bin_1_2550_sec > 0.883333
10	9	38	J_binario	Low	5973	12,18818	2026	4,985192	Pass_Discesa_Bin_1_2550_sec > 1.016667	Pass_Salita_Bin_10_2550_sec <= 16.983333
11	10	48	J_binario	High	2026	11,796644	5973	1,690943	'Frequenza arrivo treni AV 1' <= 53	'Frequenza arrivo treni LeonardoExpress 1' <= 68
12	11	17	J_binario	Low	5973	11,43479	2026	4,985192	Pass_Salita_Bin_10_2550_sec > 1.016667	Pass_Discesa_Bin_10_2550_sec <= 26.550000
13	12	13	J_binario	High	2026	11,056269	5973	1,690943	Contatti_Stazione_mean_2550_sec <= 5.350000	Mask_FFP2_Stazione_mean_3450_sec > 1.050000
14	13	12	J_binario	Low	5973	10,915788	2026	4,442251	'Partenze 2' > 41	0.050000 < Mask_FFP2_Stazione_mean_4350_sec <= 9.150000
15	14	21	J_binario	Low	5973	10,43027	2026	4,985192	Pass_Lungo_Bin_10and11_2550_sec > 20.950000	Pass_Stazione_mean_2550_sec > 31.050000
16	15	22	J_binario	High	2026	10,315893	5973	1,674201	'Arrivi I' > 42	Pass_Discesa_Bin_1_2550_sec > 1.416667
17	16	25	J_binario	High	2026	10,11846	5973	1,690943	Pass_Stazione_mean_2550_sec > 17.650000	Contatti_Stazione_mean_2550_sec <= 2.250000
18	17	36	J_binario	High	2026	10,069102	5973	1,690943	Pass_Discesa_Bin_1_2550_sec > 1.716667	Pass_Discesa_Bin_10_2550_sec > 1.366667
19	18	54	J_binario	Low	5973	9,978235	2026	4,985192	Pass_Salita_Bin_1_2550_sec > 8.250000	Pass_Salita_Bin_10_2550_sec > 15.516667
20	19	44	J_binario	Low	5973	9,475975	2026	4,985192	'Percentuale positivi in arrivo' <= 0.285000	'Frequenza arrivo treni AV 1' > 44
21	20	37	J_binario	High	2026	8,588351	5973	1,690943	'Percentuale positivi in arrivo' > 0.105000	'Frequenza arrivo treni LeonardoExpress 1' <= 68
22	21	19	J_binario	High	2026	7,551826	5973	1,690943	Contatti_Stazione_mean_2550_sec <= 1.550000	Pass_Salita_Bin_1_3450_sec > 0.650000
23	22	19	J_binario	High	2026	6,663376	5973	1,690943	Pass_Discesa_Bin_1_2550_sec <= 26.583333	Pass_Salita_Bin_10_2550_sec <= 19.850000
24	23	4	J_binario	Low	5973	6,462414	2026	4,935834	'Frequenza arrivo treni AV 8' <= 42	Pass_Lungo_Bin_10and11_9750_sec <= 12.050000
25	24	34	J_binario	High	2026	4,738401	5973	1,690943	Pass_Discesa_Bin_10_2550_sec <= 28.883333	Contatti_Stazione_mean_2550_sec <= 0.950000
26	25	64	J_binario	High	2026	4,096742	5973	1,707685	'Percentuale positivi in partenza' > 0.105000	'Percentuale positivi in arrivo' <= 0.215000
27	26	21	J_binario	High	2026	3,405726	5973	1,690943	Positivi_Stazione_mean_2550_sec <= 22.450000	Contatti_Stazione_mean_2550_sec <= 0.950000
28	27	32	J_binario	High	2026	3,208292	5973	1,690943	Pass_Discesa_Bin_10_2550_sec > 4.550000	Pass_Lungo_Bin_10and11_2550_sec <= 24.950000
29	28	3	J_binario	Low	5973	2,846141	2026	2,171767	Pass_Salita_Bin_10_7950_sec <= 5.250000	'Arrivi 9' > 52
30	29	2	J_binario	High	2026	2,122409	5973	0,468776	Pass_Discesa_Bin_1_7050_sec > 22.483333	Contatti_Stazione_mean_8850_sec > 1.750000

Rule-based model

DT_1-DT_11

	J	K	L	M
1	Condition 2	Condition 3	Condition 4	Condition 5
2	Contatti_Stazione_mean_2550_sec <= 0.050000	Contatti_Stazione_mean_3450_sec <= 4.250000	Contatti_Stazione_mean_4350_sec <= 5.350000	Mask_FFP2_Stazione_mean_4350_sec <= 33.700000
3	0.950000 < Contatti_Stazione_mean_2550_sec <= 3.350000	Pass_Lungo_Bin_10and11_4350_sec <= 13.950000	Mask_Chirurgica_Stazione_mean_4350_sec > 2.250000	Pass_Stazione_mean_6150_sec > 14.950000
4	Pass_Lungo_Bin_1_2550_sec > 6.750000	Pass_Lungo_Bin_10and11_2550_sec <= 20.950000	Contatti_Stazione_mean_2550_sec <= 0.350000	Pass_Discesa_Bin_1_3450_sec <= 36.500000
5	Pass_Salita_Bin_10_2550_sec <= 19.683333	Positivi_Stazione_mean_2550_sec <= 32.700000	Contatti_Stazione_mean_2550_sec <= 8.150000	Mask_Chirurgica_Stazione_mean_2550_sec > 3.350000
6	Contatti_Stazione_mean_3450_sec > 0.450000			
7	Contatti_Stazione_mean_2550_sec <= 2.950000	Pass_Salita_Bin_10_4350_sec > 2.483333	Contatti_Stazione_mean_4350_sec <= 1.450000	'Frequenza arrivo treni AV 4' <= 67
8	Pass_Lungo_Bin_1_2550_sec > 0.350000	23.350000 < Pass_Stazione_mean_2550_sec <= 57.650000	Positivi_Stazione_mean_2550_sec > 2.050000	Contatti_Stazione_mean_2550_sec <= 7.950000
9	Pass_Discesa_Bin_1_2550_sec > 0.883333	Pass_Salita_Bin_10_2550_sec > 0.250000	55.450000 < Pass_Stazione_mean_2550_sec <= 118.900000	Contatti_Stazione_mean_2550_sec <= 11.900000
10	Pass_Salita_Bin_10_2550_sec <= 16.983333	17.450000 < Pass_Stazione_mean_2550_sec <= 30.950000	Contatti_Stazione_mean_2550_sec <= 1.950000	Mask_Chirurgica_Stazione_mean_2550_sec <= 15.950000
11	'Frequenza arrivo treni LeonardoExpress 1' <= 68	0.016667 < Pass_Salita_Bin_1_2550_sec <= 29.700000	Pass_Salita_Bin_10_2550_sec > 0.483333	Pass_Discesa_Bin_10_2550_sec <= 30.100000
12	Pass_Discesa_Bin_10_2550_sec <= 26.550000	Contatti_Stazione_mean_2550_sec <= 2.250000	Pass_Lungo_Bin_10and11_3450_sec <= 5.250000	Contatti_Stazione_mean_3450_sec <= 4.750000
13	Mask_FFP2_Stazione_mean_3450_sec > 1.050000	Mask_Chirurgica_Stazione_mean_4350_sec > 2.150000	Pass_Stazione_mean_5250_sec <= 99.100000	Positivi_Stazione_mean_5250_sec <= 22.650000
14	0.050000 < Mask_FFP2_Stazione_mean_4350_sec <= 9.150000	'Partenze 4' > 41	Pass_Discesa_Bin_10_6150_sec > 4.250000	Contatti_Stazione_mean_6150_sec <= 0.450000
15	Pass_Stazione_mean_2550_sec > 31.050000	Contatti_Stazione_mean_2550_sec <= 1.850000	Mask_Chirurgica_Stazione_mean_2550_sec <= 27.150000	Pass_Salita_Bin_10_3450_sec > 0.550000
16	Pass_Discesa_Bin_1_2550_sec > 1.416667	Contatti_Stazione_mean_2550_sec > 0.650000	Pass_Discesa_Bin_1_3450_sec > 7.416667	Contatti_Stazione_mean_3450_sec <= 1.050000
17	Contatti_Stazione_mean_2550_sec <= 2.250000	Pass_Salita_Bin_1_3450_sec <= 33.016667	Pass_Discesa_Bin_10_3450_sec <= 28.983333	Positivi_Stazione_mean_3450_sec > 2.350000
18	Pass_Discesa_Bin_10_2550_sec > 1.366667	Pass_Stazione_mean_2550_sec <= 97.400000	Positivi_Stazione_mean_2550_sec > 1.750000	'Arrivi 2' <= 58
19	Pass_Salita_Bin_10_2550_sec > 15.516667	15.550000 < Pass_Discesa_Bin_10_2550_sec <= 20.983333	Positivi_Stazione_mean_2550_sec > 1.650000	Contatti_Stazione_mean_2550_sec <= 4.950000
20	'Frequenza arrivo treni AV 1' > 44	Pass_Discesa_Bin_1_2550_sec > 15.483333	7.016667 < Pass_Salita_Bin_10_2550_sec <= 26.916667	Pass_Stazione_mean_2550_sec > 29.150000
21	'Frequenza arrivo treni LeonardoExpress 1' <= 68	Positivi_Stazione_mean_2550_sec <= 27.600000	Contatti_Stazione_mean_2550_sec <= 1.750000	Pass_Salita_Bin_10_3450_sec <= 25.983333
22	Pass_Salita_Bin_1_3450_sec > 0.650000	1.416667 < Pass_Discesa_Bin_10_3450_sec <= 33.283333	Contatti_Stazione_mean_3450_sec > 1.850000	1.916667 < Pass_Salita_Bin_10_5250_sec <= 21.283333
23	Pass_Salita_Bin_10_2550_sec <= 19.850000	Mask_FFP2_Stazione_mean_2550_sec > 3.150000	'Frequenza arrivo treni LeonardoExpress 2' <= 68	Contatti_Stazione_mean_4350_sec <= 2.050000
24	Pass_Lungo_Bin_10and11_9750_sec <= 12.050000	Mask_FFP2_Stazione_mean_9750_sec > 6.550000	Pass_Lungo_Bin_1_11550_sec <= 15.250000	
25	Contatti_Stazione_mean_2550_sec <= 0.950000	'Partenze 2' <= 58	'Frequenza arrivo treni AV 2' > 30	Pass_Discesa_Bin_10_3450_sec > 3.016667
26	'Percentuale positivi in arrivo' <= 0.215000	'Partenze 1' > 40	'Frequenza arrivo treni AV 1' <= 57	Pass_Salita_Bin_1_2550_sec > 0.150000
27	Contatti_Stazione_mean_2550_sec <= 0.950000	'Arrivi 2' > 40	Mask_FFP2_Stazione_mean_3450_sec <= 27.850000	3.083333 < Pass_Discesa_Bin_1_4350_sec <= 24.766667
28	Pass_Lungo_Bin_10and11_2550_sec <= 24.950000	Positivi_Stazione_mean_2550_sec > 2.450000	Mask_Chirurgica_Stazione_mean_2550_sec > 7.450000	Pass_Stazione_mean_3450_sec <= 94.650000
29	'Arrivi 9' > 52	Mask_FFP2_Stazione_mean_9750_sec > 11.250000		
30	Contatti_Stazione_mean_8850_sec > 1.750000			

Rule-based model

RuleX

DT_1-DT_11

Rule Info

Number of rules: 30

Percentage of total: 100.00%

Filtering

Select rules for output:

2 ≤ # Conditions ≤ 64

1,000000 ≤ Covering ≤ 60,000000

0,000000 ≤ Error ≤ 5,000000

Select rules containing:

Attributes | Outputs

- C 1. Percentuale positivi in partenza
- C 2. Percentuale positivi in arrivo
- I 3. Arrivi I
- I 4. Partenze 1
- I 5. Frequenza arrivo treni AV 1
- I 6. Frequenza arrivo treni LeonardoExpress 1
- C 7. Pass_Salita_Bin_1_2550_sec
- C 8. Pass_Discesa_Bin_1_2550_sec
- C 9. Pass_Lungo_Bin_1_2550_sec
- C 10. Pass_Salita_Bin_10_2550_sec
- C 11. Pass_Discesa_Bin_10_2550_sec
- C 12. Pass_Lungo_Bin_10and11_2550_sec
- C 13. Pass_Stazione_mean_2550_sec
- C 14. Positivi_Stazione_mean_2550_sec
- C 15. Contatti_Stazione_mean_2550_sec
- C 16. Mask_Chirurgica_Stazione_mean_2550_sec
- C 17. Mask_FFP2_Stazione_mean_2550_sec
- I 18. Arrivi 2
- I 19. Partenze 2
- I 20. Frequenza arrivo treni AV 2
- I 21. Frequenza arrivo treni LeonardoExpress 2
- C 22. Pass_Salita_Bin_1_3450_sec

Search attribute:

Order attributes by: Attribute

Sort conditions by: Attribute

Filter conditions

Rules | History | Documentation | Parametric options

	# Cond	Output	Cond 1	Cond 2	Cond 3	Cond 4	Cond 5	
1	17	J_binario = Low	Pass_Discesa_Bin_10_2550_sec > 0.417	Contatti_Stazione_mean_2550_sec ≤ 0.050	Contatti_Stazione_mean_3450_sec ≤ 4.250	Contatti_Stazione_mean_4350_sec ≤ 5.350	Mask_FFP2_Stazione_mean_4350_sec ≤ 33.700	Contatt
2	11	J_binario = High	Frequenza arrivo treni AV 1 > 52	0.950 < Contatti_Stazione_mean_2550_sec ≤ 3.350	Pass_Lungo_Bin_10and11_4350_sec ≤ 13.950	Mask_Chirurgica_Stazione_mean_4350_sec > 2.250	Pass_Stazione_mean_6150_sec > 14.950	Mask_C
3	33	J_binario = Low	Pass_Salita_Bin_1_2550_sec > 0.683	Pass_Lungo_Bin_1_2550_sec > 6.750	Pass_Lungo_Bin_10and11_2550_sec ≤ 20.950	Contatti_Stazione_mean_2550_sec ≤ 0.350	Pass_Discesa_Bin_1_3450_sec ≤ 36.500	Pass_Lu
4	33	J_binario = Low	Pass_Discesa_Bin_1_2550_sec ≤ 7.683	Pass_Salita_Bin_10_2550_sec ≤ 19.683	Positivi_Stazione_mean_2550_sec ≤ 32.700	Contatti_Stazione_mean_2550_sec ≤ 8.150	Mask_Chirurgica_Stazione_mean_2550_...	Pass_Sa
5	2	J_binario = High	Contatti_Stazione_mean_2550_sec > 1.950	Contatti_Stazione_mean_3450_sec > 0.450				
6	12	J_binario = Low	Pass_Lungo_Bin_1_2550_sec > 3.350	Contatti_Stazione_mean_2550_sec ≤ 2.950	Pass_Salita_Bin_10_4350_sec > 2.483	Contatti_Stazione_mean_4350_sec ≤ 1.450	Frequenza arrivo treni AV 4 ≤ 67	Mask_C

	# Patt.	Covering	w\o Cond 1	w\o Cond 2	w\o Cond 3	w\o Cond 4	w\o Cond 5	w\o Cond 6	w\o Cond 7	w\o Cond 8	w\o Cond 9	w\o Cond 10	w\o Cond 11	w\o Cond 12	w\o Co
1	5973	59.116	0.033	14.582	0.670	0.318	0.100	10.799	0.017	0.017	0.033	0.000	4.554	0.084	0.017
2	2026	30.948	11.204	17.275	0.197	0.197	0.000	0.000	0.099	0.148	0.740	0.296	0.049		
3	5973	30.136	0.017	11.535	7.685	4.085	0.151	8.723	0.000	0.033	0.000	0.050	0.134	0.017	1.088
4	5973	22.099	32.597	0.017	0.067	0.000	0.017	0.033	0.033	2.377	0.000	0.033	0.167	0.017	0.017
5	2026	20.484	42.695	4.936											
6	5973	14.197	2.009	0.335	0.000	0.469	0.218	49.473	0.084	0.067	0.167	0.117	0.234	0.100	

	# Patt.	Error	w\o Cond 1	w\o Cond 2	w\o Cond 3	w\o Cond 4	w\o Cond 5	w\o Cond 6	w\o Cond 7	w\o Cond 8	w\o Cond 9	w\o Cond 10	w\o Cond 11	w\o Cond 12	w\o Co
1	2026	4.985	0.099	31.935	0.642	0.296	0.148	14.511	0.049	0.049	0.099	0.049	3.011	0.099	0.049
2	5973	1.691	4.520	34.572	0.084	0.084	0.050	0.033	0.033	0.050	0.201	0.067	0.067		
3	2026	4.985	0.049	3.801	1.481	22.211	0.148	2.369	0.049	0.247	0.049	0.099	0.197	0.049	0.494
4	2026	4.985	13.919	0.049	0.049	0.049	0.049	0.049	0.049	7.897	0.049	0.099	0.197	0.049	0.099
5	5973	1.457	16.943	2.863											
6	2026	4.936	1.037	1.135	0.148	2.320	0.247	35.489	0.543	0.296	0.395	0.197	0.395	0.197	

Performance of the model

DT_1-DT_11

Output:

J_binario

Prediction:

pred(J_binario)

Display matrix for:

Training set

☑ Show percentage

		Forecast		
		High	Low	Total
Output	High	**1635 (80.701%)**	391 (19.299%)	2026 (25.328%)
	Low	376 (6.295%)	**5597 (93.705%)**	5973 (74.672%)
	Total	2011 (25.141%)	5988 (74.859%)	**7999 (100%)**

		Forecast	
		High	Low
Output	High		
	Low		

Performance of the model

DT_1-DT_11

Output:

J_binario

Prediction:

pred(J_binario)

Display matrix for:

Test set

☑ Show percentage

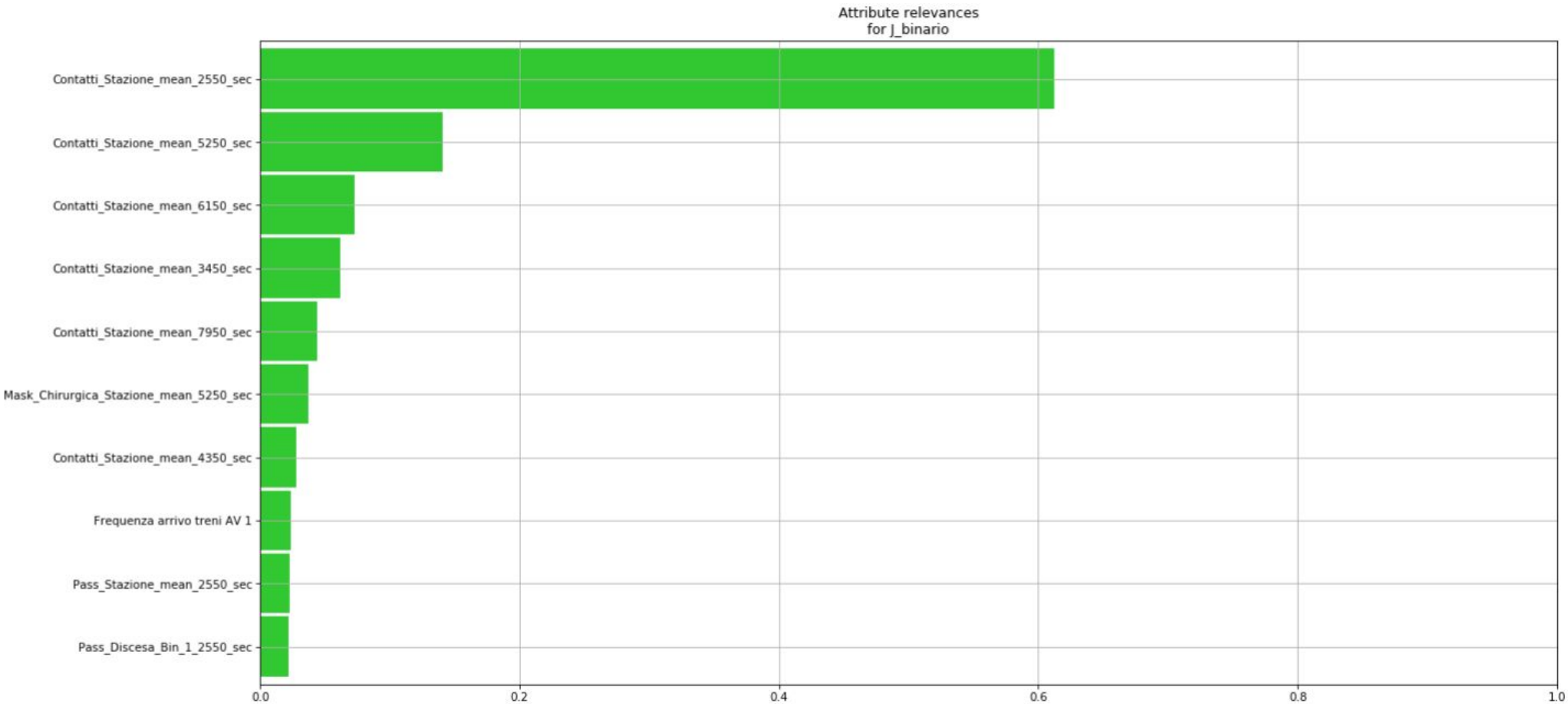
		Forecast		
		High	Low	Total
Output	High	**315 (61.765%)**	195 (38.235%)	510 (25.500%)
	Low	158 (10.604%)	**1332 (89.396%)**	1490 (74.500%)
	Total	473 (23.650%)	1527 (76.350%)	**2000 (100%)**

		Forecast	
		High	Low
Output	High		
	Low		

Performance of the model

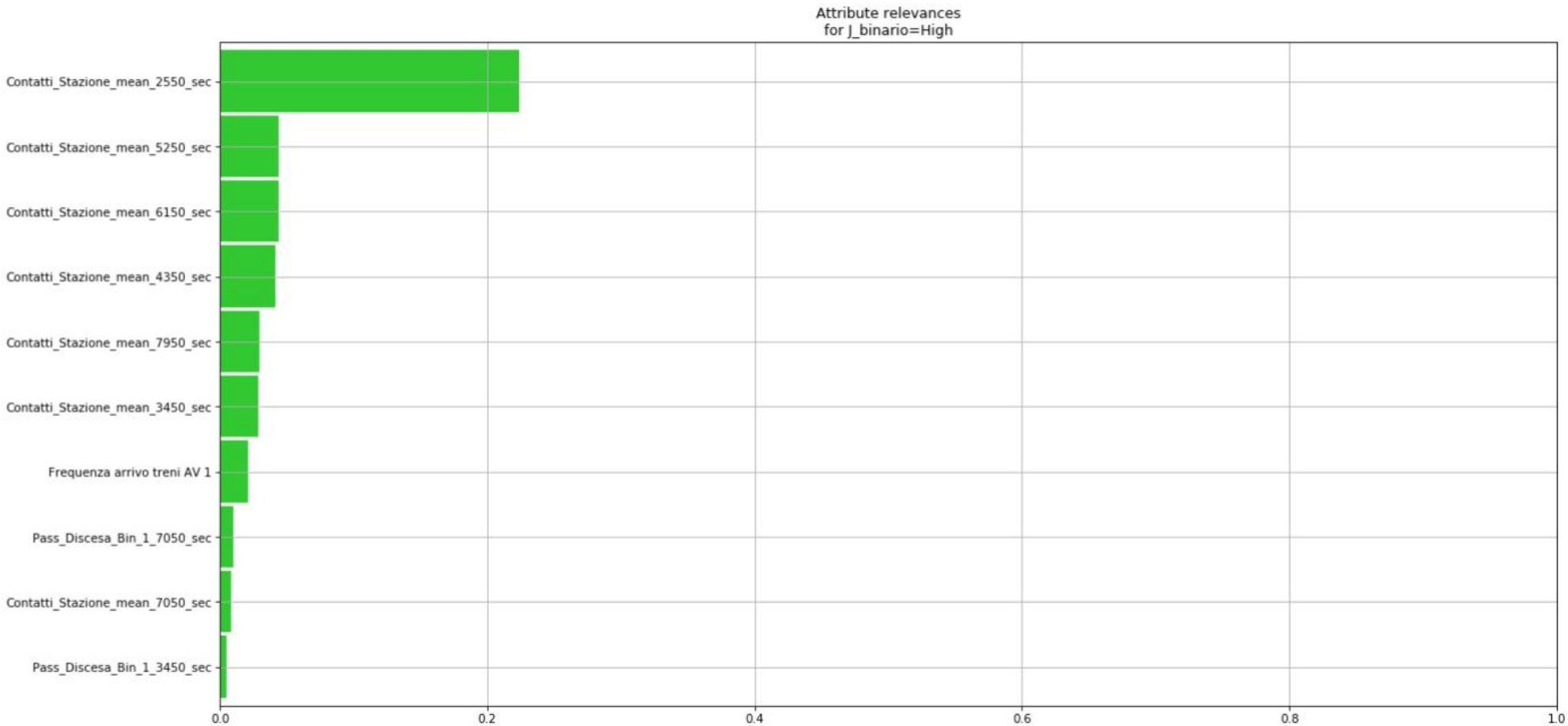
RuleX

DT_1-DT_11



Performance of the model

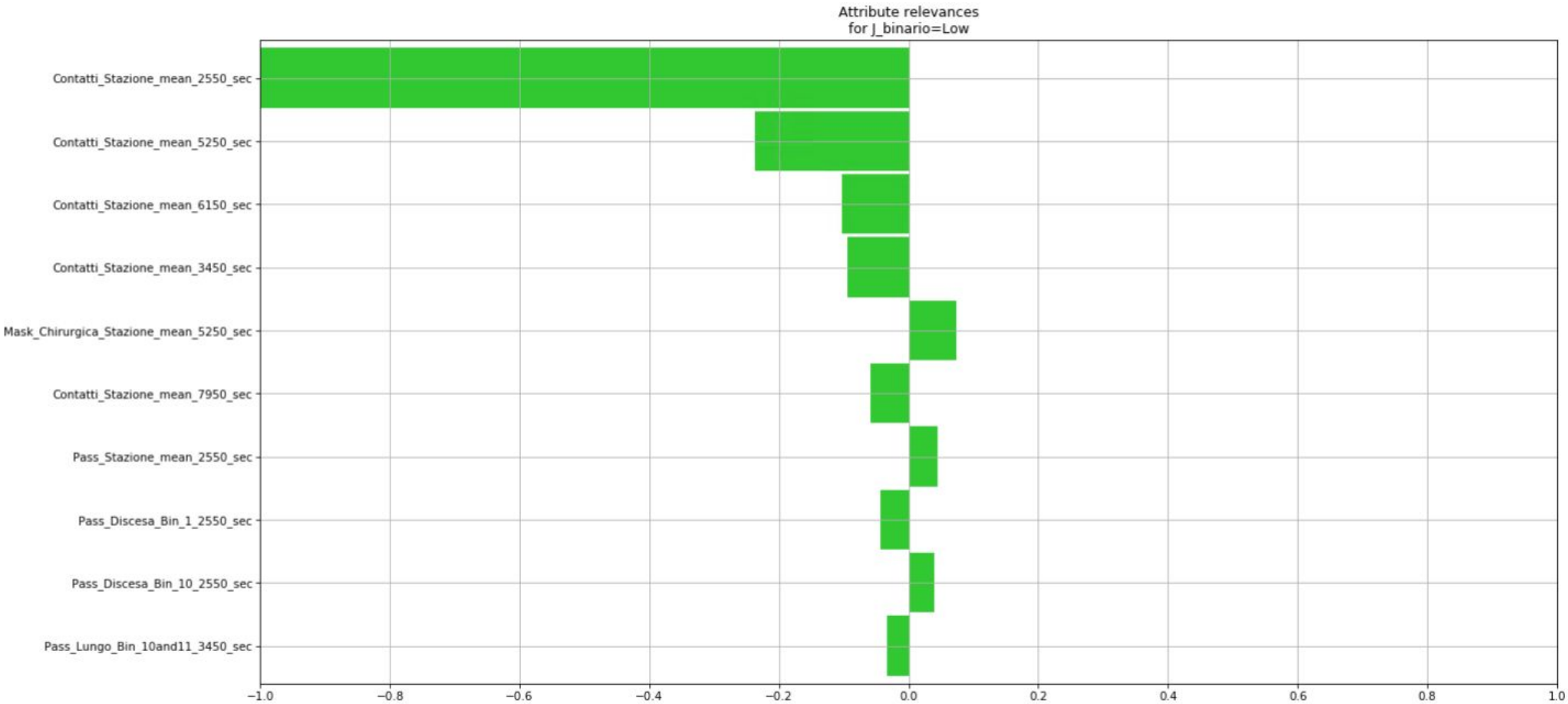
DT 1-DT 11



Performance of the model

RuleX

DT_1-DT_11



Challenges to face

- Getting a balanced (Low,High) dataset.
- Tuning the virtual environment to avoid anomalous behaviours.
- Selecting input variables to build a good-performance model.
- Validating the models obtained.

Thanks for your attention.