Predviđanje ponašanja klijenata banke

Predaja rješenja u sklopu kolegija *Strojno učenje*

Tim *Petty*

Prirodoslovno-matematički fakultet – Matematički odsjek
Sveučilište u Zagrebu

Zagreb, lipanj 2019.

Problem – rekapitulacija

Natjecanje *Mozgalo* 2019. godine

Problem – rekapitulacija

Natjecanje *Mozgalo* 2019. godine

- predviđanje eventualnog prijevremenog raskida ugovora o kreditu/depozitu (*RBA*) — **binarna klasifikacija**

Problem – rekapitulacija

Natjecanje *Mozgalo* 2019. godine

- predviđanje eventualnog prijevremenog raskida ugovora o kreditu/depozitu (*RBA*) — **binarna klasifikacija**
- 12 značajki

Problem – rekapitulacija

Natjecanje *Mozgalo* 2019. godine

- predviđanje eventualnog prijevremenog raskida ugovora o kreditu/depozitu (*RBA*) — **binarna klasifikacija**
- 12 značajki
  - 2 identifikacijske značajke

Problem – rekapitulacija

Natjecanje *Mozgalo* 2019. godine

- predviđanje eventualnog prijevremenog raskida ugovora o kreditu/depozitu (*RBA*) — **binarna klasifikacija**
- 12 značajki
  - 2 identifikacijske značajke
  - 5 kategorijskih značajki

Problem – rekapitulacija

Natjecanje *Mozgalo* $2019.$ godine

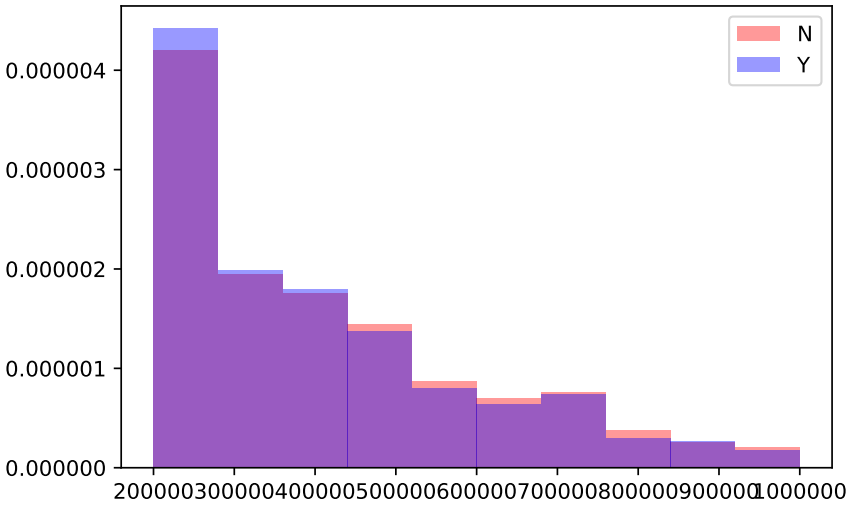
- predviđanje eventualnog prijevremenog raskida ugovora o kreditu/depozitu (*RBA*) — **binarna klasifikacija**
- 12 značajki
  - 2 identifikacijske značajke
  - 5 kategorijskih značajki
  - 5 numeričkih odnosno vremenskih značajki

Problem – rekapitulacija

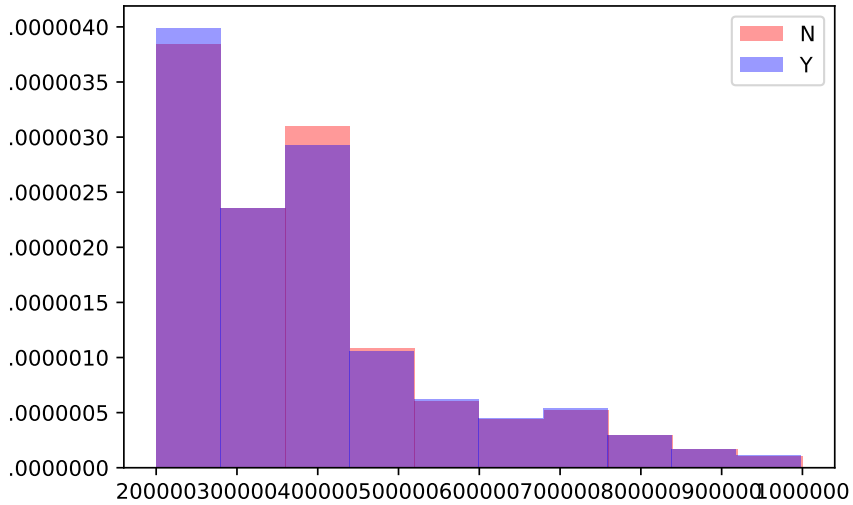
Natjecanje *Mozgalo* $2019.$ godine

- predviđanje eventualnog prijevremenog raskida ugovora o kreditu/depozitu (*RBA*) — **binarna klasifikacija**
- 12 značajki
  - 2 identifikacijske značajke
  - 5 kategorijskih značajki
  - 5 numeričkih odnosno vremenskih značajki
- $5 \cdot 10^6$ primjera za treniranje **prije *spljoštenja***

Distribucije značajki



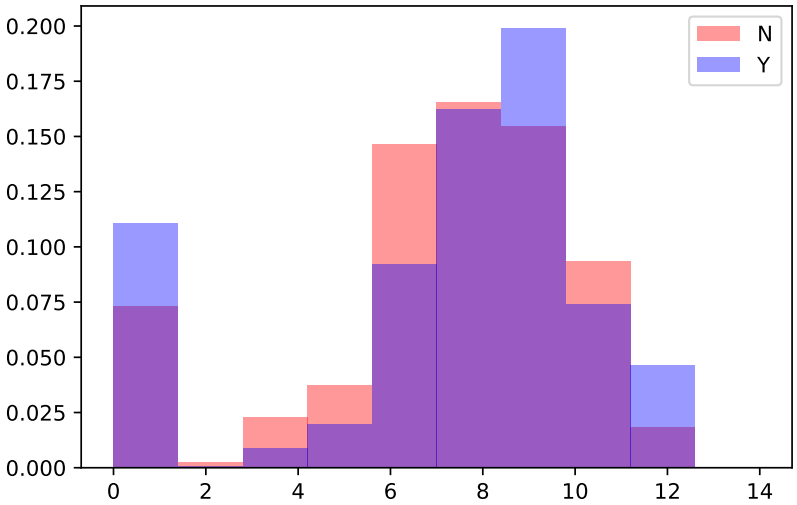
(a) 'A'



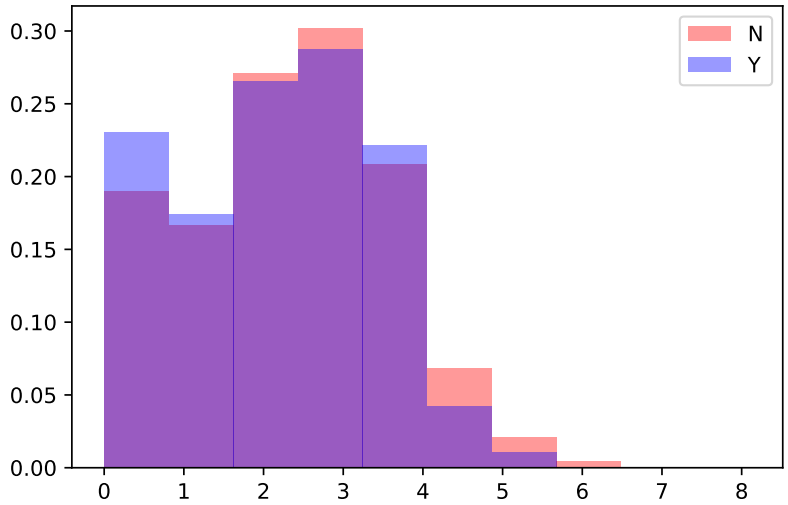
(b) 'L'

Slika: Ugovoreni iznos

Distribucije značajki



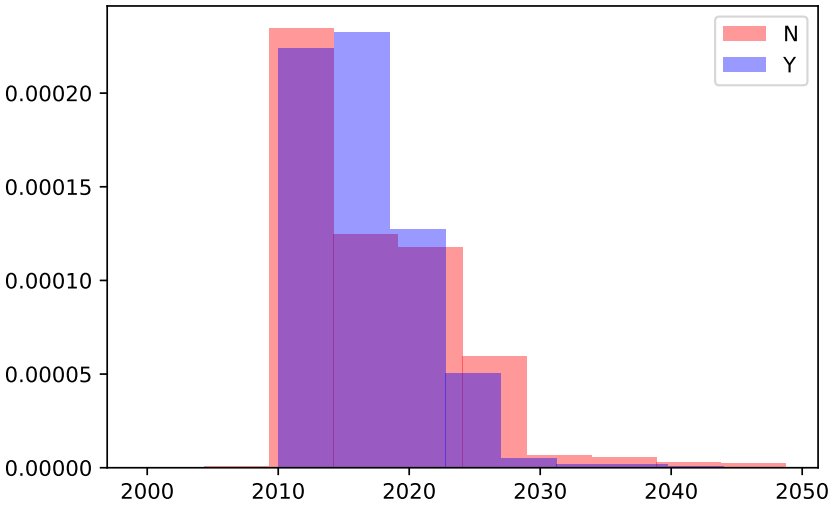
(a) 'A'



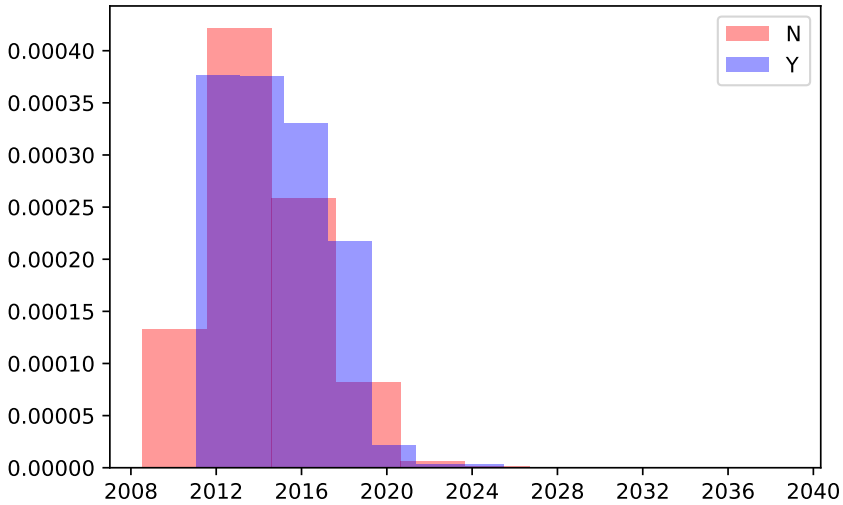
(b) 'L'

Slika: Visina kamate

Distribucije značajki



(a) 'A'



(b) 'L'

Slika: Planirani datum zatvaranja

Značajčko inženjerstvo

1. **spljoštenje**

Značajčko inženjerstvo

1. **spljoštenje**
   - svi primjeri s istom oznakom partije spljošte se u 1 primjer

Značajčko inženjerstvo

1. **spljoštenje**
   - svi primjeri s istom oznakom partije spljošte se u 1 primjer
   - pamte se prva i zadnja varirajuća značajka

Značajčko inženjerstvo

1. **spljoštenje**
   - svi primjeri s istom oznakom partije spljošte se u 1 primjer
   - pamte se prva i zadnja varirajuća značajka
2. makroekonomske značajke

Značajčko inženjerstvo

1. **spljoštenje**
   - svi primjeri s istom oznakom partije spljošte se u 1 primjer
   - pamte se prva i zadnja varirajuća značajka
2. makroekonomske značajke
   - BDP

Značajčko inženjerstvo

1. **spljoštenje**
   - svi primjeri s istom oznakom partije spljošte se u 1 primjer
   - pamte se prva i zadnja varirajuća značajka
2. makroekonomske značajke
   - BDP
   - inflacija

Značajčko inženjerstvo

1. **spljoštenje**
   - svi primjeri s istom oznakom partije spljošte se u 1 primjer
   - pamte se prva i zadnja varirajuća značajka
2. makroekonomske značajke
   - BDP
   - inflacija
   - nezaposlenost

Značajčko inženjerstvo

1. **spljoštenje**
   - svi primjeri s istom oznakom partije spljošte se u 1 primjer
   - pamte se prva i zadnja varirajuća značajka
2. makroekonomske značajke
   - BDP
   - inflacija
   - nezaposlenost
   - cijena nafte

Značajčko inženjerstvo

1. **spljoštenje**
   - svi primjeri s istom oznakom partije spljošte se u 1 primjer
   - pamte se prva i zadnja varirajuća značajka
2. makroekonomske značajke
   - BDP
   - inflacija
   - nezaposlenost
   - cijena nafte
3. kombinacije značajki

Značajčko inženjerstvo

1. **spljoštenje**
   - svi primjeri s istom oznakom partije spljošte se u 1 primjer
   - pamte se prva i zadnja varirajuća značajka
2. makroekonomske značajke
   - BDP
   - inflacija
   - nezaposlenost
   - cijena nafte
3. kombinacije značajki
   - trajanje, trajanje u krizi, promjene značajki

Značajčko inženjerstvo

1. **spljoštenje**
   - svi primjeri s istom oznakom partije spljošte se u 1 primjer
   - pamte se prva i zadnja varirajuća značajka
2. makroekonomske značajke
   - BDP
   - inflacija
   - nezaposlenost
   - cijena nafte
3. kombinacije značajki
   - trajanje, trajanje u krizi, promjene značajki
   - kamatni račun

Značajčko inženjerstvo

1. **spljoštenje**
   - svi primjeri s istom oznakom partije spljošte se u 1 primjer
   - pamte se prva i zadnja varirajuća značajka
2. makroekonomske značajke
   - BDP
   - inflacija
   - nezaposlenost
   - cijena nafte
3. kombinacije značajki
   - trajanje, trajanje u krizi, promjene značajki
   - kamatni račun
   - matematički račun nad značajkama baziran na statistici i intuiciji

CatBoost

- `CatBoostClassifier` — ansambl stabala odlučivanja razvijen *jačanjem* (eng. *boosting*)

CatBoost

- `CatBoostClassifier` — ansambl stabala odlučivanja razvijen *jačanjem* (eng. *boosting*)
- 3 modela

CatBoost

- `CatBoostClassifier` — ansambl stabala odlučivanja razvijen *jačanjem* (eng. *boosting*)
- 3 modela
  - za kredite do 6. listopada 2016.

CatBoost

- `CatBoostClassifier` — ansambl stabala odlučivanja razvijen *jačanjem* (eng. *boosting*)
- 3 modela
  - za kredite do 6. listopada 2016.
  - za depozite do 6. listopada 2016.

CatBoost

- `CatBoostClassifier` — ansambl stabala odlučivanja razvijen *jačanjem* (eng. *boosting*)
- 3 modela
  - za kredite do 6. listopada 2016.
  - za depozite do 6. listopada 2016.
  - za ostale ugovore

CatBoost

- `CatBoostClassifier` — ansambl stabala odlučivanja razvijen *jačanjem* (eng. *boosting*)
- 3 modela
  - za kredite do 6. listopada 2016.
  - za depozite do 6. listopada 2016.
  - za ostale ugovore
- svi su modeli konstruirani simetričnim stablima — **interpretabilnost**

Hiperparametri

Kôd 1: Primjer konstrukcije modela

```
model = CatBoostClassifier(
    iterations = 1000,
    learning_rate = 0.873,
    depth = 9,
    l2_leaf_reg = 743.5,
    border_count = 168,
    od_type = 'Iter',
    leaf_estimation_method = 'Newton',
    random_seed = 934,
    random_strength = 1.419,
    bagging_temperature = 0.415,
    task_type ='GPU',
    sampling_unit = 'Group'
)
```

Hiperparametri

Kôd 2: Primjer treniranja modela

```
train_pool = Pool(train_X, train_y, cat_features =
    categoricalia)
test_pool = Pool(test_X, test_y, cat_features =
    categoricalia)

model.fit(
    train_pool,
    eval_set = test_pool,
    verbose = False,
    plot = True,
    early_stopping_rounds = 50
)

model.save('model')
```

Optimizacija hiperparametara

Hyperopt

Optimizacija hiperparametara

Hyperopt

- *Python* biblioteka za optimizaciju

Optimizacija hiperparametara

Hyperopt

- *Python* biblioteka za optimizaciju
- pogodna za kompleksne prostore pretraživanja

Optimizacija hiperparametara

Hyperopt

- *Python* biblioteka za optimizaciju
- pogodna za kompleksne prostore pretraživanja
- realne, diskretne i uvjetne domene

Optimizacija hiperparametara

Hyperopt

- *Python* biblioteka za optimizaciju
- pogodna za kompleksne prostore pretraživanja
- realne, diskretne i uvjetne domene
- *Bayesovska* optimizacija

Rezultati

Konfuzijske tablice

Tablica: Model A

		Stvarno		
		$\boldsymbol{N}$	$\boldsymbol{Y}$	
Predikcija	$\boldsymbol{N}$	$\mathbf{7408}$	2349	9757
	$\boldsymbol{Y}$	2833	$\mathbf{12\,143}$	$14\,976$
		$10\,241$	$14\,492$	$\mathbf{24\,733}$

Rezultati

Konfuzijske tablice

Tablica: Model L

		Stvarno		
		$\boldsymbol{N}$	$\boldsymbol{Y}$	
Predikcija	$\boldsymbol{N}$	$\mathbf{8066}$	1510	9576
	$\boldsymbol{Y}$	2430	$\mathbf{14\,800}$	$17\,230$
		$10\,496$	$16\,310$	$\mathbf{26\,806}$

Rezultati

Konfuzijske tablice

Tablica: Ostali

		Stvarno		
		$\boldsymbol{N}$	$\boldsymbol{Y}$	
Predikcija	$\boldsymbol{N}$	$\mathbf{10\,748}$	3700	$14\,448$
	$\boldsymbol{Y}$	2598	$\mathbf{7154}$	9752
		$13\,346$	$10\,854$	$\mathbf{24\,200}$

Rezultati

Konfuzijske tablice

Tablica: Ukupno

		Stvarno N	Stvarno Y	
Predikcija	N	**26 222**	7559	33 781
	Y	7861	**34 097**	41 958
		34 083	41 656	**75 739**

Rezultati

Vlastiti validacijski *dataset*

Tablica: Evaluacijske mjere modela

Model	Točnost	Preciznost	Odziv	F_1
A	85,3 %	85,9 %	90,7 %	88,3 %
L	74,0 %	73,4 %	66,0 %	69,4 %
Ostali	79,0 %	81,1 %	83,8 %	82,4 %
Ukupno	79,6 %	81,3 %	81,9 %	81,6 %

Rezultati

Mozgalo 2019. – evaluacijski i validacijski *dataset*

Tablica: Rezultati na natjecanju

✦	Točnost	F_1	Ostvareni bodovi
Evaluacija	71 %	77 %	14/15
Validacija	69 %	70 %	17/20
			31/35

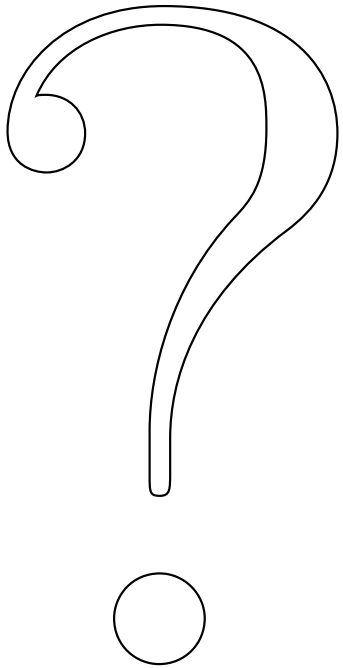
Ukupni plasman

Nismo ušli u finale — bili smo $8.$, a 6 je finalista

Ukupni plasman

Nismo ušli u finale — bili smo $8.$, a 6 je finalista

Komentari i pitanja



Programska realizacija

Implementacija ✈

Literatura I

- Tomislav Šmuc, Tomislav Lipić i Matija Piškorec. *Materijali za strojno učenje*. 2019. URL: http://web.math.pmf.unizg.hr/nastava/su/materijali/ (pogledano 9. 6. 2019).
- Trevor Hastie, Robert Tibshirani i Jerome Harold Friedman. *The Elements of Statistical Learning: Data Mining, Inference, and Prediction*. New York: Springer, 2009.
- Hrvatska narodna banka. *Statistics – HNB*. 2019. URL: http://www.hnb.hr/statistika (pogledano 9. 6. 2019).
- International Monetary Fund. *IMF Data*. 2019. URL: http://www.imf.org/en/Data (pogledano 9. 6. 2019).

Literatura II


Andrew Ng. *Machine Learning*. 2019. URL: http://www.coursera.org/learn/machine-learning (pogledano 9. 6. 2019).


Republika Hrvatska. *Državni zavod za statistiku*. 2019. URL: http://www.dzs.hr/ (pogledano 9. 6. 2019).