



Predikce příjmů a výdajů transfuzních přípravků strojovým učením AI

S. Košková¹, F. Plešinger², M. Daňková², M. Adamcová¹, H. Lejdarová¹

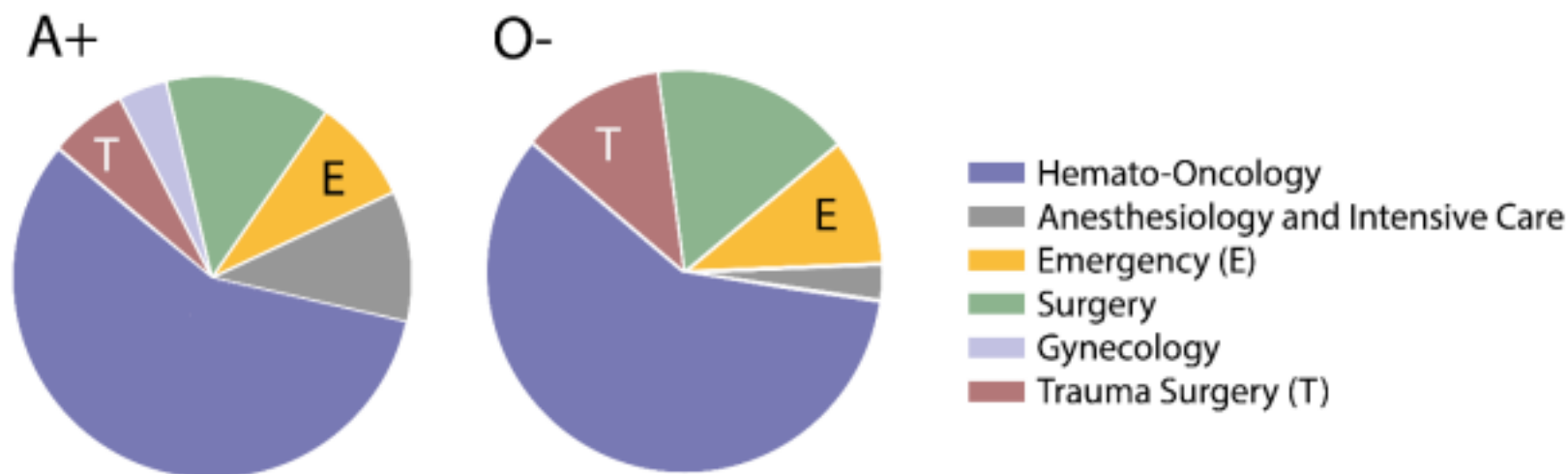
¹ Transfuzní a tkáňové oddělení, Fakultní nemocnice Brno, Česká republika

² Ústav přístrojové techniky AV ČR, Brno, Česká republika

Datum: 22.11.2025

Úvod

- FN Brno je **druhým největším zdravotnickým zařízením v ČR**
- TTO FN Brno patří k **největším zařízením svého druhu v České republice**
- **Cílem je efektivně využívat potenciál registru dárců s ohledem na predikovatelnou spotřebu!**



Metodika

- **Data o odběrech** ze ZTS Brna, OS Třebíč a HTO Jihlava 2021 – 09/2024
- **Využití IS TIS** pro soubory dat **počtu výdejů dle KS ve FN Brno**
- **Analýza dat na ÚPT provedeno v Pythonu 3.10.**
Práce s datasey v knihovnách **Pandas a NumPy**, pro strojové učení použity **Scikit-learn a Statmodels**, pro vizualizaci **Matplotlib**.

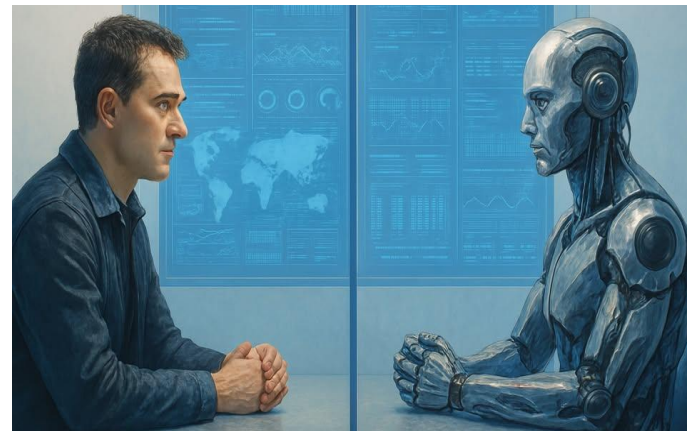
„Kvalifikovaná věštba“

Průměrné hodnoty příjmů, výdejů, stavu skladu a zamítnutých u odběru pro daný týden za roky 2021-23



Máme se bát umělé inteligence?

„...AI není dobrá jen k chatování. Současné systémy nacházejí **využití například v medicíně**. AI se může naučit číst rentgenové snímky lépe – s větší přesností stanovení diagnózy – než jakýkoli lékař. A nejde jen o rentgen, ale třeba i analýzu krevního obrazu, DNA atp. Uplatňuje se také **při řešení právních sporů, v dopravě, komunikaci nebo finančním sektoru**. Jakkoli ovšem výdobytky současnosti nazýváme „umělou inteligencí“, **nejedná se o systémy inteligentní tak, jak tuto vlastnost chápeme u lidí...**“
(František Hakl, Ústav informatiky AV ČR)



„...**Umělá inteligence s sebou nese rizika** ... pojí se s ní nebezpečí spojená s jejím užíváním. Podobně jako u každého jiného nástroje nebo technologie. Dá se předpokládat, že pokud by nám umělá inteligence ublížila, bude to **vinou člověka, který jí takový cíl určí**. Lze si snadno představit vytváření falešných fotografií a videí k šíření dezinformací, ale i k vydírání, podvodům“

(Tomáš Hříbek, Filosofický ústav AV ČR)

Spolupráce s odborníky

Skupina umělé inteligence a zpracování medicínských dat ÚPT AV ČR



Tři první ceny v prestižní soutěži PhysioNet/CinC Challenge 2021 a hned ve třech kategoriích získala vědecká skupina Umělé inteligence a medicínských technologií Ústavu přístrojové techniky AV ČR. Ceny byly vědcům uděleny za algoritmy pro automatické rozpoznání poruch srdeční aktivity z EKG signálu.

„Použili jsme na to tzv. hluboké učení (přesněji hluboké neuronové sítě), které spadá do oblasti umělé inteligence. Specifikem je, že tyto metody samy rozpoznávají, co je v EKG signálu podstatného vzhledem k hledané patologii (např. vzory, posloupnosti v EKG). Tyto metody již dosahují lepších výsledků, než když lidský expert určuje, co je pro rozpoznání podstatné,” říká vedoucí oceněného týmu Filip Plešinger.

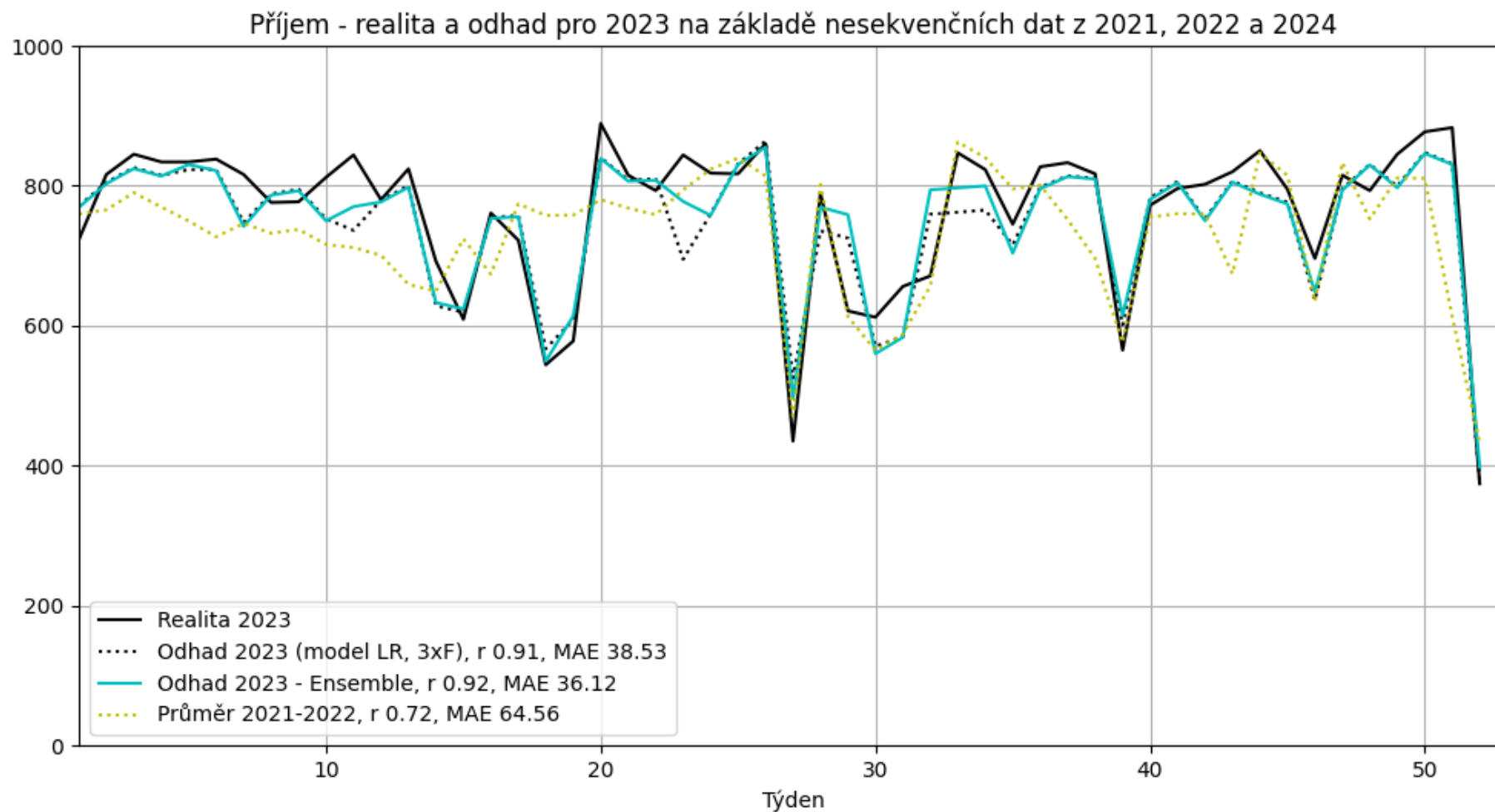
Metodika AI

Proces analýzy dat

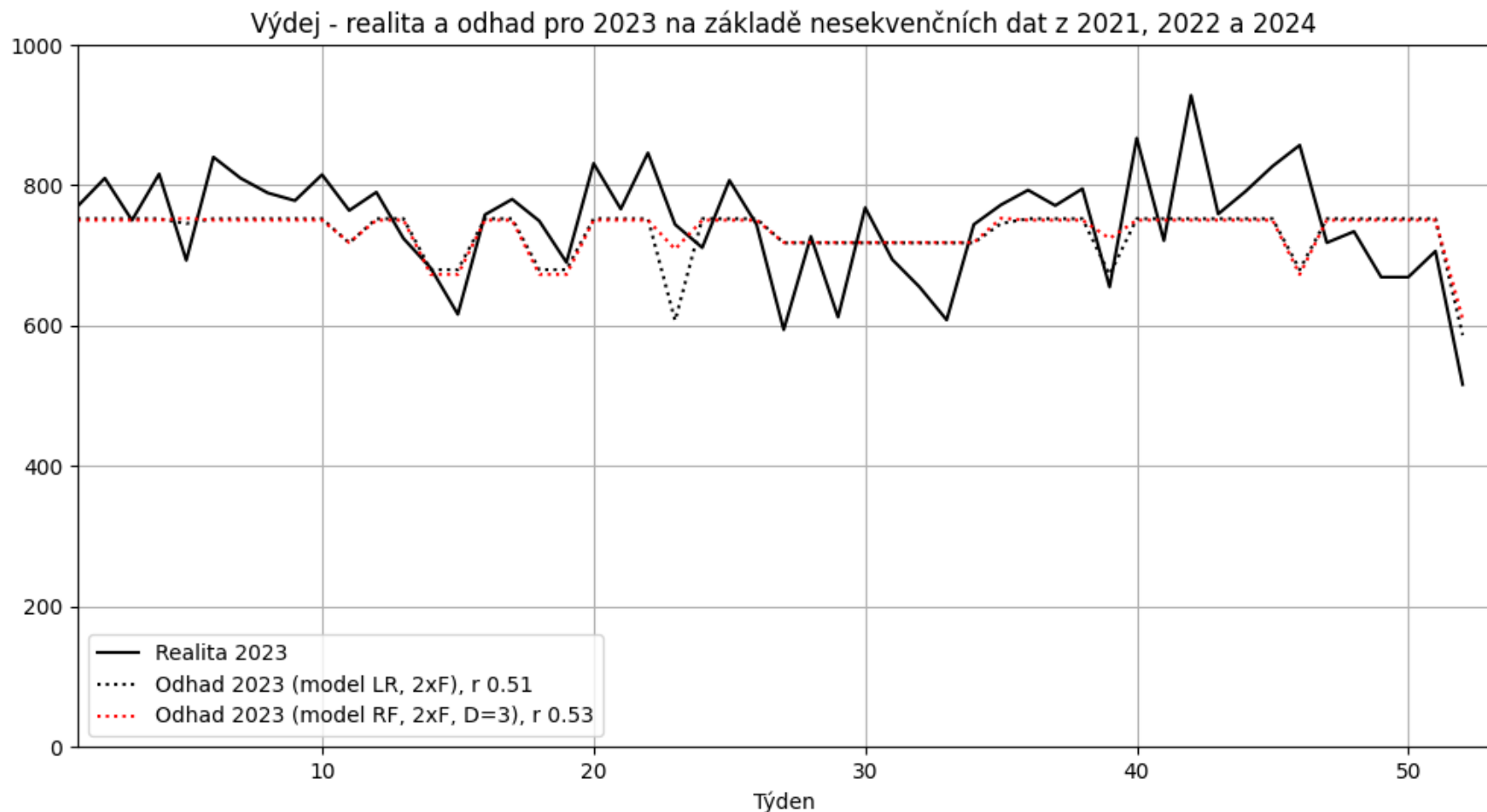
Práce datového analytika se většinou drží následujícího postupu:

- Formulace otázky, kterou chceme zodpovědět
- Identifikace dat, která můžeme použít
- Získání dat (stažení, převod do použitelného formátu)
- Zpracování a zkoumání dat
- Vizualizace a prezentace výsledků

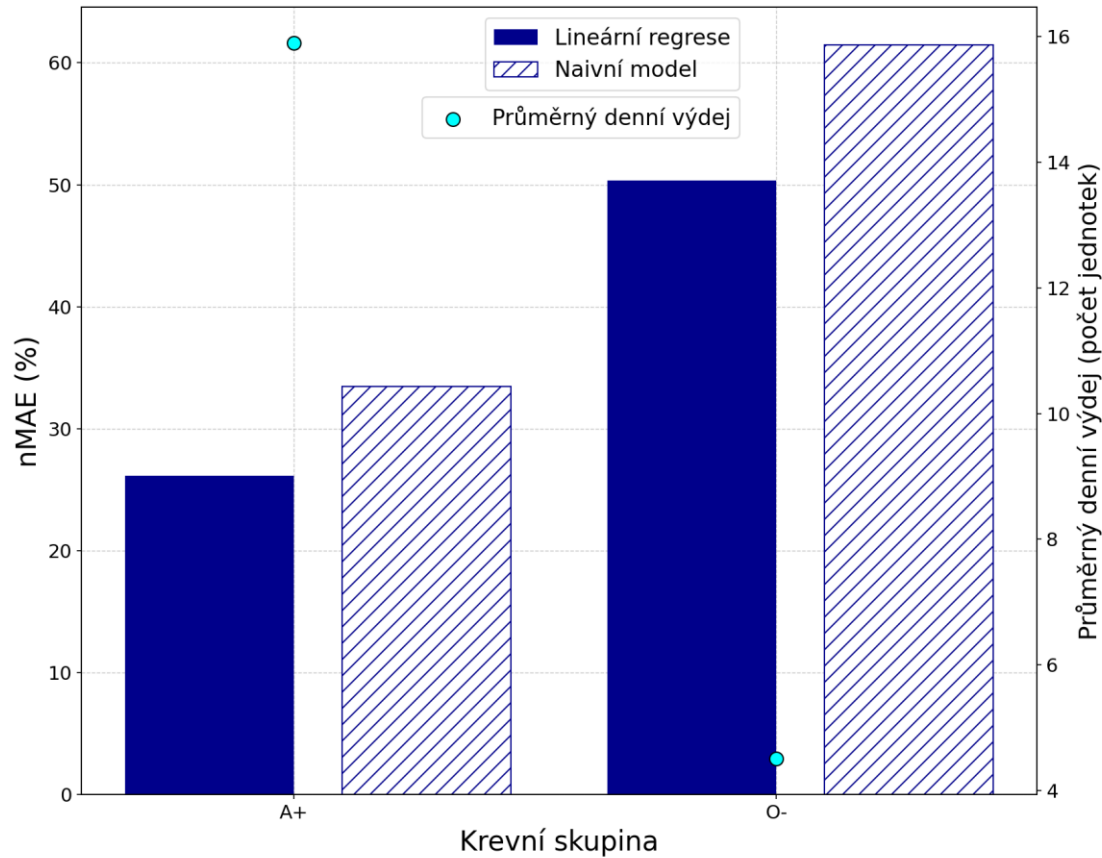
AI – predikce počtu odebraných krví



AI – predikce výdejů – všechny KS



Výdeje



Blood type	LR [%]	Naive model [%]
A+	26.52	32.71
A-	60.17	71.98
B+	41.98	48.47
B-	75.44	88.93
AB+	60.08	69.41
AB-	93.92	102.42
O+	28.01	31.81
O-	50.22	57.42

Model	Lineární regrese	Neuronová síť	Random Forest	Naivní model
A+	26%	28%	29%	34%
O-	50%	53%	57%	62%

Koeficienty

Kategorie příznaku	Příznak	A+	O-
	Intercept	21,39	5,02
Volné dny	Víkend	-2,20	
	Státní svátek	-0,84	
	Školní prázdniny	-1,55	-0,33
	Nepracovní den	-8,78	-1,92
	Počet volných dní v řadě	0,36	-0,38
	Nepracovní dny aktuální týden	0,31	0,07
	Nepracovní dny minulý týden	-0,08	
	Nepracovní dny příští týden		
Chřipka	JMK pozitivní	0,53	
	JMK testy		0,06
	ČR pozitivní	-1,04	
	ČR testy	0,44	
	JMK dostupnost dat		-0,20
Den v týdnu	Pondělí	-3,00	
	Úterý	-3,89	
	Středa		0,25
	Čtvrtek		
	Pátek		
	Sobota		0,61
	Neděle		
Kalendářní měsíc	Leden		
	Únor		
	Březen	-1,71	-0,83
	Duben		
	Květen	0,64	0,46
	Červen		0,74
	Červenec	0,02	0,91
	Srpen		
	Září		-0,56
	Říjen	1,03	
	Listopad		
	Prosinec	-2,17	-0,13

Legenda:

Číslo v každé buňce představuje koeficient lineární regrese pro odpovídající prvek.

První řádek představuje průsečík, což je základní hodnota lineárního regresního modelu.

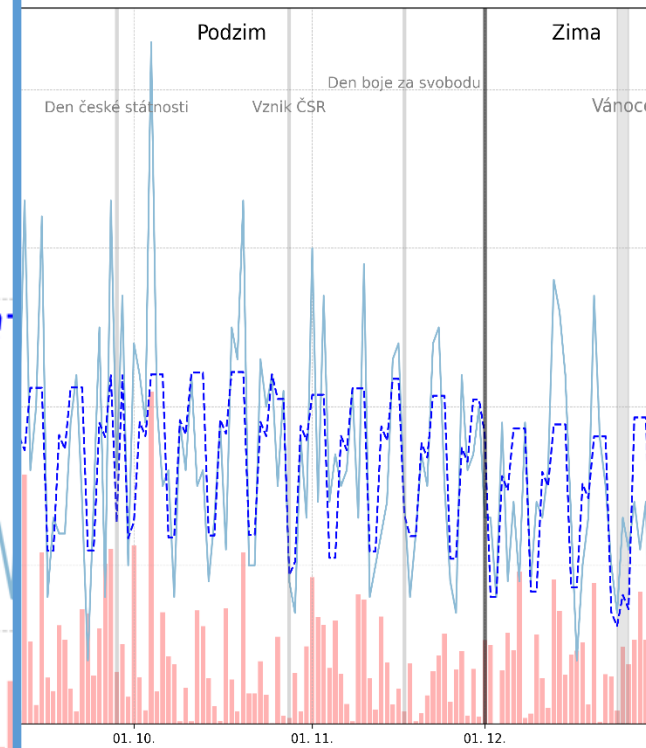
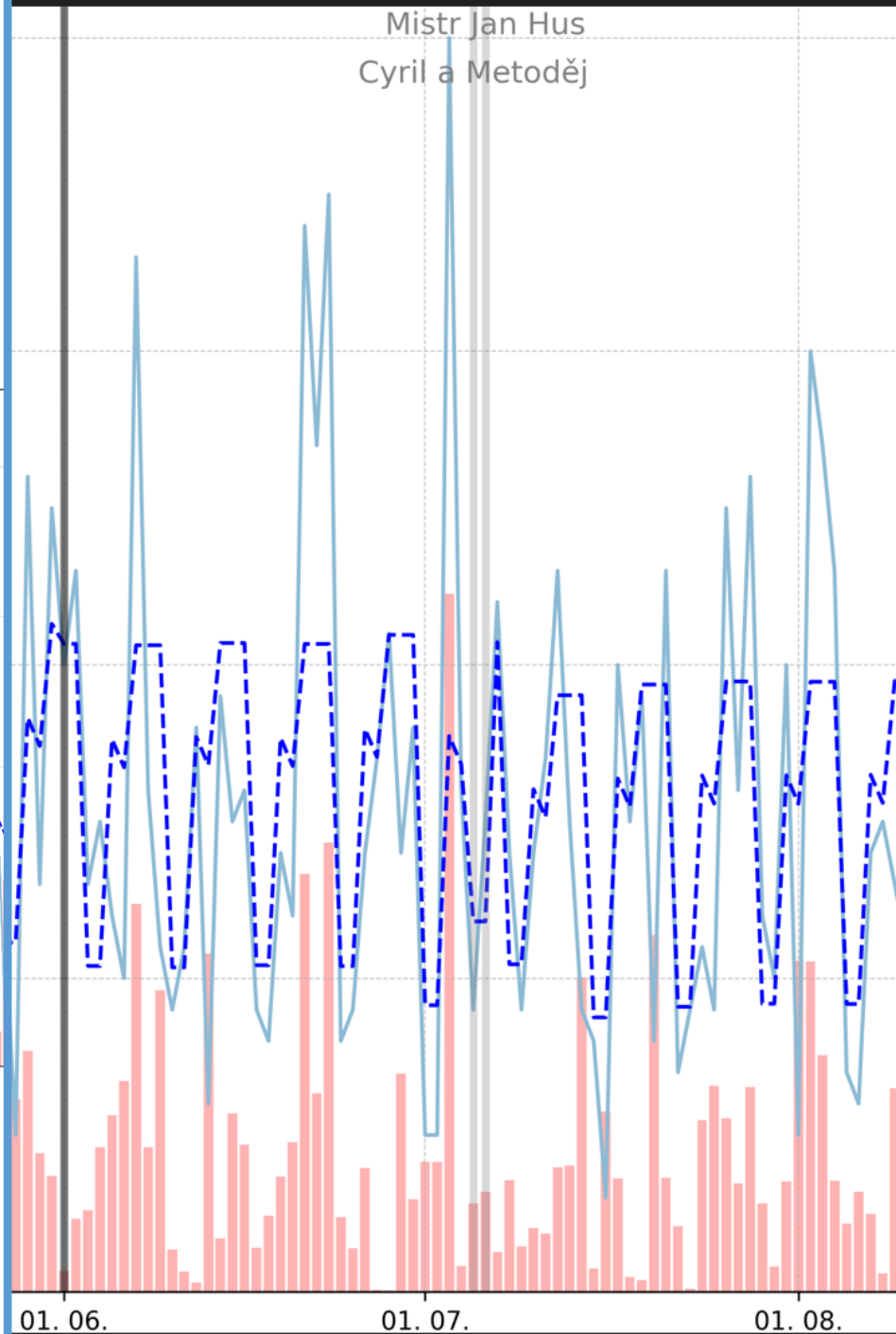
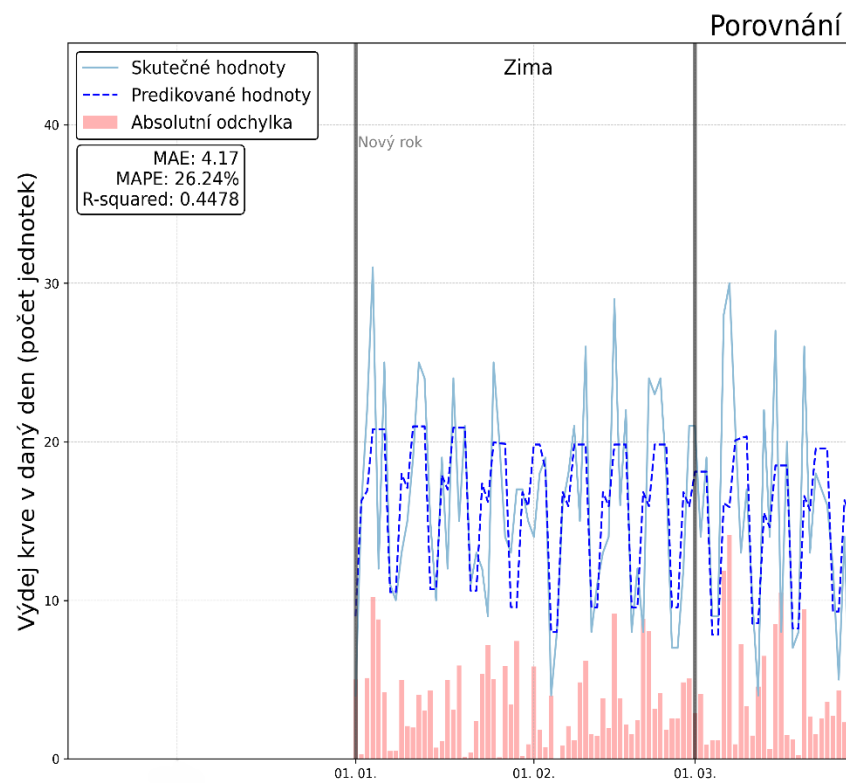
Žlutá znamená p-hodnotu pod 0,05 představující statisticky významné znaky.

Šedá znamená funkce, které nejsou významné, ale přesto zlepšují výkon modelu.

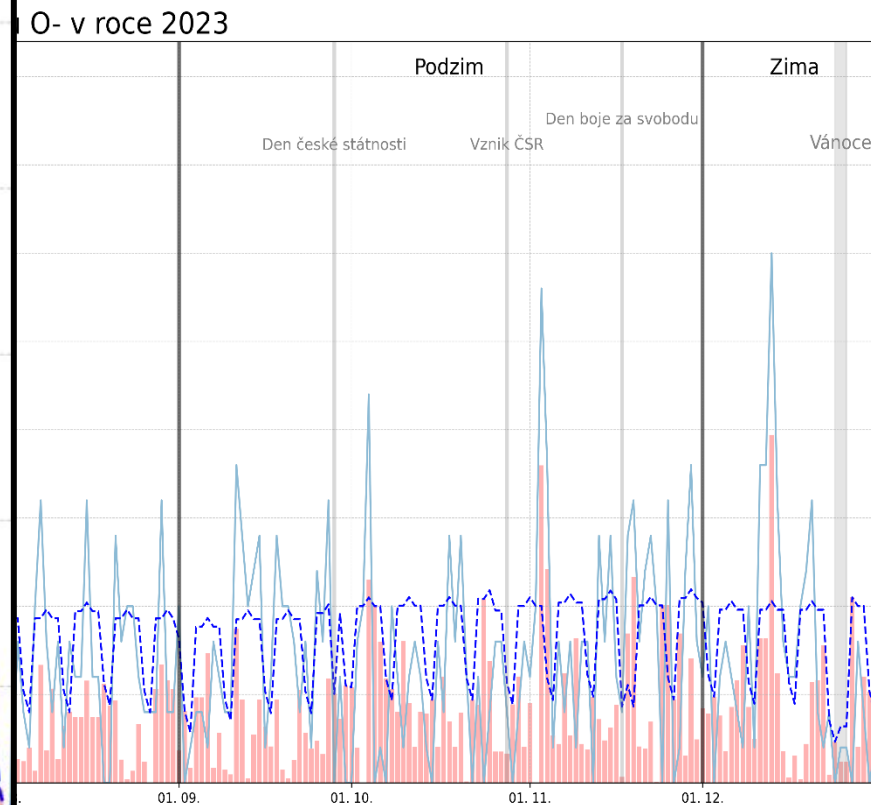
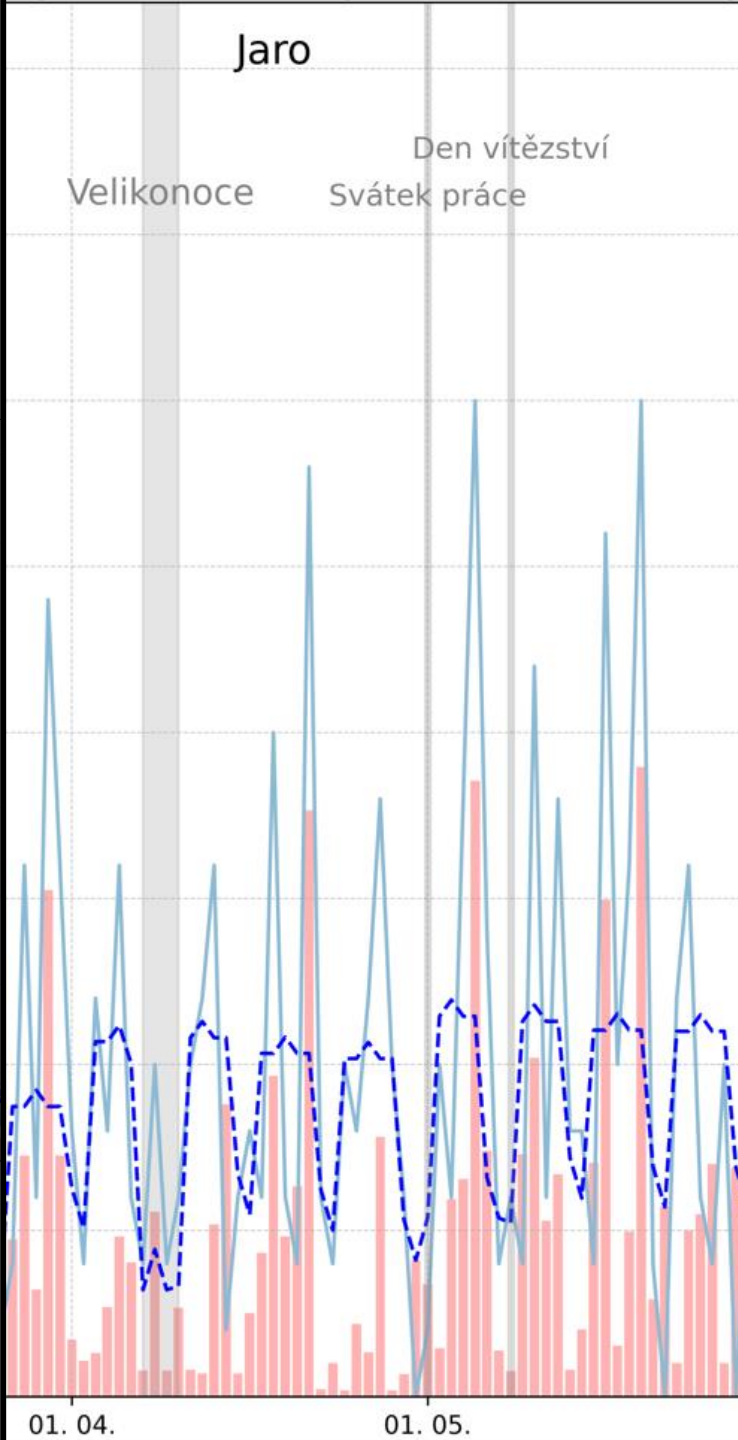
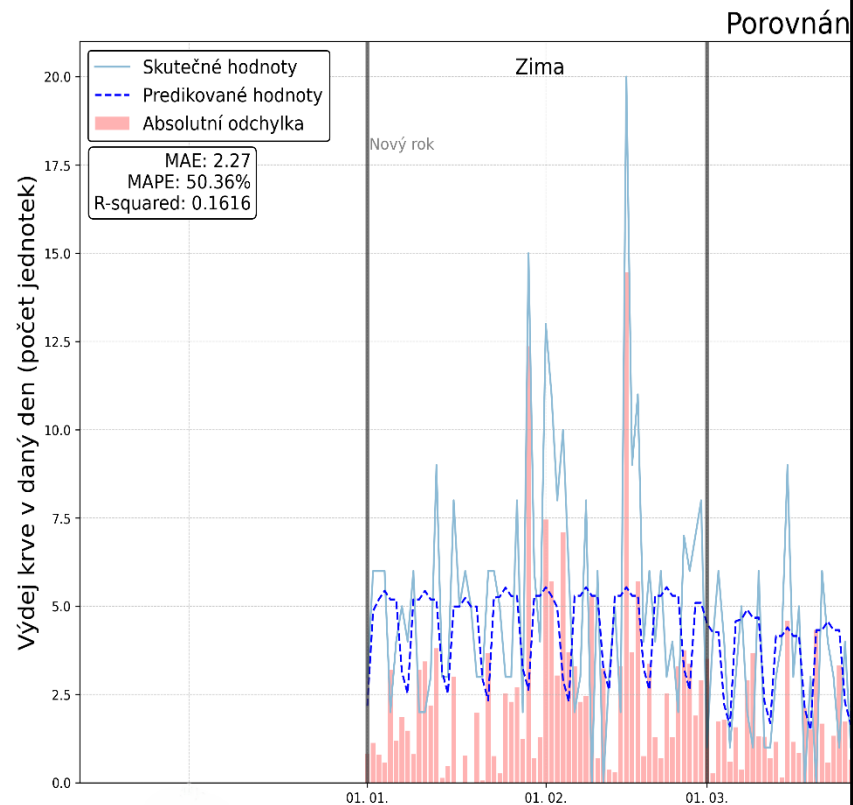
Znaménka u hodnot vyjadřují, zda se hodnota průsečíku o toto číslo navyšuje či snižuje.

Bílé buňky nebyly do predikčního modelu vybrány.

Výsledky A+



Výsledky 0-



Predikce výdejů – absolutní chyby A+

A+											
20 nejhorších dnů dle absolutní chyby						20 nejlepších dnů dle absolutní chyby					
datum	den	absolutní chyba	normalizovaná chyba	predikce	realita	datum	den	absolutní chyba	normalizovaná chyba	predikce	realita
03.07.2023	po	21,8142	137,28%	18,19	40	24.08.2023	čt	0,0046	0,03%	19,00	19
04.10.2023	st	21,1353	133,01%	21,86	43	20.01.2023	pá	0,0523	0,33%	20,95	21
24.05.2023	st	18,8361	118,54%	21,16	40	11.10.2023	st	0,0558	0,35%	22,06	22
12.09.2023	út	15,9176	100,17%	17,08	33	09.10.2023	po	0,0613	0,39%	18,94	19
23.06.2023	pá	14,8942	93,73%	20,11	35	03.02.2023	pá	0,0750	0,47%	18,92	19
26.05.2023	pá	13,6552	85,93%	21,34	35	19.03.2023	ne	0,1135	0,71%	8,11	8
07.03.2023	út	13,5395	85,21%	16,46	30	16.10.2023	po	0,1161	0,73%	19,12	19
21.06.2023	st	13,3256	83,86%	20,67	34	28.06.2023	st	0,1165	0,73%	20,88	21
28.03.2023	út	12,9933	81,77%	15,99	3	12.11.2023	ne	0,1382	0,87%	9,86	10
07.06.2023	st	12,2664	77,19%	20,73	33	25.10.2023	st	0,1469	0,92%	22,15	22
05.04.2023	st	12,1728	76,61%	20,83	33	02.09.2023	so	0,1548	0,97%	9,15	9
03.05.2023	st	11,9981	75,51%	22,00	34	21.12.2023	čt	0,2097	1,32%	17,79	18
18.08.2023	pá	11,7032	73,65%	19,70	8	11.04.2023	út	0,2500	1,57%	16,75	17
20.07.2023	čt	11,4339	71,96%	19,43	8	27.06.2023	út	0,2518	1,58%	16,75	17
27.09.2023	st	11,2967	71,09%	21,70	33	30.01.2023	po	0,2574	1,62%	17,26	17
15.09.2023	pá	11,2217	70,62%	20,78	32	04.03.2023	so	0,2645	1,66%	9,26	9
20.10.2023	pá	11,1545	70,20%	21,85	33	12.06.2023	po	0,2673	1,68%	17,73	18
01.10.2023	ne	11,1205	69,98%	12,88	24	19.07.2023	st	0,2789	1,76%	19,28	19
04.05.2023	čt	11,0794	69,72%	22,08	11	07.11.2023	út	0,2879	1,81%	16,29	16
06.03.2023	po	11,0640	69,63%	16,94	28	06.09.2023	st	0,2949	1,86%	20,71	21

Predikce výdejů – absolutní chyby 0-

0-											
20 nejhorších dnů dle absolutní chyby						20 nejlepších dnů dle absolutní chyby					
datum	den	absolutní chyba	normalizovaná chyba	predikce	realita	datum	den	absolutní chyba	normalizovaná chyba	predikce	realita
15.02.2023	st	14,2152	315,41%	5,78	20	13.09.2023	st	0,0070	0,15%	5,01	5
29.01.2023	ne	12,7316	282,49%	2,27	15	14.03.2023	út	0,0133	0,29%	3,99	4
13.12.2023	st	9,9971	221,82%	5,00	15	26.04.2023	st	0,0145	0,32%	5,99	6
05.05.2023	pá	9,4203	209,02%	5,58	15	17.11.2023	pá	0,0168	0,37%	2,02	2
19.05.2023	pá	9,4014	208,60%	5,60	15	12.02.2023	ne	0,0237	0,53%	3,02	3
02.06.2023	pá	9,0301	200,36%	5,97	15	07.08.2023	po	0,0410	0,91%	4,96	5
03.11.2023	pá	9,0244	200,24%	4,98	14	10.09.2023	ne	0,0476	1,06%	1,95	2
30.03.2023	čt	8,3153	184,50%	3,68	12	21.02.2023	út	0,0526	1,17%	6,05	6
21.04.2023	pá	8,2616	183,31%	5,74	14	23.06.2023	pá	0,0576	1,28%	6,06	6
08.06.2023	čt	8,1123	180,00%	5,89	14	26.03.2023	ne	0,0707	1,57%	1,07	1
16.05.2023	út	7,6379	169,47%	5,36	13	29.07.2023	so	0,0785	1,74%	3,92	4
01.02.2023	st	7,3886	163,94%	5,61	13	27.08.2023	ne	0,0912	2,02%	2,09	2
04.02.2023	so	7,0910	157,34%	2,91	10	02.11.2023	čt	0,0953	2,12%	4,90	5
31.05.2023	st	6,4517	143,15%	5,55	12	07.03.2023	út	0,0995	2,21%	5,10	5
28.07.2023	pá	6,1436	136,32%	5,86	12	17.01.2023	út	0,1043	2,31%	4,90	5
04.11.2023	so	6,1012	135,38%	2,90	9	21.01.2023	so	0,1102	2,45%	2,89	3
02.08.2023	st	6,0768	134,83%	4,92	11	23.08.2023	st	0,1128	2,50%	4,89	5
04.10.2023	st	6,0225	133,63%	4,98	11	24.07.2023	po	0,1200	2,66%	5,88	6
09.06.2023	pá	5,9587	132,21%	5,96	0	23.11.2023	čt	0,1280	2,84%	5,13	5
19.11.2023	ne	5,8112	128,94%	2,19	8	19.10.2023	čt	0,1446	3,21%	4,14	4

Excelová „křišťálová koule“

excelovy_model_predikce_vydaju - Excel

SouborDomůVloženíRozložení stránkyVzorceDataRevizeZobrazeníŘekněte mi, co chcete udělat...Přihlásit seSdílet

ABC

Pravopis Tezaurus

Kontrola pravopisu

🔍

Inteligentní vyhledávání

Další informace

📄

Přeložit

Jazyk

💬

Nový komentář

Komentáře

✖

Odstranit

↶

Předchozí

↷

Další

🔒

Zobrazit nebo skryt komentář

🔒

Zobrazit všechny komentáře

🖋

Zobrazit rukopis

🔒

Zamknout list

🔒

Zamknout sešit

🔒

Sdílet sešit

🔒

Zamknout a sdílet sešit

Povolit uživatelům úpravy oblasti

Sledování změn

O11

✖

✓

A

B

C

D

E

F

G

H

I

J

K

L

M

N

O

P

Q

R

S

T

U

1

Datum

Příznaky

2

Víkend

Státní svátek

Školní prázdniny

Nepracovní den

Počet volných dní v řadě

Nepracovní dny akt. týden

Nepracovní dny minulý týden

JMK pozitivní

JMK testy

ČR pozitivní

ČR testy

JMK dostupnost dat

Pondělí

Úterý

Středa

Sobota

Březen

Květen

Červen

Červenec

3

01.01.2025

0

1

1

1

0,333144294

2,11735496

-0,37448006

0

0

173

850

0

0

0

1

0

0

0

0

0

4

02.01.2025

0

0

1

0

-0,642006933

2,11735496

-0,37448006

0

0

173

850

0

0

0

0

0

0

0

0

5

03.01.2025

0

0

1

0

-0,642006933

2,11735496

-0,37448006

0

0

173

850

0

0

0

0

0

0

0

0

6

04.01.2025

1

0

1

1

1,308295521

2,11735496

-0,37448006

0

0

173

850

0

0

0

0

1

0

0

0

7

05.01.2025

1

0

1

1

1,308295521

2,11735496

-0,37448006

0

0

173

850

0

0

0

0

0

0

0

0

8

06.01.2025

0

0

0

0

-0,642006933

-0,38951341

-0,37448006

49

209

399

1406

1

1

0

0

0

0

0

0

9

07.01.2025

0

0

0

0

-0,642006933

-0,38951341

-0,37448006

49

209

399

1406

1

0

1

0

0

0

0

0

10

08.01.2025

0

0

0

0

-0,642006933

-0,38951341

-0,37448006

49

209

399

1406

1

0

0

1

0

0

0

0

0

11

09.01.2025

0

0

0

0

-0,642006933

-0,38951341

-0,37448006

49

209

399

1406

1

0

0

0

0

0

0

0

0

12

10.01.2025

0

0

0

0

-0,642006933

-0,38951341

-0,37448006

49

209

399

1406

1

0

0

0

0

0

0

0

0

13

11.01.2025

1

0

0

1

1,308295521

-0,38951341

-0,37448006

49

209

399

1406

1

0

0

0

1

0

0

0

0

14

12.01.2025

1

0

0

1

1,308295521

-0,38951341

-0,37448006

49

209

399

1406

1

0

0

0

0

0

0

0

0

15

13.01.2025

0

0

0

0

-0,642006933

-0,38951341

-0,37448006

49

209

399

1406

1

1

0

0

0

0

0

0

0

16

14.01.2025

0

0

0

0

-0,642006933

-0,38951341

-0,37448006

49

209

399

1406

1

0

1

0

0

0

0

0

0

17

15.01.2025

0

0

0

0

-0,642006933

-0,38951341

-0,37448006

49

209

399

1406

1

0

0

1

0

0

0

0

0

18

16.01.2025

0

0

0

0

-0,642006933

-0,38951341

-0,37448006

49

209

399

1406

1

0

0

0

0

0

0

0

0

19

17.01.2025

0

0

0

0

-0,642006933

-0,38951341

-0,37448006

49

209

399

1406

1

0

0

0

0

0

0

0

0

20

18.01.2025

1

0

0

1

1,308295521

-0,38951341

-0,37448006

49

209

399

1406

1

0

0

0

1

0

0

0

0

21

19.01.2025

1

0

0

1

1,308295521

-0,38951341

-0,37448006

49

209

399

1406

1

0

0

0

0

0

0

0

0

22

20.01.2025

0

0

0

0

-0,642006933

-0,38951341

-0,37448006

49

209

399

1406

1

1

0

0

0

0

0

0

0

23

21.01.2025

0

0

0

0

-0,642006933

-0,38951341

-0,37448006

49

209

399

1406

1

0

1

0

0

0

0

0

0

predikce_vydaju

List2

Připraven

13:18

06.04.2025

Predikce výdeje - zhodnocení

Interní výdej A+ jde predikovat vcelku slušně (MAE 26,2%).

Nejsilnější faktory modelu ($p < 0,001$) jsou:

- jakýkoliv nepracovní den (-8,78),
 - pondělí (-3,0),
 - úterý (-3,9).
-
- Další signifikantní markery ($p < 0,05$) jsou:
 - školní prázdniny (-1,55),
 - počet případů chřipky v ČR před třemi týdny (-1,04),
 - prosinec (-2,17).

Predikce výdeje - zhodnocení

Interní výdej 0- lze predikovat špatně (MAE 50,4%).

Každopádně interní výdej 0- ovlivňuje nejvíce:

- nepracovní den, “přilepený” na další nepracovní dny (státní svátek v pátek či pondělí, -0,38, $p < 0,001$)
- Další podstatné faktory ($p < 0,05$) jsou:
- červen (0,74)
- červenec (0,91)
- březen (-0,83)

Závěr – predikce počtu dárců

- **Model „in-house statistiky“** lze využít pro obecný přehled skladu.
- **Model LR** pro zvaní dárců vykazuje **vysokou přesnost** ($r = 0,91$; $MAE = 38$ TU)
- **Nejpřesnější** je **Ensemble** = soubor více modelů ($r = 0,92$; $MAE = 36$ TU)

Závěr - výdeje

- Model LR i RF pro predikci výdejů bez rozlišení interního výdeje/prodejů a KS vykazuje **vysokou nepřesnost (52%)**
- Rozdělení výdejů přineslo zpřesnění pro interní výdej. U prodejů totiž „prodáváme, co jiným chybí“
- Model pro odhad interních výdejů ukázal **u krevní skupiny A+ průměrnou absolutní chybu 26,2%**
- Naproti tomu **u krevní skupiny 0-** ukazovala predikce **znatelně vyšší chybu 50,4%**

Závěr

Výsledky ukazují, že **modelování interních výdejů je výrazně obtížnější než modelování příjmů**. I tak bylo u obou modelů **dosaženo vyšší přesnosti, než při pouhém využití průměrných hodnot předchozích let**.

Metody umělé inteligence tedy dokážou zefektivnit vedení skladu transfuzních přípravků, ale jejich přesnost je pro různé části této úlohy značně odlišná.

Kontaktní údaje



Koskova.Stanislava@fnbrno.cz



532 232 626