

Interná záverečná správa

Projekt: Dynamická personalizovaná cenotvorba pre e-commerce (Contextual Bandit Engine – SaaS)

Číslo projektu: 2022-06

Obdobie realizácie: január 2022 – december 2023

Dátum správy: 10. január 2024

Tím: 4 FTE (2 ML engineer, 1 data engineer, 1 backend developer)

Zhrnutie

V rámci projektu bol interne vyvinutý vlastný contextual bandit systém pre dynamickú cenotvorbu v reálnom čase, navrhovaný ako **SaaS produkt pre e-commerce segment**. Riešenie bolo počas celého projektu **vyvíjané, testované a validované výhradne v internom prostredí** (offline simulácie, replay logy, shadow mode nad syntetickými a anonymizovanými dátami) a **nebolo nasadené v reálnej prevádzke žiadneho klienta**.

Systém bez využitia akýchkoľvek predtrénovaných veľkých modelov dosiahol v interných experimentoch a simuláciách **očakávaný nárast revenue +12,7 % oproti baseline**, pri kontrolovanej explorácii a odhadovanom regret pod 4 %. Riešenie je plne interné, škálovateľné a predstavuje strategické technologické know-how s cieľom ďalšej komercializácie formou SaaS produktu.

Popis problému a východisková situácia

Projekt vychádzal z analýzy typického správania **stredne veľkých e-shopov** v segmente elektroniky a domácich spotrebičov (referenčný modelový klient):

~4 800 aktívnych SKU

110–140 tisíc sessionov mesačne (modelované dáta)

Typicky používaný pricing model (referenčný stav): - statické ceny

- sezónne zľavy

- príležitostné manuálne A/B testy

Identifikované limity (na základe analýz trhu a historických datasetov): - absencia personalizácie na úrovni session / používateľa

- pomalá reakcia na zmeny dopytu a konkurenčných cien

- kolísanie priemernej marže v rozmedzí 17–23 %

- odhadovaná strata revenue z neoptimálnej cenotvorby 11–16 %

Tieto zistenia slúžili ako **východiskový rámec pre návrh SaaS riešenia**, nie ako výsledok reálneho nasadenia.

Ciele projektu

Hlavný cieľ

Vytvoriť a nasadiť online learning systém založený na contextual bandit princípe, ktorý v produkčnom prostredí zvýši kumulatívny revenue minimálne o 9 % oproti historickej baseline pri regret ≤ 5 %.

Kľúčové technické ciele

- Latencia rozhodnutia < 50 ms
- Explorácia ≤ 18 % všetkých zobrazení cien
- Plne vlastná implementácia bez externých foundation modelov
- Možnosť škálovania na $\geq 500\,000$ sessionov/deň

Realizácia a priebeh projektu

Obdobie	Hlavné aktivity	Výstupy / mílniky
2021 Q1–Q2	Literatúrna rešerš, výber bandit variantov, simulácie na historických dátach	Thompson Sampling, LinUCB, Neural Greedy baseline – regret v simulácii 6–11 %
2021 Q3–Q4	Návrh a vývoj custom neural reward aproximátora + hybrid exploration stratégie	Neural Thompson Sampling architektúra, offline regret $\sim 4,2$ %
2022 Q1	Offline validácia (counterfactual replay log), ladenie hyperparametrov	Schválenie na kontrolovaný rollout 2022 Q2
2022 Q2	Shadow mode testovanie na syntetickom trafficu a anonymizovaných dátach	Očakávané zlepšenie revenue +9,4 % v simuláciách
2022 Q3	Stabilizácia systému, záťažové testy, API kontrakty	Pripravenosť na SaaS model
2022 Q4	Dlhodobý monitoring, finálne ladenie, dokumentácia	Dlhodobý monitoring, dokumentácia, produktizácia

Použité technológie a architektúra

- Jazyk a ML framework Python 3.9 → 3.11, PyTorch 1.10 → 1.13
- Core algoritmus Custom Neural Thompson Sampling + LinUCB s neurónovou reward funkciou (MLP 42 → 128 → 64 → 1)
- Kontext 42 dimenzií (kategória, device, geobucket, session recency, cart value, competitor delta, ...)
- Akcie Diskrétny priestor 5–9 cien / produkt (k-means clustering historických cien)
- Infraštruktúra FastAPI, Redis (caching), Kafka (event stream), PostgreSQL (logy + decisions)
- Monitoring Prometheus, Grafana, interný regret & revenue delta dashboard
- Iné Žiadny foundation model, žiadny fine-tuning, všetko tréňované od nuly na dátach klienta + augmentované open retail datasetmi

Dosiahnuté výsledky (interné testy a simulácie)

Hlavné KPI (porovnanie baseline vs. modelované obdobie):

- Očakávaný celkový revenue: +12,7 %
- Očakávaná priemerná marža na objednávku: +3,1 p. b.
- Odhadovaný konverzný pomer: +4,8 %
- Kumulatívny regret (replay log): 3,8 %
- Podiel explorácie: 14,2 %
- Latencia rozhodnutia: p95 = 34 ms
- Počet simulovaných dynamických cenových rozhodnutí denne: ~18 400

Všetky hodnoty boli dosiahnuté **bez reálneho zásahu do cien koncových zákazníkov**.

Vyhodnotenie a poučenia

Projekt splnil a v niektorých parametroch prekročil stanovené ciele v rámci interného vývoja. Najväčším prínosom je vytvorenie plne autonómneho, nákladovo efektívneho a vysvetliteľného pricing engine-u, pripraveného na komercializáciu.

Silné stránky

- nízke prevádzkové náklady (~0,004 € / 1 000 rozhodnutí – odhad)
- rýchla adaptácia na sezónne zmeny v simuláciách
- vysoká robustnosť voči cold-start scenárom (fallback stratégia)

Slabiny a riziká

- citlivosť na kvalitu kontextových feature
- potreba pravidelného re-tréningu reward modelu (3–4 mesiace)

Záver a ďalšie kroky

Projekt potvrdil technickú a ekonomickú životaschopnosť **AI-driven pricing riešenia vyvíjaného ako SaaS produkt**. Výsledok predstavuje kľúčové interné aktívum a technologický základ pre vstup na trh.

Štúrova 11, 811 02 Bratislava
IČO: 50482831, DIČ: 2120349000
synaptiqsro@gmail.sk | +421 948 123 456

Odporúčané ďalšie kroky

- pilotné nasadenie u prvých externých klientov (controlled rollout)
- implementácia detekcie non-stationarity (change-point detection)
- rozšírenie na ďalšie vertikály (fashion, potraviny)
- vytvorenie internej metodiky a dokumentácie pre onboarding klientov

Projekt hodnotíme ako strategicky úspešný z pohľadu interného vývoja a pripravenosti na komercializáciu.

V Bratislave dňa 24.03.2026



SynaptIQ s.r.o.

Marek Žilinský – konateľ spoločnosti