Umelá inteligencia
Teória a prax

doc. Ing. Ladislav Hluchý, CSc. · Ústav informatiky Slovenskej akadémie vied, v.v.i.

Dr. h.c. mult. prof. Ing. Štefan Luby, DrSc. · slovenský fyzik a hlavný vedecký redaktor INTERCEDU

1. Motivácia – prológ

V lete 2023 podpísala Európska akadémia vied a umení (EAVU) so sídlom v Salzburgu so spoločnosťou INTERCEDU a. s. so sídlom v Pezinku „Memorandum o spolupráci“. Jednou z tém spolupráce je rozvoj umelej inteligencie (AI). Protagonistom v tejto oblasti je sám prezident EAVU prof. Klaus Mainzer, filozof a historik vedy, ktorý pri podpise Memoranda predniesol prednášku o nových smeroch rozvoja technológií vrátane AI a pod jeho vedením expertná skupina EAVU vypracovala cestovnú mapu Digitalizácia, umelá inteligencia a spoločenský dopad, uverejnenú v slovenskom preklade na webe INTERCEDU **[1].**

Zľava: Prof. Dr. Klaus Mainzer, prezident Európskej akadémie vied a umení v Salzburgu a prof. Štefan Kassay, DrSc. prezident INTERCEDU pri podpise Memoranda o spolupráci

Pre ďalší vývoj je významný počin OSN, ktorá prijala v marci 2024 konsenzom prvú rezolúciu o AI **[2].** OSN vyzýva, aby AI bola prínosom pre všetky krajiny, rešpektovala ľudské práva a bola bezpečná a dôveryhodná. Ďalej apeluje na zmenšovanie digitálnych rozdielov medzi bohatým a chudobným svetom. Rozvojovému svetu treba poskytnúť technológie a možnosti využiť výhody AI napr. v zdravotníctve, pri predpovedaní záplav, v pomoci poľnohospodárom, pri školení pracovnej sily a i. Rezolúcia podčiarkla horúcu tému rozvíjať v oblasti AI kompetentnú legislatívu.

Slovensko nie je v AI nováčikom. Už pred rokom 1990 sa umelej inteligencii venovala pozornosť v Ústave technickej kybernetiky SAV, riaditeľom ktorej bol akademik Ivan Plander. Po chaotickej reorganizácii ústavu prvým porevolučným Predsedníctvom SAV vznikol po ďalších fúziách súčasný Ústav informatiky SAV, ktorý pod vedením doc. Ladislava Hluchého, člena EAVU a jeho nástupcov vo funkcii riaditeľa, preukázal pozoruhodnú životaschopnosť v akvizícii projektov EÚ, v aplikáciách informatiky vrátane produktov umelej inteligencie na širokej spoločenskej báze a v súlade so status quo v tejto sfére.

Konštruktér počítačov Ivan Plander. Zdroj – Múzeum počítačov CSČ SAV

Cieľom tohto článku uverejneného na webe INTERCEDU je upozorniť na technické predpoklady a etiku v oblasti AI, stručne zhrnúť tézy vytýčené v expertnej správe EAVU a porovnať ich s úlohami, ktorými na aktuálny rozvoj AI reaguje jeden z európskych lídrov v tejto oblasti – kolektív doc. Hluchého.

2. Smerovanie AI podľa cestovnej mapy EAVU

Veľká kapacita počítačov a databáz v posledných rokoch umožnila, aby sa mohlo realizovať strojové učenie i vzdelávanie pracovnej sily s veľkým objemom údajov, čo viedlo k prelomom v aplikáciách AI v priemysle, ekonomike a spoločenskej infraštruktúre. Treba pritom bazírovať na zodpovednej AI, čo je výzvou v technológii a inžinierstve, ale aj v etike a humanitných vedách. Aby bola AI užitočná, musia byť jej algoritmy transparentné a vysvetliteľné. Vysvetliteľná AI sa považuje za ďalšiu etapu rozvoja.

V ďalšom mapa sumarizuje AI aktivity najmä v USA – v Computing Community Consortium (CCC) a v Asociácii pre rozvoj umelej inteligencie (AAAI), spomína nemecký plán v oblasti AI, ďalej zameranie Európskeho laboratória pre učenie a inteligentné systémy (ELLIS) a skupinu expertov Európskej komisie, ktorá nedávno navrhla aktuálnu definíciu AI:

„Umelá inteligencia sa vzťahuje na systémy navrhnuté ľuďmi, ktoré vzhľadom na komplexný cieľ konajú vo fyzickom a digitálnom svete vnímaním svojho prostredia, interpretáciou zozbieraných štruktúrovaných alebo neštruktúrovaných údajov, úvahami o poznatkoch odvodených z týchto údajov a rozhodovaním o najlepších opatreniach, ktoré treba vykonať na dosiahnutie daného cieľa.“

V ďalšom podľa cestovnej mapy EAVU zahrnujú hlavné sféry ľudskej existencie zhrnieme aplikačné oblasti AI, ktoré v kontexte s poslaním Akadémie. O využití AI v obrane sa tu nepíše.

a. Medicína a zdravotná starostlivosť:
Zdravý život, aktívne starnutie, starostlivosť na diaľku, personalizovaná medicína, digitalizácia lekárskej expertízy, zvládanie pandémií a i.

b. Obnoviteľná energia a zelená ekonómia:
„Zelená ekonomika“ je prioritou strategických intervencií, ktoré sa majú realizovať z prostriedkov Európskeho plánu obnovy. Musia sa zvažovať výhody a nevýhody obnoviteľných energií, vodíka, jadrovej energie a energie jadrovej syntézy. Pre Európu sa musia skombinovať do „hybridného“ energetického systému. Patrí sem aj efektívnosť budov, regulácia vykurovacích, chladiacich a ventilačných systémov.

c. Udržateľné inovácie:
Šetrenie strategických surovín, recyklácia a odpadové hospodárstvo, inteligentné poľnohospodárstvo a služby, odolné a pružné systémy s nulovými chybami.

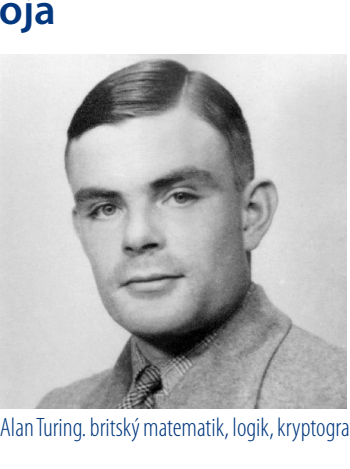
d. AI a robotika v domácnosti:
Správu domácností vrátane inteligentných zariadení a domácich robotov, obohatenie vedomostí a zodpovedania otázok, napríklad prostredníctvom chatbotov, a i.

e. Digitálna suverenita a ľudská autonómia:
Európska komisia uverejnila v apríli 2019 etické usmernenia pre dôveryhodnú umelú inteligenciu. Východiskovými bodmi sú ľudská autonómia, sebakontrola, spravodlivosť, a to v súlade s európskymi filozofickými a tradíciami, ako aj s hodnotami EAVU. Slobodu prejavu treba chrániť pred pokusmi o potlačenie nesúhlasu alebo zneužívaním slobody prejavu na podporu neznášanlivosti a nenávisti.

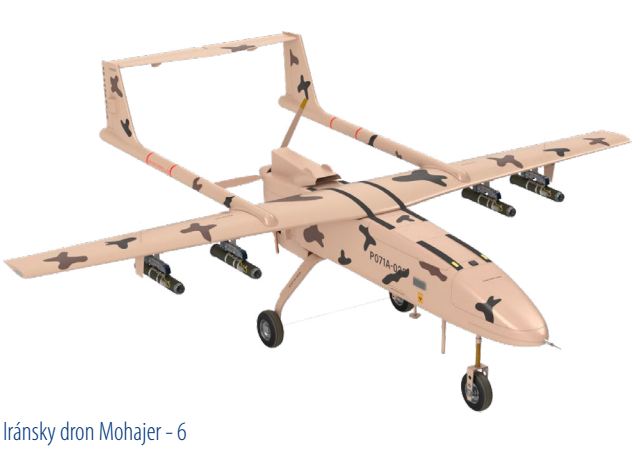
f. Kultúrne dedičstvo pre Európu:
Ide o kultúrne dedičstvo hmotné aj nehmotné. Vychádzajúc z 3D skenovania, kultúrne dedičstvo smeruje k digitálnej budúcnosti. Zatiaľ máme v digitalizovanom formáte dostupných 15% svetového kultúrneho dedičstva. Patrí sem aj dešifrovanie starých jazykov, obnova starovekých textov a p.

3. Umelá inteligencia – technologické a etické rámce rozvoja

Ak odhliadneme of futurologickej hry K. Čapka RUR, môžeme korene formovania AI situovať do roku 1950, keď A. Turing uverejnil článok **[3].** Ďalší pokrok bol prepojený s novými softvérovými a hardvérovými riešeniami. Vzhľadom na poslanie tohto článku musíme však urobiť veľký skok do obdobia okolo roku 2013, kedy začala nová vlna základného výskumu technológie AI čipov, ktorá vyústila do tretej vývojovej etapy v roku 2017 (napr. **[4]**). Trendy možno rozdeliť do dvoch kategórií – server a edge aplikácie. Druhé z nich operujú in loco bez potreby konštantného napojenia na Internet. Patrí sem napr. rozlišovanie reči alebo Internet vecí (IoT). Z iných aktuálnych prác odkazujeme na **[5, 6].**



Alan Turing, britský matematik, logik, kryptograf



Iránsky dron Mohajer – 6

Z hľadiska komercionalizácie aplikácií AI sú však nemenej dôležité etické rozmery nasadenia AI a príprava verejnosti. A to tým skôr, že média radia AI medzi podobné kataklizmy ako je klimatická zmena alebo jadrová vojna! Vývoj AI nemožno v žiadnom prípade ponechať v rukách silných technologických spoločností a to bez ohľadu na rovnosť, transparentnosť, zamestnanosť a osobitne kyberterorizmus **[7].** Ešte väčšie nebezpečia pramenia z vojenských robotov s rozličným stupňom autonómie, ktoré musia ostať pod kontrolou ľudského operátora. Je však zrejmé, že ak niektorá mocnosť rozbehne vývoj zbraní s AI, musia nasledovať celosvetové preteky v zbrojení s katastrofickými výhliadkami. Autori **[8]** zároveň upozorňujú na novú vlnu „hype“ ktorá sa už saturovala v nanotechnológii a presúva sa do AI, kde spôsobí veľa dezinformácií a konšpirácií. Uvádzam preto triezve stanovisko odborníka[1], ktorý na môj dotaz o trendoch v AI odpovedal:

„V podstate ide o ďalší stupeň učiacich sa systémov. AI nič nového nemôže vytvoriť, dokáže veľmi rýchle spracovať existujúce informácie. Aby to bola pravda, je k tomu treba prispôsobiť hardvérové štruktúry počítačov. K tomu sa vyvíjajú nové čipy, ktoré popri obrovských vnútorných pamätiach oplývajú zabudovanými optimálnymi algoritmami pre spracovanie uložených dát. Ostatné už závisí od implementovaného softvéru, ktorý je vždy orientovaný na konkrétny typ úloh. Univerzálny softvér neexistuje. Vývoju čipov pre AI sa vo svete venuje celý rad popredných výrobcov počítačových systémov a je známych najmenej 10 unikátnych koncepcií.“

---

[1] Doc. Ing. V. Áč, CSc., vedúci vývoja integrovaných obvodov v bývalej TESLE Piešťany a neskôr pracovník viacerých súkromných spoločností.

Odborníkov v etike AI dráždi slovo autonómny **[9].** Naznačuje, že takéto stroje dokážu riešiť morálnu agendu, čo je zavádzajúce.

Diskusia o našej budúcnosti v ére AI prebieha hojne aj na Slovensku. Ich platformou je aj Monitoring médií SAV. Uvediem aspoň výsledky ankety o AI z marca 2024 **[10]**: AI si bude vyžadovať intenzívnu rekvalifikáciu smerom k IT a analytike. Už teraz sa pozornosť zameriava na financie, právo a ľudské zdroje. Ako prvé by mali zaniknúť call centrá. AI môže čiastočne nahradiť pohovory. Kvantifikácia zmien v pracovných príležitostiach sa zdá byť nie veľmi dôveryhodná, je však zrejmé, že niektoré zamestnania zaniknú a vytvoria sa nové s vyššou kvalifikáciou. Podľa Európskej komisie by mohla AI nahradiť aj tvorivú prácu, je však otázne, čo si bruselská administratíva pod týmto pojmom predstavuje.

4. Výskum a aplikácie AI v Ústave informatiky SAV, v. v. i.

ÚI SAV má v oblasti AI široký záber a v rámci SR významné postavenie, ktorý možno charakterizovať nasledujúcimi, pritom nie všetkými témami:

1. **Chat GPT;**
2. **Rozpoznávanie tvárí;**
3. **Predikcia výroby fotovoltickej energie;**
4. **Počítačové videnie v bezserverovom cloude;**
5. **Diagnostika rakoviny prsníka;**
6. **Klasifikácia energetických úrovní v nanoštruktúrach;**
7. **Optimalizácia príjmov leteckých spoločností;**
8. **Vplyv prostredia na zariadenia energetiky;**
9. **Hodnotenie izolátorov v distribučných sieťach;**
10. **Klasifikácii druhov drevín pomocou hyperspektrálnych snímok;**
11. **Umelá inteligencia v športe.**

Na základe podrobnejších podkladov sprostredkujeme deväť tém. Prvú tému – Chat GPT uvedieme v celom rozsahu. Ďalšie témy uvedieme podľa zjednotenej štruktúry stručnejšie, pričom kompletný podklad bude pre potreby odborníkov k dispozícii.

Ad 1 Chat GPT, Štefan Dlugolinský

ChatGPT je umelá inteligencia využívajúca neurónové siete na generovanie textu v prirodzenom jazyku na základe vstupných textových podnetov. Je založený na technológii generatívnych predtrénovaných transformátorov (GPT – Generative pre-trained transformers). ChatGPT nemá žiadne vedomie a ani schopnosť logicky myslieť. Jeho schopnosti sú obmedzené na vzory, ktoré sa „učí“ z trénovacích dát a to bez skutočného porozumenia kontextu.

Súčasné modely ChatGPT majú kapacitu 175 miliárd (1.75x10^{11}) parametrov vo voľne dostupnej verzii GPT-3.5 a odhadovanú kapacitu viac ako 1bilión (1x10^{12}) parametrov v platenej verzii GPT-4. Parametre modelu odkazujú na premenné, ktoré sa počas tréningového procesu upravujú za účelom znižovania chyby meranej funkciou straty (loss function). Tieto parametre môžu ovplyvniť presnosť, rýchlosť a celkovú účinnosť modelu.

Počet parametrov strojového učenia v modeli je indikátorom jeho zložitosti a schopností. Všeobecne platí, že viac parametrov umožňuje modelu zachytiť detailnejšie a zložitejšie vzory v dátach, na ktorých je trénovaný, čo vedie k lepšiemu výkonu. V prípade ChatGPT je to lepšie „pochopenie“ textu a presnejšie odpovedanie na otázky.

Trénovanie modelov prebieha na obrovskom množstve textových dát, v ktorých model identifikuje vzory, vzťahy a gramatiku jazyka, čo mu umožňuje lepšie „porozumenie“ vstupu a generovanie relevantnejších odpovedí. Pri generovaní odpovedí model zohľadňuje naučené vzory, avšak kvalita odpovedí nie je vždy zaručená. Model si často „vymýšľa“ fakty. Hovoríme tomu, že halucinuje. To vyžaduje ďalšie mechanizmy na kontrolu kvality, ale aj filtrovanie nevhodného obsahu.

Semantic
Web
search
data
information
results
articles
idea
sources
reading
practical
article
way

Ďalším dôležitým faktorom je veľkosť kontextového okna. Kontextové okno si možno predstaviť ako pamäť, do ktorej si model ukladá obsah prebiehajúcej interakcie s používateľom. Ak interakcia prekročí veľkosť kontextového okna, model stráca prístup k najstarším častiam konverzácie. Toto obmedzenie môže ovplyvniť konzistentnosť modelu v dlhých konverzáciách alebo pri zložitých úlohách. V súčasnosti je trend rozširovať veľkosť tohto okna. ChatGPT-3.5 udáva veľkosť svojho kontextového okna 4K tokenov, verzia ChatGPT-4 už 128K tokenov. (Token je malá jednotka textu s veľkosťou od jedného znaku po celé slovo.) Zatiaľ najväčšie známe kontextové okno má model Gemini 1-5 od Google, ktorého veľkosť je až 1 milión tokenov. Tento model však okrem textových tokenov používa aj zvukové a obrazové tokeny, čo mu umožňuje zapájať sa do konverzácií o obrázkoch, napr. pri kreatívnej spolupráci. Ide teda o multimodálny model, ktorý vie pracovať s rôznymi módmi dát. Multimodálnosť v spojitosti s veľmi veľkým kontextovým oknom je významný míľnik.

V najnovšej verzii ChatGPT-4 umožňuje z textových podnetov prostredníctvom integrovaného nástroja DALL-E generovať aj vizuálny obsah. Používatelia môžu zadávať popisy scén, objektov alebo situácií v prirodzenom jazyku, a model vygeneruje obrazy, ktoré tieto popisy vizuálne reprezentujú. Tento proces otvára nové možnosti pre kreatívne odvetvia, ako sú grafický dizajn, reklama, filmová a video produkcia, alebo aj pre vzdelávacie účely, kde môže pomôcť pri vizualizácii komplexných konceptov.

DALL·E

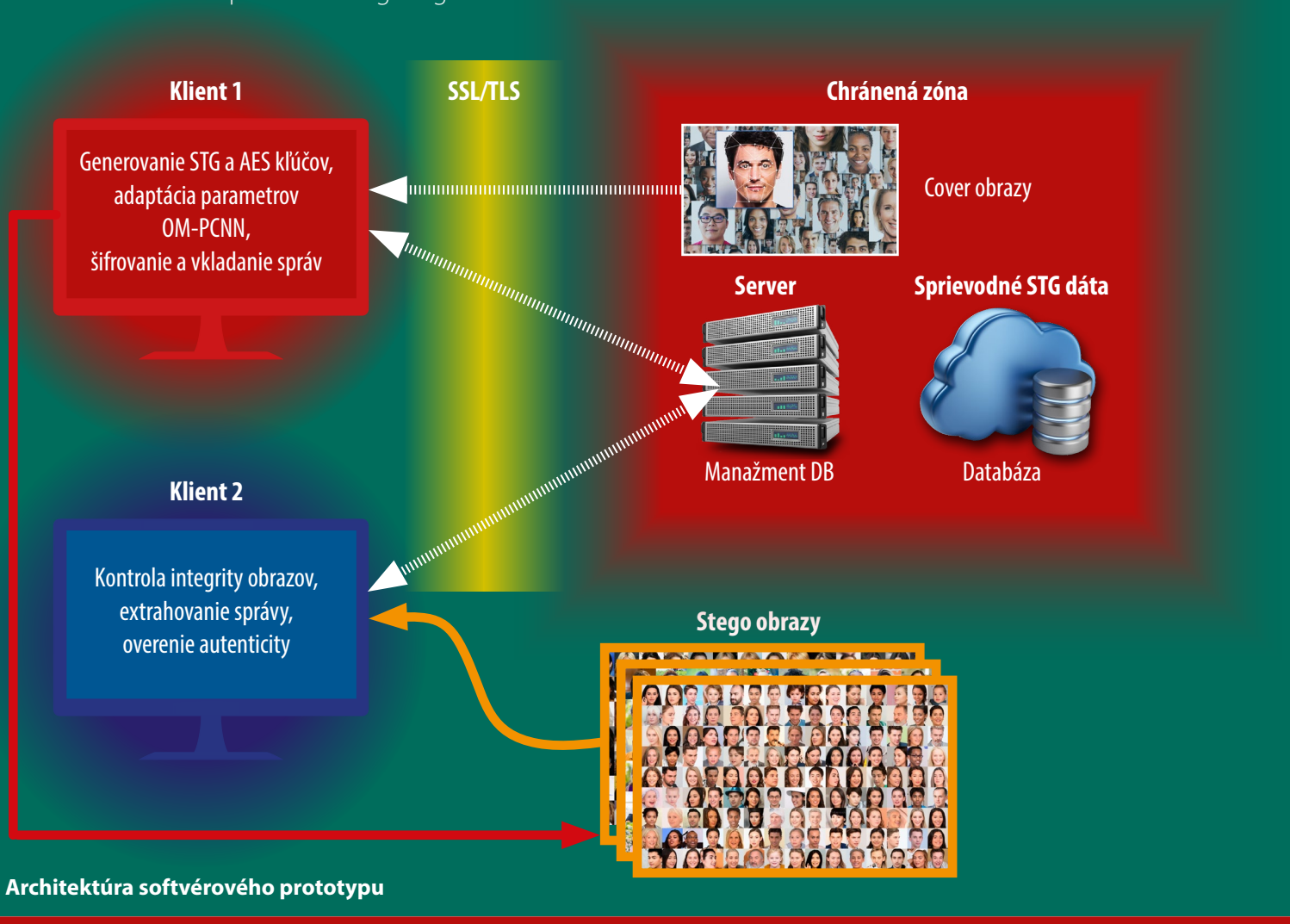
V dnešnej dobe digitálnej transformácie a rastúceho záujmu o umelú inteligenciu sa ChatGPT stáva kľúčovým nástrojom v mnohých odvetviach, od vývoja softvéru, cez zákaznícku podporu, marketing, až po vzdelávanie. V oblasti zákazníckej podpory môže automatizovať odpovede na často kladené otázky, zlepšiť rýchlosť a efektivitu služieb, a zároveň poskytnúť zákazníkom personalizovaný zážitok. V marketingu a komunikácii môže generovať atraktívny obsah pre sociálne médiá, blogy alebo reklamné kampane, čím pomáha značkám zvýšiť ich dosah a povedomie u ľudí. V oblasti vzdelávania môže pomôcť pri vytváraní personalizovaných učebných materiálov a poskytnúť študentom prispôsobenú spätnú väzbu, čím môže zvýšiť efektivitu učenia.

Jeho schopnosť generovať koherentný a kontextovo relevantný text otvára nové možnosti pre automatizáciu a interakciu človeka so strojom. Na druhej strane táto a podobné technológie prinášajú rôzne riziká, napr. ich zneužitia, pretože umožňujú veľmi rýchle skratky k výsledkom, ktoré sú veľmi podobné tým, ktoré vznikli ľudskou činnosťou, prípadne sú na nerozoznanie od skutočnosti. Tým, že tieto technológie dokážu nahradiť veľa ľudských činností, majú a budú mať veľký dopad na spoločnosť. Ak sme donedávna hovorili o priemyselných revolúciách, tak sme svedkami novej, revolúcie umelej inteligencie. Budúci vývoj sa pravdepodobne zameria na zlepšenie schopností modelu v porozumení komplexnejším otázkam, zlepšeniu personalizácie a adaptácie na konkrétne potreby používateľov, ako aj monetizácie modelov používaných na špecifické úlohy. Zároveň sa bude musieť klásť dôraz na vývoj robustných etických rámcov a transparentnosti, aby sa zabezpečilo, že potenciálne riziká týchto technológií neprevážia nad ich výhodami. Rozvoj a implementácia takýchto technológií si vyžaduje multidisciplinárny prístup, ktorý zahŕňa nielen technické znalosti, ale aj hlboké pochopenie etických, sociálnych a právnych aspektov.

Ad 2 FaceControl - komplexné komunikačné zariadenie pre inovatívne riadenie výrobných a podporných procesov v priemysle

Projekt EF regionálneho rozvoja 313012P897
Prijímateľ: Apis spol. s. r. o.
Partneri: Ardaco, a. s., ÚI SAV, v. v. i., zodp. riešiteľ Radoslav Forgáč.
Riešenie: 1. 3. 2019 – 31. 10. 2020

Hlavným cieľom projektu Face-Control riešiteľov z ÚI SAV bola kompletizácia prototypu softvérového modulu na overovanie autenticity obrazov tvárí pomocou neurónových sietí a steganografie. Výsledkom riešenia je navrhnutý model obrazovej steganografie a vytvorenia softvérového prototypu na overovanie autenticity obrazov. Model obrazovej steganografie je založený na vkladaní a extrahovaní správ pomocou pozičných matíc, ktoré sú generované neurónovou sieťou OM-PCNN. Softvérový prototyp (obr.) je založený na navrhnutom modeli obrazovej steganografie, symetrickom šifrovaní pomocou AES-256 a kryptografickej hašovacej funkcii SHA-2 s 512 bitovým odtlačkom. Z dôvodu zvýšenia bezpečnosti steganografického modelu sú váhy OM-PCNN inicializované pomocou steganografického kľúča.



Klient 1
Generovanie STG a AES kľúčov, adaptácia parametrov OM-PCNN, šifrovanie a vkladanie správ
SSL/TLS
Chránená zóna
Cover obrazy
Server
Sprievodné STG dáta
Manažment DB
Databáza
Klient 2
Kontrola integrity obrazov, extrahovanie správy, overenie autenticity
Stego obrazy

Architektúra softvérového prototypu

Ad 3 Estimátor výroby FVE SR na báze inštalovaného výkonu, lokality, času a meteo veličín

Prijímateľ: SEPS a. s.
Riešiteľ: ÚI SAV, v. v. i., zodp. riešitelia Ladislav Hluchý, Peter Krammer
Riešenie: 1. 3. 2023 – 15. 10. 2023

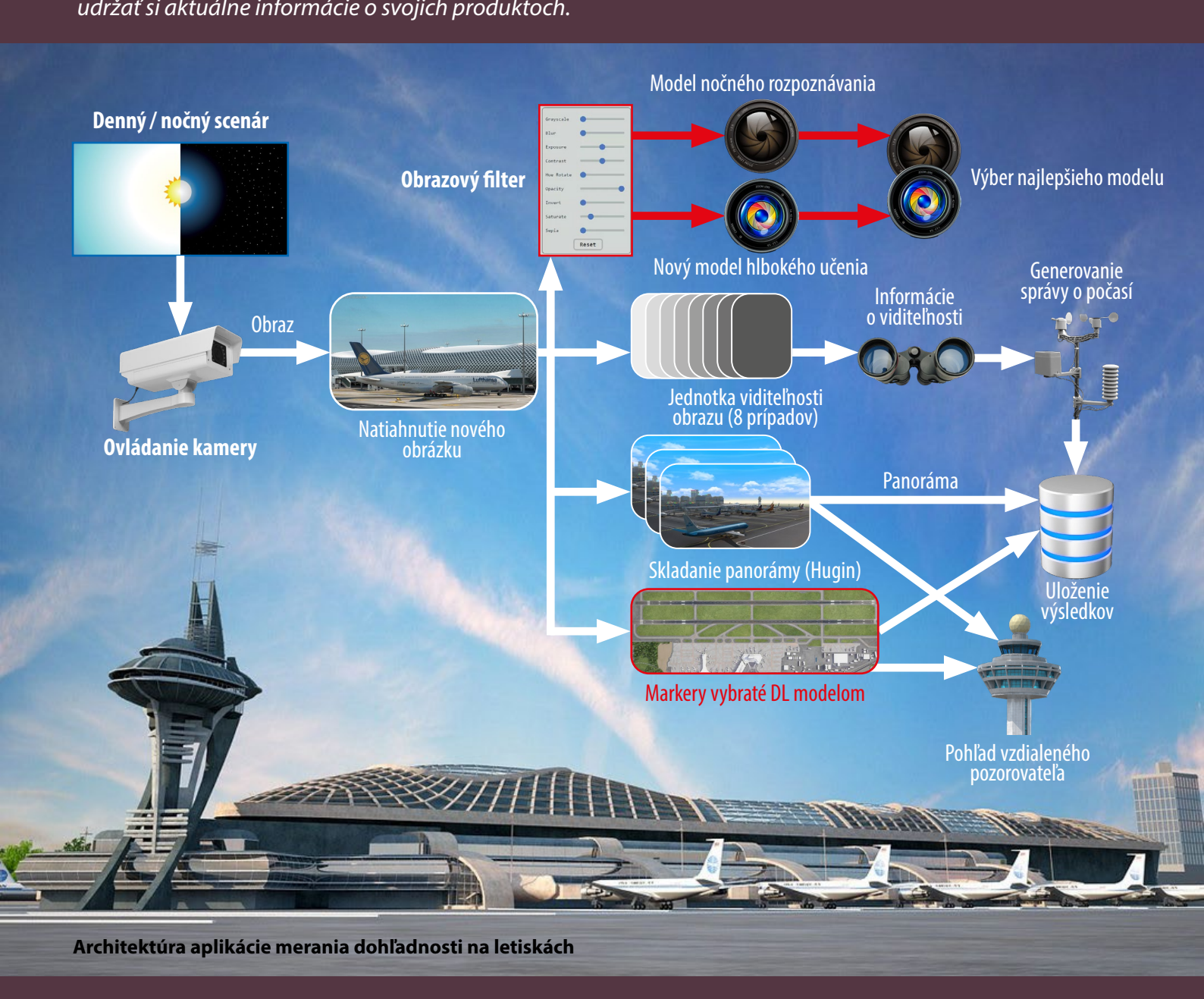
Projekt SEPSPP23_004, zadaný spoločnosťou Slovenská elektrizačná prenosová sústava a. s. je zameraný na modelovanie miery generovanej fotovoltaickej energie v závislosti od súvisiacich veličín. Cieľom je odhadnúť úroveň fotovoltaického výkonu dodaného do elektrickej siete. Pri modelovaní boli zohľadnené najmä meteo-veličiny, teplota vzduchu a relatívna vlhkosť vzduchu. Spoločnosť SEPS a. s. poskytla projektu dáta za 2 roky, merané s periódou 15 minút pre 18 dostupných lokalít Slovenska. Z dôvodu relatívne nízkeho objemu dát pre jednotlivé lokality neboli použité modely neurónových sietí, ale regresné stromové modely. Kľúčovou fázou projektu bolo identifikovanie vysoko-relevantných vstupných atribútov odvodených nelineárnymi transformáciami z pôvodných vstupujúcich veličín. Na modelovanie výkonu v každej z lokalít bolo použitých 20 regresných stromov. Pri modelovaní bola použitá technika baggingu, ktorá výrazne potláča nežiadúci efekt preučenia modelu. Takto vytvorenými modelmi boli dosiahnuté veľmi atraktívne výsledky (počítané z modelovanej veličiny produkcie fotovoltaickej energie v MW) vystihnuté desiatimi metrikami, z ktorých uvádzame aspoň strednú kvadratickú odchýlku 1,4503 a strednú relatívnu chybu 2,5860. Všetky výstupy projektu (s výnimkou poskytnutých údajov) sú dostupné k stiahnutiu z webovej stránky UI SAV **https://www.ui.sav.sk/w/sepspp23_004/**

Ad 4 Počítačové videnie v bezserverovom cloude

Projekt ICONTROL APVV, 2024
Zodp. riešitelia Ladislav Hluchý, Ondrej Habala

V projekte sme navrhli a vyvinuli meteorologickú aplikáciu letiskovej dohľadnosti založenú na metódach počítačového videnia a paradigme Function-as-a-Service **[1]**. Aplikáciu používa jej vývojár a prevádzkovateľ (MicroStep-MIS) už niekoľko rokov na viacerých letiskách, aj keď ako monolitický systém bez použitia cloudu alebo bezserverových výpočtov. Teraz sa pokúša pretransformovať ju na bezserverovú aplikáciu, čo:

- *umožňuje vývojárovi modularizovať aplikáciu, pričom potenciálne ponúka niekoľko rôznych nasadení s rôznymi požiadavkami, funkčnosťou a cenou,*
- *umožňuje nasadenie aplikácie bez toho, aby zákazník musel investovať do hardvéru a údržby,*
- *umožňuje vyvinúť aplikáciu do úplne inej funkcionality a dokonca aj domén,*
- *poskytne vývojárovi kritické know-how založené na moderných výpočtových paradigmách, čo mu umožní udržať si aktuálne informácie o svojich produktoch.*



Denný / nočný scenár
Obrazový filter
Model nočného rozpoznávania
Výber najlepšieho modelu
Nový model hlbokého učenia
Obraz
Informácie o viditeľnosti
Generovanie správy o počasí
Ovládanie kamery
Natiahnutie nového obrázku
Jednotka viditeľnosti obrazu (8 prípadov)
Panoráma
Skladanie panorámy (Hugin)
Uloženie výsledkov
Markery vybraté DL modelom
Pohľad vzdialeného pozorovateľa

Architektúra aplikácie merania dohľadnosti na letiskách

Dôležitým prvkom bezpečnosti všetkých druhov dopravy je dobrá viditeľnosť. Meranie viditeľnosti (dohľadnosti) je preto relevantnou otázkou pre leteckú dopravu počas celého letu, ale najmä vtedy, keď lietadlo manévruje na zemi alebo v jej blízkosti. Letecké nehody spôsobené zlými poveternostnými podmienkami tvoria takmer 50% všetkých prípadov a hlavnou príčinou nehôd súvisiacich s počasím je znížená viditeľnosť.. Existujú špeciálne senzory na meranie dohľadnosti na letiskách **[2]**, ale ich získanie je zvyčajne nákladné, pokrytie často nedostatočné a dokážu merať viditeľnosť len v presnom meracom bode.

Ďalší prístup k určovaniu dohľadnosti je založený na výskume diaľkového a automatického pozorovania dohľadnosti pomocou kamerových snímok **[3,4]**. Tento prístup rieši všetky vyššie uvedené problémy, požadované kamery sú lacnejšie ako dedikované snímače, dokážu pokryť väčšie prostredie a často sú už na letiskách prítomné a možno ich zadať na meranie viditeľnosti. Meranie dohľadnosti pomocou kamier zahŕňa okamžité spracovanie veľkého množstva obrazov z rôznych zdrojov s rozpoznávaním obrazu a automatizáciou procesov modelovania, ako aj s aplikáciou viacerých paralelných funkcionalít a kontrolných mechanizmov. Preto je potrebná sofistikovanejšia a vysoko flexibilná informačná infraštruktúra.

V našom systéme sú snímky z kamery základom pre vzdialeného pozorovateľa na odhad viditeľnosti pomocou referenčných bodov. V automatickej verzii sa snímky nasnímané počas dobrej viditeľnosti používajú na konštrukciu referenčných objektov. Potom počas merania systém určí, ktoré referenčné objekty sú viditeľné a ktoré nie, a na základe týchto informácií môže rozhodnúť o podmienkach dohľadnosti. Tento systém dokáže sledovať dohľadnosť podľa leteckých pravidiel pre ľudských pozorovateľov, čo je výhodnejšie ako iné ľubovoľné riešenia. Keďže rýchlosť odozvy systému závisí od kapacity základnej infraštruktúry, možno ju zvýšiť rozšírením tejto infraštruktúry. Je možné dosiahnuť frekvenciu meraní dohľadnosti jednu minútu alebo dokonca menej v kritických situáciách - a zmenou požiadaviek na frekvenciu možno ušetriť zdroje a náklady, keď nie je potrebná vysoká frekvencia.

Procesy našej aplikácie sú na obrázku. Konfigurácie kamier na snímanie obrazu cez deň a počas noci sa líšia, pretože existujú rozdiely v procese hlásenia viditeľnosti meteorologickými pozorovateľmi počas dňa a noci. Celkovo kamery napodobňujú manuálne pozorovania. Technológie použité v pôvodnej aplikácii museli byť upravené tak, aby vyhovovali infraštruktúre Function-as-a-Service, aby mohli byť spustené pomocou systému OpenWhisk **[5]**. Obrazové údaje sa získavajú pomocou štandardu ONVIF. Používateľské rozhranie je poskytované prostredníctvom webového aplikačného servera integrovaného v softvéri IMS **[6]**. Používateľské rozhranie pre IMS je vytvorené pomocou štandardov overených v odvetví: protokol HTTP/HTTPS, formáty HTML a XML, technológie JavaScript a AJAX, vďaka čomu sú vhodné na nasadenie v cloude. Systém IMS je dostupný aj cez webový prehliadač. Základný serverový softvér IMS tiež umožňuje nasadenie na okraji aj v cloude.

Literatúra

[1] Chowhan, K.: Hands-On Serverless Computing: Build, run and orchestrate serverless applications using AWS Lambda, Microsoft Azure Functions, and Google Cloud Functions, Packt Publishing, 2018, ISBN 978-1788836654.
[2] Burnham, David C., Edward A. Spitzer, Thomas C. Carty and Deborah B. Lucas, "United States Experience Using Forward Scattermeters for Runway Visual Range", Report No. DOT/FAA/AND-97/1, March 1997.
[3] Bartok, J.; Ivica, L.; Gaál, L.; Bartoková, I.; Kelemen, M. A Novel Camera-Based Approach to Increase the Quality, Objectivity and Efficiency of Aeronautical Meteorological Observations. Appl. Sci. 2022, 12, 2925. https://doi.org/10.3390/app12062925
[4] Bartok, J., Šišan, P., Ivica, L., Bartoková, I., Malkin Ondík, I., Gaál, L. Machine Learning-Based Fog Nowcasting for Aviation with the Aid of Camera Observations. Atmosphere 2022, 13, 1684. https://doi.org/10.3390/atmos13101684
[5] The Apache Software Foundation, OpenWhisk Incubation Status - Apache Incubator, available at https://incubator.apache.org/projects/openwhisk.html
[6] MicroStep-MIS, IMS4 Remote Observer, available at https://www.microstep-mis.com/drupal/web/sites/default/files/datasheets/IMS4\%20Remote\%20Observer.pdf

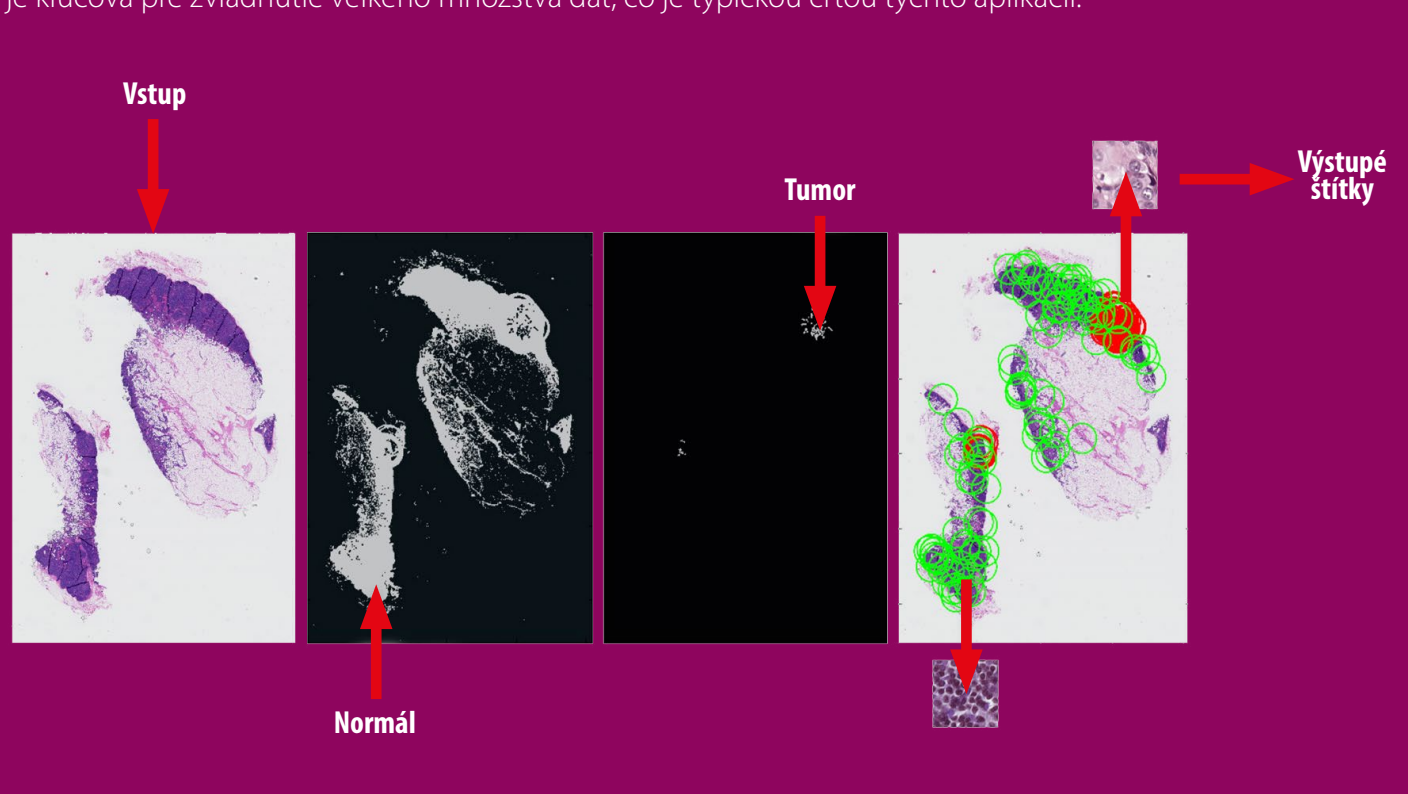
Ad 5 Diagnostika rakoviny prsníka

Zodp. riešitelia Ladislav Hluchý, Martin Bobák

Metódy AI majú výrazný dopad na rôzne sektory vrátane medicíny. Aplikácia takýchto prístupov, obzvlášť hlbokého učenia, pri analýze histopatologických snímok a využitie vysoko-výkonnej infraštruktúry na zvládnutie výpočtových a úložných požiadaviek umožňuje výrazné zlepšenie efektivity a presnosti metodológie.

Histopatológia sa zaoberá mikroskopickým vyšetrením tkanív na štúdium prejavov chorôb, ako je rakovina. Digitalizácia týchto vzoriek, známa ako Whole Slide Images (WSIs), umožňuje aplikáciu techník hlbokého učenia na automatizáciu a zlepšenie diagnostických procesov. Konvolučné neurónové siete (CNN) sú obzvlášť účinné pri analýze týchto snímok, vykonávajúc úlohy ako detekcia nádorov, segmentácia jadier a kvantifikácia mitóz. CNN siete sú trénované na identifikáciu oblastí vo WSIs, kde je pravdepodobne prítomné nádorové tkanivo, čím sa znižuje potreba manuálnej anotácie patológov a zvyšuje efektivita diagnostického procesu. Segmentácia jadier z histopatologických snímok pomáha kvantifikovať bunkové charakteristiky, ktoré sú kľúčové pre diagnostiku a pochopenie progresie chorôb. Vzhľadom na pyramídovú štruktúru WSIs sa snímky analyzujú na viacerých rozlíšeniach. Počiatočná analýza často zahŕňa filtrovanie pozadia pomocou metód ako Otsu prahovanie, po ktorom nasleduje podrobná kontrola výrezov vo vyššom rozlíšení pre presnejšiu diagnostiku.

Integrácia vysokovýkonného počítania (HPC) s hlbokým učením je nevyhnutná na zvládnutie obrovského množstva dát a výpočtového výkonu potrebného na spracovanie WSI obrázkov. HPC infraštruktúra umožňuje distribúciu údajov a výpočtových úloh na viaceré uzly, čo výrazne skracuje čas potrebný na tréning a inferenciu modelov hlbokého učenia. Dátová paralelizácia zahŕňa distribúciu datasetu na viaceré GPU (graphics processing unit) uzly, zatiaľ čo modelová paralelizácia rozdeľuje samotný neurónový model na rôzne GPU. Paralelizácia je kľúčová pre zvládnutie veľkého množstva dát, čo je typickou črtou týchto aplikácií.



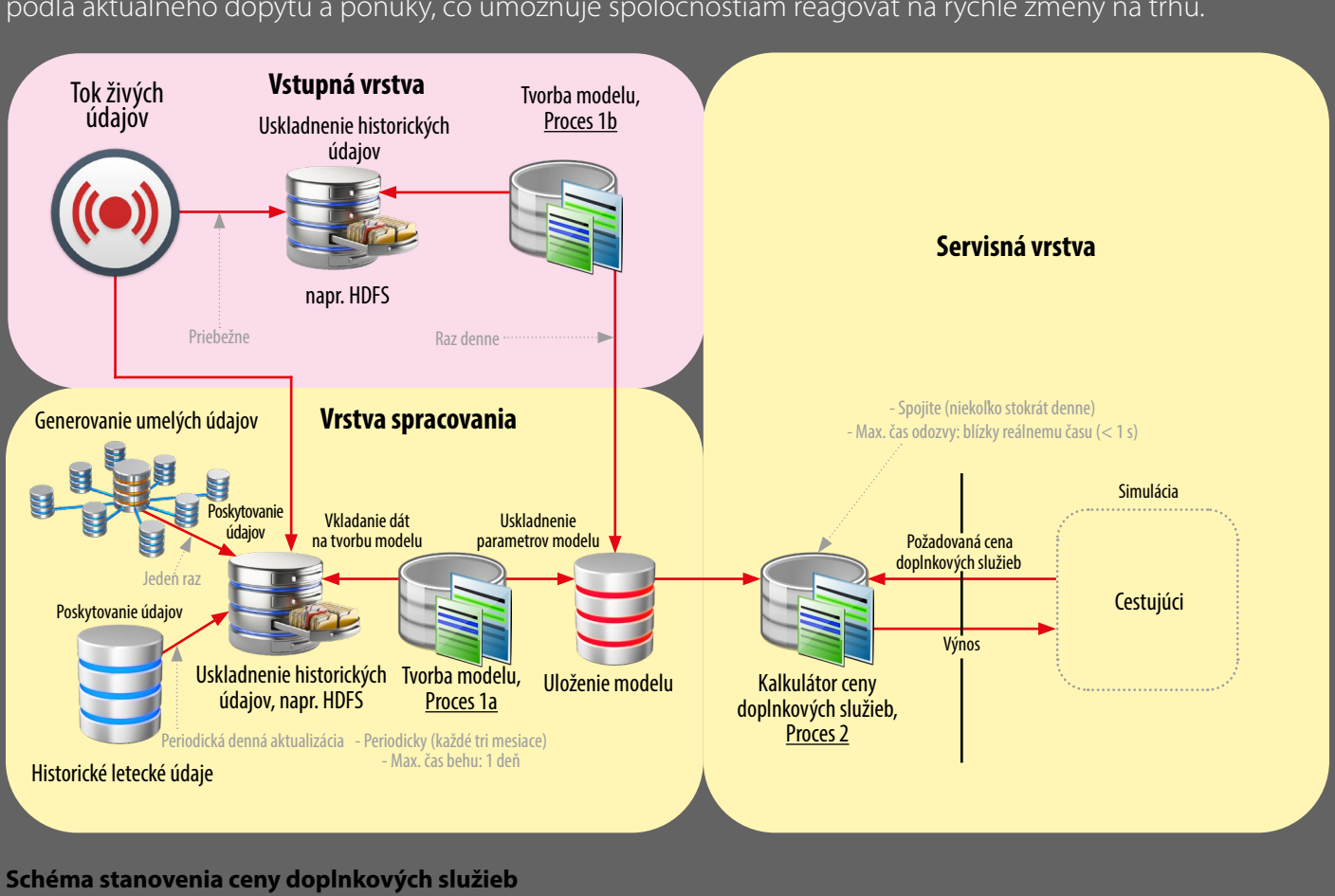
Ad 7 Optimalizácia príjmov leteckých spoločností

Zodp. riešitelia Ladislav Hluchý, Martin Bobák

Použitie AI pri riadení príjmov leteckých spoločností, konkrétne v oblasti stanovenia cien doplnkových služieb (ancillary pricing), prináša významné výhody. Ancillary pricing zahŕňa všetky dodatočné poplatky, ktoré cestujúci platia okrem základnej ceny letenky, napríklad za batožinu, výber sedadiel či prístup do salónikov. Nasadenie AI v tejto oblasti umožňuje personalizáciu ponúk a optimalizáciu cien v reálnom čase.

AI systémy dokážu analyzovať obrovské množstvo historických údajov o cestujúcich, vrátane ich predchádzajúcich nákupov, preferencií a demografických údajov. Tieto informácie sú využívané na predikciu správania zákazníkov a identifikáciu skrytých vzorcov, čo umožňuje optimalizovať ponuky a ich ceny. Pokročilé modely strojového učenia, ako sú neurónové siete a náhodné lesy, sú použité na stanovenie optimálnych cien doplnkových služieb, zohľadňujúc faktory ako sezónnosť, konkurenčné ceny a ekonomické trendy.

AI tiež umožňuje prispôsobenie ponúk jednotlivým cestujúcim na základe ich preferencií a histórie nákupov. Personalizácia zvyšuje pravdepodobnosť, že cestujúci akceptujú ponuku, čím sa zvyšuje celkový príjem leteckej spoločnosti. Okrem toho AI systémy spracovávajú údaje v reálnom čase a upravujú ceny doplnkových služieb podľa aktuálneho dopytu a ponuky, čo umožňuje spoločnostiam reagovať na rýchle zmeny na trhu.

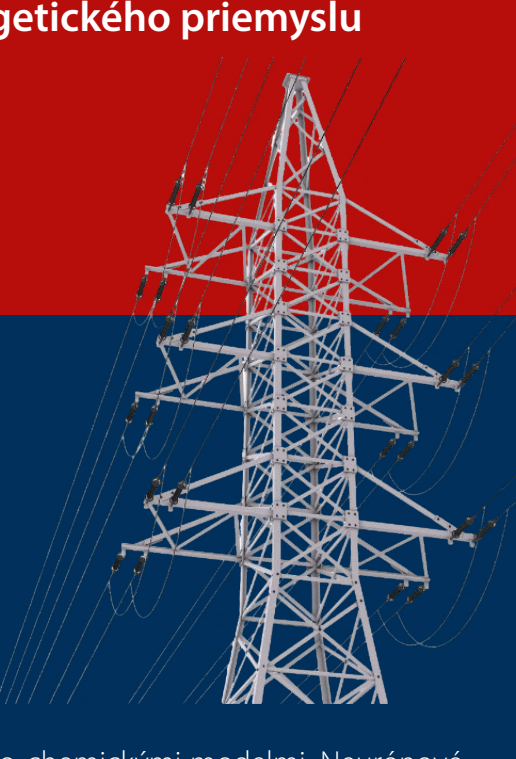


Tok živých údajov
Vstupná vrstva
Uskladnenie historických údajov
napr. HDFS
Tvorba modelu, Proces 1b
Priebežne
Raz denne
Servisná vrstva
Generovanie umelých údajov
Vrstva spracovania
Poskytovanie údajov
Jeden raz
Vkladanie dát na tvorbu modelu
Uskladnenie parametrov modelu
- Spojite (niekoľko stokrát denne)
- Max. čas odozvy: blízky reálnemu času (< 1 s)
Simulácia
Požadovaná cena doplnkových služieb
Cestujúci
Výnos
Poskytovanie údajov
Uskladnenie historických údajov, napr. HDFS
Tvorba modelu, Proces 1a
Uloženie modelu
Kalkulátor ceny doplnkových služieb, Proces 2
Periodická denná aktualizácia
- Periodicky (každé tri mesiace)
- Max. čas behu: 1 deň
Historické letecké údaje

Schéma stanovenia ceny doplnkových služieb

Ad 8 Analýza vplyvu prostredia na zariadenia energetického priemyslu metódami umelej inteligencie a cloudového počítania

Projekt APVV 20-0548
Prijímateľ: Ústav informatiky SAV, v. v. i., zodp. riešiteľ Marcel Kvassay
Riešenie: 1. 07. 2021 – 31. 12. 2023



Hlavným cieľom projektu ARIEN bol návrh a overenie inovatívnej metódy na určenie stupňa znečistenia prostredia pre potreby energetiky, využívajúc údaje Slovenského hydrometeorologického ústavu. Metóda bola založená na pokročilých technikách umelej inteligencie a v odvetví energetiky SR zatiaľ nebola využívaná. Umožnila účinne predchádzať poruchám na elektrických vedeniach 110 kV až 400 kV v dôsledku napäťových preskokov.

Použitie umelej inteligencie pre návrh metodiky bolo logickou voľbou, lebo procesy šírenia a spadu nečistôt v ovzduší a ich chemické interakcie sme nevedeli zatiaľ pre ich zložitosť uspokojivo opísať klasickými fyzikálno-chemickými modelmi. Neurónové siete však vyžadovali veľké množstvá trénovacích dát, a preto druhým cieľom projektu bolo navrhnutie metodiky na získanie dostatočne robustnej množiny syntetických dát na ich trénovanie a testovanie. Tretím cieľom projektu bol výskum a vývoj novej metódy merania znečistenia izolátorov, a to analýzou ich akustických emisií meraných bezkontaktne v blízkosti izolátorov. Pri jej vývoji boli využité skúsenosti partnera projektu VÚJE, a. s. s prevádzkou meracích systémov inštalovaných na fázových vodičoch, schopných pracovať počas prevádzky elektrických vedení. Nová metodika umožnila nahradiť zaužívaný proces podľa zrušenej normy STN 33 0405, ktorý bol logisticky, technicky i časovo náročný, novým inovatívnym postupom využívajúcim dostupné informácie spracované najmodernejšími metódami.

Stanovený plán pre výstupy a prínosy projektu považujú riešitelia za splnený. Cenným záverom je, že v dnešnej situácii, keď platia oveľa prísnejšie pravidlá pre znečisťovateľov ovzdušia, než keď bola funkčná bývalá norma ČSN 33 0405, štyri stupne znečistenia prostredia už nemajú opodstatnenie. Stupne znečistenia III a IV v zmysle tejto normy už vznikajú iba za výnimočných okolností a krátkodobo, a nepredstavujú trvalejšiu charakteristiku meranej lokality. Tieto poznatky budú využité pri aktualizácii európskej normy pre SR a projektový partner VUJE a. s. predpokladá, že sa bude na príprave tejto novej slovenskej normy aktívne podieľať. Existuje teda reálny predpoklad, že cenné vedecké poznatky a výsledky dosiahnuté v tomto projekte budú v nasledujúcich rokoch mnohostranne využité a zúročené.

Ad 10 Výskum aplikácie prostriedkov umelej inteligencie pri analýzach a klasifikácií dát hyperspektrálneho snímkovania

Projekt EF regionálneho rozvoja 313011BWC9
Prijímateľ: Technická univerzita vo Zvolene (TUZVO)
Partneri: Ústav informatiky SAV, v. v. i., zodp. riešiteľ Ladislav Hluchý a VÚJE, a. s.
Začiatok riešenia: 01.02.2022

Cieľom riešiteľov z ÚI SAV v projekte HYSPED bola príprava cloudovej infraštruktúry na zber dát a návrh modelov na báze AI na klasifikáciu druhov drevín pomocou hyperspektrálnych snímok v rámci leteckého snímkovania nadzemných elektrických vedení v lokalitách Visolaje, Sverepec, Závada a Počarová. Počas riešenia projektu bolo vykonaných 28 letov a získalo sa 15 TB dát na ďalšie spracovanie. Vstupné dáta pre klasifikačné modely boli generované riešiteľmi z TUZVO. Cloudová infraštruktúra bola reprezentovaná otvorenou softvérovou cloudovou platformou OpenStack, ktorá poskytovala 756 CPU jadier a mala kapacitu 400 TB.

Ilustračný obrázok

Výskum klasifikačných modelov bol zameraný na metódy pixelovej a objektovej klasifikácie. Kombinácia balancovaného datasetu, rozsiahlej augmentácie, zákazkovo navrhnutého modelu a rozsiahleho procesu učenia priniesla výsledné presnosti klasifikácie presahujúce 99% u všetkých, aj málo zastúpených drevín. Ďalší prístup ku klasifikácii hyperspektrálnych dát, vyvinutý v rámci projektu HYSPED, využíva osvedčený model GoogleLeNet. Incepčný modul pôvodného modelu bol vylepšený. Uvedený model sa zúčastnil v Kaggle súťaži zameranej na klasifikáciu hyperspektrálnych obrazov, konkrétne detekciu hrdze plevovej na snímkach pšenice ozimnej. Model sa umiestnil na zdieľanom druhom mieste spomedzi 27 tímov (https://kaggle.com/competitions/beyond-visible-spectrum-ai-for-agriculture-P1).

Výstupom projektu HYSPED za ÚI SAV je štúdia modelovaných závislostí v dátach a validované modely s podporou cloudovej infraštruktúry na detekciu a klasifikáciu drevín na úrovni TRL 5.

Ad 11 Umelá inteligencia v športe, Martin Šeleng, Štefan Dlugolínsky

ÚI SAV poskytol aj štúdiu možností uplatnenia AI v športe. Vyberáme z nej podstatné údaje.

Automatizované generovanie štatistík zo športových podujatí

V súčasnosti len najväčšie športové organizácie (FIFA, EUFA, ITF, F1) využívajú pokročilé technológie pre automatizované generovanie štatistických výstupov. Našim cieľom je prostredníctvom algoritmov AI, strojového učenia a počítačového videnia plne automaticky a v reálnom čase generovať pokročilé štatistické údaje, ktoré mnohé športové federácie a kluby v súčasnosti nemajú k dispozícii.

Automatizovaná analýza hry

Analýzu hry v kolektívnych športoch vykonávajú videoanalytici. Práca si vyžaduje odbornú kapacitu a špeciálne vybavenie, a aj preto sa bežne nevykonáva ani v profesionálnych kluboch. Automatizovaním a nahradením práce videoanalytika prostredníctvom systému budú dáta k dispozícii aj klubom a trénerom pre ktorých je získať tieto dôležité informácie zo zápasov v súčasnosti nereálne.

Automatizované vyhodnocovanie kvalitatívnych ukazovateľov tréningové procesu

Tréningový proces je najdôležitejšou súčasťou výchovného a rozvojového procesu mládeže. Tréningový proces je pritom len málokedy monitorovaný a následne vyhodnocovaný. Automatizovaný systém môže za pomoci algoritmov umelej inteligencie, strojového učenia a počítačového videnia plne automaticky vyhodnocovať vybrané kvalitatívne parametre tréningového procesu a tieto poskytovať trénerom a športovým manažérom v reálnom čase alebo ihneď po skončení tréningových jednotiek.

Prispôsobenie produktu špecifikám najväčších kolektívnych športov – futbal, basketbal, ľadový hokej, volejbal, hádzaná

Aktuálna verzia produktu je prispôsobená primárne ľadovému hokeju. Pre prispôsobenie produktu pre ďalšie kolektívne športy bude potrebný výskum a vývoj nových algoritmov a modelov.

Postupy splnenia úloh

Na splnenie uvedených zámerov je nevyhnutné vyriešiť čiastkové výskumné a vývojové úlohy ako napr. identifikácia vlastností objektu – hráča: ľavák, pravák, farba dresu, číslo, identifikácia individuálnych činností jednotlivca, ako držanie puku/lopty a iné. Detaily sa možno dočítať v úplnom dokumente ÚI SAV, ktorý nastolil ambiciózny program korektného zvyšovania športových výkonov, kontrastujúci so zdraviu škodlivými praktikami používania nedovolených podporných prostriedkov.

Záver

Uvedené témy zďaleka nevyčerpali program ÚI SAV v oblasti umelej inteligencie. V priebehu písania tejto štúdie sa naša verejnosť dozvedela o jeho účasti v medzinárodnom projekte Artificial intelligence for the European Open Science Cloud (AI4EOSC) financovanom EK, ktorý je zameraný na výskum nových technológií pre AI **[11].** Je to v súlade s charakteristikou ústavu, ktorú sme uviedli v úvode.

Oboznamovať verejnosť s pokrokmi v AI je nanajvýš potrebné. Táto oblasť sa stáva predmetom obáv forsírovaných katastrofickými víziami bulvárnych médií. Niet sporu o tom, že produkty AI spôsobia zmeny na pracovnom trhu. Niektoré povolania zaniknú, iné sa vytvoria. Bolo to tak už v prvej priemyselnej revolúcii, keď ludisti rozbíjali stroje, aj v informačnej revolúcii v ére masívneho nástupu počítačov. Podobne ako dnes v súvislosti s AI boli obavy, že počítače prevezmú kontrolu nad spoločnosťou. V Journal of Irreproducible Results boli publikované satirické články, ako počítače na svojich kongresoch strojili úklady ľudstvu. Arno Penzias, laureát Nobelovej za objav žiarenia kozmického pozadia, ktoré je svedkom Big Bangu, vec vybavil vo svojej famóznej knižke **[12]:**

- **Na rozdiel od počítačov, ľudský mozog vytvára idey. Počítače sú iba rýchle kalkulačky ktoré stláčajú svoje vlastné tlačidlá.**
- **Skonštruovať inteligentný počítač = pochopiť tajomstvo myslenia.**

Uvažovať preto o nejakom bode zvratu, za ktorým už bude vývoj AI pokračovať mimo ľudskej kontroly, nie je aktuálne. Naopak, možno vysloviť potešenie, že AI sa aj na Slovensku profesionálne rozvíja, a to samozrejme nielen v SAV, ale aj na univerzitách, osobitne na STU a vo výskumných ústavov.

Na základe podkladov UI SAV, v. v. i. doplnil a spracoval Š. Luby.

Literatúra

[1] https://intercedu.com/projects/eavu-articles/63.
[2] Resolution on Steering Artificial Intelligence towards Global Good, Faster Realization of Sustainable Development, GA 12588, 21. 03. 2024.
[3] A. Turing, Computing machinery and intelligence, Mind, 49, 1950, 433 – 460.
[4] H. Momose, T. Kaneko, T. Asai, Systems and circuits for AI chips and their trends, Jap. J. Appl. Phys., 59, 2020, No. 050502.
[5] Y. Wang, L. Zhang, W. Zhang, The development and application of artificial intelligence chips, IEEE International Conference on Advances in Electrical Eng. and Computer Applications (AEECA), Dalian, China, 2022, 689 – 696.
[6] E. Darney, A review on AI chip, Recent Research Reviews J., 1(1), 2022, 99 – 109.
[7] C. Cookson, Editorial, Finantial Times, 6. 9. 2018.
[8] F. Seifert, C. Fautz, Hype after hype: From bio to nano to AI, Nanoethics 15, 2021, 143 – 148.
[9] A. Etzioni, O. Etzioni, Incorporating ethics into artificial intelligence, J. Ethics, 21, 2017, 403 – 418.
[10] M. Žofčin, Pripraví nás AI do dvoch rokov o prácu? Zive.sk, 15. 3. 2024, prevzaté do Monitoringu SAV.
[11] SAV je kľúčovým hráčom v oblasti využitia UI vo vede a priemysle, Tlačová správa 29. 4. 2024, https://www.sav.sk
[12] A. Penzias, Ideas and Information, W. W. Norton & Co.,New York 1999, 228 pp.

Doc. Ing. **Ladislav Hluchý,** CSc.

je absolventom Elektrotechnickej fakulty SVŠT v Bratislave. Ako vedecký pracovník pôsobil resp. pôsobí v Ústave technickej kybernetiky SAV a jeho nástupníckych organizáciách – v Ústave počítačových systémov SAV a dnes v Ústave informatiky SAV. Posledné dva ústavy viedol ako riaditeľ. Pod jeho vedením sa obe organizácie zaradili medzi dve-tri najúspešnejšie pracoviská SAV v získavaní projektov Európskej únie vrátane projektu kategórie success story. Má za sebou 30 zahraničných projektov v 5. RP, 6. RP, 7. RP, H 2020 a HE. Je známy ako odborník pre distribuované počítanie (gridové/cloudové/computing continuum) a odvodené aplikácie. V súčasnosti je priekopníkom rozvoja umelej inteligencie na Slovensku ako aj v projektoch H 2020 a HE. Úspešne viedol 11 doktorandov. Podľa WOS publikoval vyše 160 prác a samozrejme aj kapitoly v knihách. Zapojil sa do činnosti European Grid Initiative (je členom Egi.eu Council), Institute of Electrical and Electronics Engineers a Európskej akadémie vied a umení. Je čestným profesorom Óbuda univerzity v Maďarsku. Za svoje výsledky bol ocenený doma (vedec roka za medzinárodné spoluprácu), ale aj v zahraničí.

Prof. **Štefan Luby,** DrSc.

je vedecký pracovník Fyzikálneho ústavu SAV a profesor fyziky na Slovenskej technickej univerzite v Bratislave. Venoval sa polovodičom, tenkým vrstvám kovov, silicidov a odporových materiálov, justovaniu rezistorov a spoľahlivosti integrovaných obvodov. V oblasti výskumu elektromigrácie založil vedeckú školu. V súčasnosti sa zaoberá nanovedou a nanotechnológiou so zameraním na nanočastice, multivrstvy, grafén, superkryštály a aplikácie týchto štruktúr. Venuje sa aj modelovaniu spoločenských javov, ako je migrácia obyvateľstva, šírenie chorôb a pod. pomocou fyzikálnych metód a teórií. Svoj výskum vykonával na Slovensku a na univerzitách a výskumných centrách v Nemecku, Taliansku, USA, Japonsku a Grécku. Jeho publikačná činnosť zahŕňa viac ako 400 prác, 15 kníh a kapitol, 9 patentov a 18 kníh literatúry faktu. Získal doktoráty honoris causa, ceny a medaily v Nemecku, Japonsku, Maďarsku, Českej republike a na Slovensku.