

Industry 5.0 – technológie: umelá inteligencia (7)

V tejto časti série sa zameriame na ďalší technologický koncept, ktorý tvorí jeden z pilierov Industry 5.0 [1], a to na umelú inteligenciu. Budeme sa zaoberať jej časťami podporujúcimi Industry 5.0, teda umelou inteligenciou založenou na kauzalite, schopnosťou hľadať vzťahy mimo korelácie a reagovať na nové alebo neočakávané podmienky bez nutnosti zásahu človeka, priblížime si inteligenciu roja, rozhrania mozog – stroj, informované hlboké učenie a nakoniec bezpečnú a energeticky efektívnu umelú inteligenciu [2]. Vzhľadom na fakt, že tieto časti medzi sebou často súvisia a na seba nadväzujú, budú prezentované a vysvetľované v skupinách.

Umelá inteligencia v Industry 5.0

Hneď v úvode treba poznamenať, že umelá inteligencia (UI) je interdisciplinárna veda s viacerými prístupmi, kde pokrok v strojovom a hlbokom učení vytvára zmenu paradigmy prakticky v každom odvetví technologického priemyslu. Tento pojem sa často používa pri vývoji systémov vybavených intelektuálnymi schopnosťami charakteristickými pre ľudí, ako je schopnosť uvažovať, objavovať význam, zovšeobecňovať alebo učiť sa z predchádzajúcich skúseností. UI je založená na princípe, že ľudskú inteligenciu možno definovať tak, aby ju stroj mohol ľahko napodobniť a vykonávať úlohy od najjednoduchších až po zložitejšie, a často sa využíva na uľahčenie práce v mnohých oblastiach. V mnohých smeroch zmenila spôsob navrhovania a konštruovania produktov, nakupovania či interakcie s ľuďmi.

Umelá inteligencia sa v súčasnosti vyvíja exponenciálne. Stroje, ktoré ju využívajú, pracujú efektívnejšie, presnejšie, pohybujú sa rýchlejšie a zvládajú spracovávať veľké množstvo operácií za krátky čas. Väčšina dnešných modelov UI hľadá korelácie, nie kauzalitu. V praxi to znamená, že UI dokáže hľadať v dátach opakujúce sa vzory, no nedokáže vysvetliť, prečo a ako vznikajú. Táto vlastnosť značne znižuje schopnosť UI reagovať na dáta, ktoré nie sú podobné dátam zastúpeným v tréningovej množine. Aj z tohto dôvodu často tieto techniky vyžadujú veľký počet rôznorodých tréningových dát [3]. Tiež to znamená neschopnosť reagovať na nové situácie, keď môžu aj malé odchýlky od podmienok, ktoré boli pri tréningu, vyústiť do výrazne odlišného výkonu. Aj keď aktuálne metódy môžu byť pre mnohé problémy postačujúce, segmenty ako zdravotníctvo či justícia sa nemôžu spoliehať na korelácie. Kauzálna UI, na rozdiel od jej predchodcu, dokáže zachytiť súvislosti, čo by malo viesť k lepšej adaptabilite, vysvetliteľnosti či generalizácii.

Oblasti umelej inteligencie a jej aplikácie

V súčasnosti je veľká väčšina UI systémov založená na zovšeobecňovaní znalostí z veľkého počtu pozorovaní populácie. Kým tento prístup umožňuje získať všeobecne platné znalosti, má značné problémy riešiť individualitu každého z používateľov a ľahko

preberá stereotypy a predsudky. V koncepcii Industry 5.0 sa ráta s UI, ktorá bude schopná poskytnúť čo najviac personalizovanú podporu používateľovi a odbremeniť ho. Príkladom takéhoto systému je napr. vytvorenie digitálneho dvojčaťa v medicíne, ktoré sa snaží o personalizovanú diagnostiku chorôb. Táto UI by tiež mala byť schopná dosiahnuť schopnosti človeka pri úlohách jej zverených, no tohto človeka má podporovať a dopĺňať, nie nahradiť. Na interakcie medzi používateľom a UI môžu byť použité rôzne prostriedky, napríklad aj rozhranie mozog – stroj (obr. 11).

V súčasnosti spočíva hlboké učenie na prístupe založenom na dátach, vďaka ktorému dokáže po natrénovaní reagovať na nové vstupy poskytovaním optimálneho výstupu na základe predtým získaných poznatkov. Tieto informácie založené na dátach by mnohokrát bolo vhodné doplniť alebo dokonca obmedziť pomocou expertných znalostí. Takéto expertné znalosti by dokázali pomôcť pri nedostatku dát alebo naopak v prípade, že by sme chceli zabrániť tomu, aby sa neurónová sieť naučila nežiaduce korelácie (napr. korelácia medzi rozdelením tried pre daného doktora a jeho spôsobom ukladania L a R značiek na RTG snímkach). V tomto kontexte sa objavuje



Obr. 11 Rozhranie mozog – stroj [4]



Obr. 12 Autonómne drony pri aplikácii postreku [9]

trend, keď sú prístupy založené výhradne na dátach dopĺňané o formálne reprezentácie znalostí [5]. Tými môžu byť okrem iného logické pravidlá, algebraické rovnice alebo znalostné grafy rozširujúce neurónové siete o informácie o vzťahoch medzi inštanciami [6], čo môže zlepšiť napr. výsledok pri klasifikácii obrazu [7]. Informované hlboké učenie, najmä jeho podmnožina fyzikálne informované hlboké učenie, nachádza uplatnenie aj v priemysle, najmä pri modelovaní a predikcii vo výrobných systémoch [7].

Inou metódou UI je inteligencia roja často spájaná s rojmi autonómnych robotov. Označuje kolektívne správanie decentralizovaných systémov, napríklad zoskupenia autonómnych vozidiel, ktoré interagujú medzi sebou a prostredím, v ktorom sa nachádzajú. Napriek tomu, že nad takouto skupinou nemusí existovať entita, ktorá by ju riadila, spomínané interakcie vedú k vzniku inteligentného správania. Metódy využívané v inteligencii roja sú často biologicky inšpirované. Príkladom môže byť algoritmus hľadania vrany, ktorý simuluje správanie pri ukrývaní a pamätaní si umiestnenia úkrytu jedla [7]. Vrany sa navzájom sledujú, aby získali lepšiu potravu. Ak vrana zistí, že ju sleduje iná vrana, snaží sa ju oklamať tým, že sa presunie na iné miesto v prostredí. Z hľadiska optimalizácie sú vrany prehľadávače, prostredie je prehľadávaný priestor, každá pozícia prostredia zodpovedá uskutočniteľnému riešeniu, kvalita zdroja potravy je cieľom (fitness funkcia) a najlepší zdroj potravy v prostredí je globálne riešenie problému. Na základe týchto podobností sa algoritmus hľadania vrany pokúša simulovať inteligentné správanie vrán pri hľadaní riešenia optimalizačných problémov [8]. Inteligencia roja nachádza uplatnenie v priemysle, stavebníctve alebo v poľnohospodárstve (obr. 12), kde sú využívané na autonómnu inšpekciu, monitorovanie, ošetrovanie rastlín.

S používaním UI prichádzajú aj obavy o súkromie a bezpečnosť dát, ktoré je nutné pravidelne spracovávať. V reakcii na tieto obavy sa začali využívať paradigmy, ako je federatívne učenie dovoľujúce trénovať modely UI decentralizovane, bez zhromažďovania dát na jednom mieste [10]. Nasadenie pokročilých neurónových sietí, akými sú napríklad hlboké neurónové siete, je však náročné na zariadeniach s obmedzeným výkonom, pamäťou a dostupnou energiou. Okrem toho tieto systémy si musia zachovať funkčnosť pri rôznych bezpečnostných hrozbách. Preto sa pristupuje k radu optimalizačných techník, akými sú optimalizácia modelov neurónových sietí a hardvéru, na ktorom majú byť nasadené. Na optimalizáciu sietí sa často používajú techniky kompresie, obzvlášť pruning, kvantovanie a delenie dát, ktoré sa považujú za veľmi účinné na zníženie pamäťovej stopy modelov, ako aj na zníženie počtu potrebných výpočtov na jednu inferenciu. V prípade hardvéru treba vykonať optimalizáciu v rámci celej architektúry, najmä pamätí mimo čipu (DRAM) aj na čipe (buffer), prípadne nasadením špecializovaných obvodov na prácu s algoritmi UI (TPU či GPU s podporou CUDA). V poslednej dobe sa na hrane siete začínajú objavovať práve zariadenia vybavené takýmito obvodmi ako Jetson Nano či Google Edge TPU [11]. Inými možnosťami optimalizácie sú približné počítanie, ktoré však prináša zníženie kvality výstupu, prípadne optimalizácie uskutočňované počas behu, ako napr. dynamické škálovanie napätia a frekvencie [12].

Záver

Táto časť série uviedla pojem UI, najmä umelé neurónové siete, hlboké učenie a inteligenciu roja a jej aplikácie ako jednu z podporujúcich technológií v Industry 5.0. Nasledujúca časť série bude venovaná oblastiam energetickej efektívnosti a dôveryhodnej autonómie ako ďalším technológiám podporujúcim Industry 5.0.

Podakovanie

Táto publikácia vznikla s podporou grantu VEGA EDEN – EDge-Enabled inteligentné systémy (VEGA/1/0480/22).

Referencie

- [1] ZOLOTOVÁ, Iveta – KAJÁTI, Erik – POMŠÁR, Ladislav: Industry 5.0 – koncept, technológie, ciele (1). In: ATP Journal, 2021, roč. 28, č. 11, s. 42 – 43.
- [2] Research and innovation. Enabling Technologies for Industry 5.0. In: European Commission 2020. [online]. Dostupné na: https://ec.europa.eu/info/publications/enabling-technologies-industry-50_en.
- [3] SUBBASWAMY, Adarsh – SARIA, Suchi: From development to deployment: dataset shift, causality, and shift-stable models in health AI. In: Biostatistics, 2020, 21, 2, pp. 345 – 352. DOI: 10.1093/biostatistics/kxz041.
- [4] Emotiv. The Introductory Guide to BCI (Brain-Computer Interface). In: Emotiv 2022. [online]. Dostupné na: <https://www.emotiv.com/bci-guide/>.
- [5] ZAPPONE, Alessio et al.: Model-aided wireless artificial intelligence: Embedding expert knowledge in deep neural networks for wireless system optimization. IEEE Vehicular Technology Magazine, 2019, 14.3: 60 – 69. DOI: 10.1109/MVT.2019.2921627.
- [6] MARINO, Kenneth – SALAKHUTDINOV, Ruslan – GUPTA, Abhinav: The more you know: Using knowledge graphs for image classification. arXiv preprint arXiv:1612.04844 2016. DOI: 10.1109/CVPR.2017.10.
- [7] VON RUEDEN, Laura et al.: Informed Machine Learning – A Taxonomy and Survey of Integrating Knowledge into Learning Systems. arXiv preprint arXiv:1903.12394 2019. DOI: 10.1109/TKDE.2021.3079836.
- [8] HUSSIEN, Abdelazim G. et al.: Crow search algorithm: theory, recent advances, and applications. IEEE Access, 2020, 8: 173 548 – 173 565. DOI: 10.1109/ACCESS.2020.3024108.
- [9] Episci. Swarmsense: Intelligent UAV Swarms. 2022. [online]. Dostupné na: <https://www.episci.com/product/swarmsense/>.
- [10] PAPCUN, Peter – MIČKO, Kristian – KAJÁTI, Erik: Industry 5.0 – technológie: bezpečný prenos, ukladanie a analýza údajov (6). In: ATP Journal, 2022, roč. 29, č. 4, s. 52 – 53.
- [11] POMŠÁR, Ladislav – BRECKO, Alexander – ZOLOTOVÁ, Iveta: Brief overview of edge ai accelerators for energy-constrained edge. SAMI Conference 2022.
- [12] SHAFIQUE, Muhammad – MARCHISIO, Alberto – PUTRA, Rachmad Vidya Wicaksana – HANIF, Muhammad Abdullah: Towards Energy-Efficient and Secure Edge AI: A Cross-Layer Framework. In: ICCAD. DOI: 10.48550/arXiv.2109.09829

Ing. Dušan Herich
Ing. Alexander Brecko
Ing. Ladislav Pomšár

Technická univerzita v Košiciach
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra kybernetiky a umelej inteligencie
Centrum inteligentných kybernetických systémov
<http://ics.fei.tuke.sk>