

Motto:

„Jeden z klíčových faktorů, který bude mít dopad na naši společnost v nadcházejících letech, je umělá inteligence. Proto je důležité, abychom si uvědomili její potenciál a výzvy, které s sebou přináší. Musíme si položit otázku, jak můžeme využít umělou inteligenci ku prospěchu našeho státu, našich občanů a naší ekonomiky, ale zároveň zajistit, aby byla využívána odpovědně a s ohledem na etiku a soukromí,“

Petr Fiala, premiér ČR, 13.5.2023

Výzkum umělé inteligence v ČR

Stav a perspektivy

Shrnutí (Executive summary)

- Umělá inteligence (AI) bude v příštích desetiletích určovat podobu vědy, technologií, průmyslu a společnosti. Výzkum a inovace v oblasti umělé inteligence a souvisejících oborech položí základy pro nové produkty, aplikace a trhy. Země se silným know-how v této oblasti budou mít značnou výhodu. Česká republika má v umělé inteligenci a souvisejících oblastech **vynikající výzkum, což představuje obrovskou příležitost pro český průmysl, ekonomiku a společnost.**
- Klíčové výzkumné podoblasti AI, kde české instituce zaujímají přední pozice v Evropě, zahrnují **strojové uvažování, počítačové vidění, robotiku a jazykové a řečové technologie.** Dynamicky se rozvíjí řada dalších oblastí jako optimalizace, plánování a teorie her, kde máme potenciál předních pozic dosáhnout. Výraznou stopu mají i **generativní technologie.** Na technických univerzitách, na MU a UK a v několika ústavech AV ČR fungují vědecké týmy vybavené náležitou infrastrukturou, přinášející v umělé inteligenci vědecké a aplikační výsledky, často ve spolupráci s českými a zahraničními firmami. Podařilo se také do ČR přitáhnout vynikající vědce ze zahraničí.
- K významným aplikačním oblastem v Česku patří **průmyslová výroba (Průmysl 4.0) a kybernetická bezpečnost.** Další oblasti zahrnují energetiku, logistiku, zdravotnictví nebo biotechnologie a také zcela nová odvětví průmyslu založená na umělé inteligenci jako jsou dialogové a řečové systémy nebo generativní technologie. V Česku vznikají úspěšné startupy zaměřené na AI.

- Národní strategii pro umělou inteligenci (NAIS) přijala česká vláda v roce 2019. **Jasná dlouhodobá podpora AI výzkumu ale v implementaci národní AI strategie zatím chybí.** Dlouhodobé financování výzkumných týmů v oblasti AI prakticky neexistuje a reálně hrozí, že špičkoví AI vědci odejdou do zahraničí. To je alarmující, protože všechny technologicky vyspělé země, od Spojených států, Kanady, Velké Británie, Francie až po Izrael, ukazují zcela jasným způsobem, že státní podpora výzkumu v oblasti AI není podporou, ale investicí, která bude zásadním způsobem ovlivňovat ekonomickou prosperitu země v příštích desetiletích. **Pokud nebudeme reagovat, hrozí, že Česko bude dramaticky zaostávat v této technologické revoluci za ostatními zeměmi v Evropě a ve světě.**

- Je v zájmu prosperity naší společnosti zachránit současnou situaci. Navrhujeme proto následující kroky inspirované úspěšnými AI strategiemi v zahraničí a zejména Kanadou, která patří mezi světovou AI špičku:

1. **Aktualizovat NAIS podle světových standardů** v souladu s potřebami transformace české společnosti a ekonomiky a ve spolupráci s českou vědeckou AI komunitou.
2. **Vytvořit dedikovaný AI institut podle úspěšných vzorů v zahraničí**, který bude, s horizontem alespoň **10 let**, koncentrovat špičkovou vědu v oblasti AI v Česku, bude fungovat jako katalyzátor inovací a transferu výsledků do praxe.
3. **Vytvořit program AI Chairs**, který bude dlouhodobě, s horizontem alespoň **10 let**, přivádět do České republiky a udržovat v ní špičkové AI vědce s výraznou zahraniční zkušeností.
4. Vytvořit dlouhodobý „**program národního zájmu**“ zaměřený na AI, spravovaný TA ČR a orientovaný na transfer, inovace a celospolečenské dopady nových AI technologií.
5. **Podpořit klíčové výzkumné infrastruktury** v oblasti AI jako je superpočítač Karolína (IT4I) nebo Testbed pro Průmysl 4.0; dále rozšířit výpočetní a datové kapacity pro AI.

Výše uvedené kroky jsou navzájem provázané a mají potenciál posunout AI inovace v Česku na kvalitativně novou úroveň díky koncentraci investic do špičkové vědy a transferu jejích výsledků.

1. Umělá inteligence jako příležitost pro Česko

Umělá inteligence (AI) bude v příštích desetiletích určovat podobu vědy, technologií, průmyslu a společnosti. Bude hrát klíčovou roli při řešení výzev jako je změna klimatu, stárnutí populace nebo šíření dezinformací. Výzkum a inovace v oblasti umělé inteligence a souvisejících oborech položí základy pro nové produkty, aplikace a trhy. Země se silným know-how v této oblasti budou mít značnou výhodu. Naopak země, které tuto příležitost propásnou, budou tuto ztrátu velmi těžce dohánět, a je možné, že už ji nikdy nedoženou. Česká republika má v umělé inteligenci a souvisejících oblastech **vynikající výzkum, což představuje pro Česko obrovskou příležitost**.

O kvalitě českého výzkumu v oblasti umělé inteligence svědčí i tato fakta: mezi deseti nejlepšími českými vědci v oblasti Computer Science je podle rankingu research.com 7 z oblasti AI: Matas (371. na světě v CS, zcela jistě mnohem výše v AI), Šivic, Burget, Pajdla, Mikolov, Hajič a Sattler. Instituce z ČR se účastní v 5 ze 7 EU center excellence v AI a robotice, a to včetně koordinačního centra VISION (hlavně ČVUT, ale i MFF UK a VUT Brno). **ČVUT je podle CSRankings 5. nejlepší evropská výzkumná organizace v počítačovém vidění a 6. nejlepší v robotice**¹, podle počtu publikací v předních konferencích v daných oborech za posledních 10 let. Tři z pěti nejlepších systémů strojového uvažování na světě (podle Stanford AI zprávy 2021, str. 74²) jsou spoluvyvíjeny na ČVUT. **VUT v Brně bylo nedávno zařazeno mezi 5 nejvlivnějších organizací v oblasti zpracování řeči na světě**³. **MU je v první světové dvacítky v oboru logika a verifikace**⁴. Čeští vědci získali v oborech AI řadu prestižních projektů včetně 3x ERC, 3x ERC-CZ, 3x EXPRO, 3x Junior Star a spolupracují s nejlepšími výzkumnými pracovišti v Evropě a na světě, včetně například ETH Zurich, Massachusetts Institute of Technology, nebo University of Oxford. Podařilo se také do ČR přitáhnout vynikající vědce ze zahraničí. V současné době fungují na technických univerzitách, na MU a UK a v několika ústavech AV ČR vědecké

¹ <http://csrankings.org/#/index?vision&europe> a <https://csrankings.org/#/index?robotics&europe>

² https://aiindex.stanford.edu/wp-content/uploads/2021/03/2021-AI-Index-Report_Master.pdf

³ <https://www.vut.cz/en/but/news-f19528/but-is-among-world-s-five-best-institutions-in-the-field-of-speech-recognition-d21240>

⁴ <https://csrankings.org/#/index?log&world>

týmy, vybavené náležitou infrastrukturou, přinášející vědecké a aplikační výsledky v nejrůznějších disciplínách AI (podrobnější popis je níže v sekci 2). AI týmy na českých institucích jsou v mnoha případech silně mezinárodní, např. skupiny zpracování řeči na VUT nebo počítačového vidění na ČVUT čítají 10 i více národností.

Tato expertiza v oblasti umělé inteligence má také **výrazný potenciál dopadu na ekonomiku a průmysl**, jak ukazují následující příklady. V oblasti počítačového vidění vznikl start-up **Rossum.ai**, který má nakročeno se stát českým AI jednorozčcem, podobně jako **Resistant.AI** nebo v oblasti strojového učení **Equilbre Technologies** nebo **Blindspot.AI**, který se stal součástí velké české IT společnosti **Adastra Group**. Výzkumné a vývojové centrum v oblasti autonomního řízení má v ČR globální firma **Valeo**. Výzkumnou laboratoř ve stejné oblasti má na ČVUT **Toyota**. Čeští vědci vyvíjejí nové AI nástroje pro utváření a řízení trhu s cenově dostupnou energií (s českým národním dodavatelem energie **ČEZ** a společností **Next Kraftwerke** – jednou z největších virtuálních elektráren v Evropě), nebo vyvíjejí nové AI nástroje pro navrhování léků na neurodegenerativní onemocnění (společně s **Alzheon** a Mezinárodním centrem pro výzkum neurodegenerativních poruch). Průkopníkem rozvoje AI pro kyberbezpečnost je původně česká firma AVAST, dnes součást největší firmy pro uživatelskou kyberbezpečnost na světě **Gen Digital**, s globální technologickou centrálou v Praze a více jak 1000 zaměstnanci v ČR). Umělá inteligence vytváří také zcela nová odvětví ekonomiky – nový průmysl založený na umělé inteligenci – kde v oblasti zpracování přirozeného jazyka patří **Phonexia**, která vznikla při VUT v Brně, ke globálním lídrům v oblasti identifikace mluvčího v mluvené řeči, v oblasti překladu pak dnes již globální **Phrase** (dříve **MemSource**), nebo v oblasti komunikace textové i řečové firma **MamaAI**. V oblasti generativních modelů s českými vědci spolupracují firmy **Google** a **Adobe**. Je zřejmé, že o výsledky českého výzkumu v AI je mimořádný zájem, zejména ze strany zahraničních firem a partnerů.

Postupně se rozvíjí i výzkum zaměřený na společenské dopady AI. Za podpory čtyř institucí (Ústav státu a práva AV ČR, Filosofický ústav AV ČR, Ústav informatiky AV ČR a Přírodovědecké fakulty UK) vzniklo **Centrum Karla Čapka** sdružující zájemce o tuto problematiku.

Komunita vědců v oblasti AI je na celostátní úrovni organizována v AICZECHIA. Tato organizace je zapojena prostřednictvím svých členů – fellows – do mezinárodních aktivit včetně spolupráce s hlavními evropským organizacemi pro AI, CLAIRE a ELLIS. Její členové mají vynikající napojení a zkušenosti ze zahraničí. AICZECHIA byla v září 2022 poprvé přizvána na jednání Výboru pro AI, který řídí Ministerstvo Průmyslu a obchodu (MPO) a který zodpovídá za naplňování Národní strategie pro umělou inteligenci (NAIS). Důležitými propojovateli mezi vědeckou sférou, vzdělávacími institucemi ale i lokálním průmyslem a společností jsou spolky **Prg.ai** a **Brno.ai**.

Národní strategii pro umělou inteligenci NAIS přijala česká vláda v roce 2019. Vědecká komunita očekávala, že výzkum v oblasti umělé inteligence bude nejen náležitě, ale dokonce s určitými prioritami podpořen. Nestalo se tak. **Jasná dlouhodobá podpora AI výzkumu v implementaci národní AI strategie zatím chybí.** V současné chvíli dlouhodobější financování výzkumných týmů v oblasti AI prakticky neexistuje. Současný stav je ve skutečnosti horší než v roce 2019. To je alarmující, protože umělá inteligence se stává doslova hybnou silou moderní společnosti, výrobní silou nabývající na významu při nedostatku pracovních sil a drahých energií. Všechny technologicky vyspělé země, od Spojených států, Kanady, Velké Británie, Francie až po Izrael, ukazují zcela jasným způsobem, že státní podpora výzkumu v oblasti AI není podporou, ale investicí, která bude zásadním způsobem ovlivňovat ekonomickou prosperitu země v příštích desetiletích.

V tomto dokumentu ukazujeme, že díky dlouhodobým investicím v posledních 40 letech a zejména v posledních 10 letech je **český výzkum v oblasti AI ve výborné kondici**, připraven přispět k řešení závažných otázek dneška. Nemá ale v porovnání se zbytkem Evropy a vyspělého světa dostatečné a

dlouhodobé financování. To může vést k rychlé ztrátě výzkumného potenciálu i ztrátě významné vědecké podpory při transformaci naší společnosti. Stejně tak Česku chybí prostředky pro zvyšování objemu špičkového vědecké výkonu a to především vytváření míst pro nejlepší odborníky ze zahraničí.

Věříme, že výše uvedený citát premiéra bude znamenat začátek zásadního obratu a podaří se tuto výbornou příležitost pro Česko využít. Česká vědecká komunita je připravena ke spolupráci.

2. Současný stav AI výzkumu v ČR

Popis současného stavu AI výzkumu v ČR je rozdělen do následujících sekcí:

2.1 Principy umělé inteligence a počítačové vidění

2.2 Robotika a Průmysl 4.0

2.3 Jazykové a řečové technologie

2.4 Kybernetická bezpečnost

Popis se soustřeďuje na oblasti, kde české instituce zauímají přední pozice v Evropě, jako jsou **strojové uvažování, počítačové vidění, robotika a řečové technologie**, ale zahrnuty jsou i další oblasti jako optimalizace, plánování a teorie her, kde je potenciál předních pozic dosáhnout. Z aplikačních oblastí jsou zahrnuté **Biotechnologie a zdravotnictví**, popsané v sekci 2.1, **průmyslová výroba (Průmysl 4.0)**, popsaná v sekci 2.2, a **kybernetická bezpečnost**, popsaná v sekci 2.4. Všechny tyto oblasti patří k významným aplikačním oblastem v ČR. **Generativní technologie**, kde má ČR také významnou stopu, jsou popsány v sekcích 2.1 (obraz) a 2.3 (jazyk).

Česká republika jako evropský hub umělé inteligence. Česká republika je již nyní velmi dobře napojena na evropský a mezinárodní ekosystém AI. České výzkumné instituce (ČVUT, VUT a UK) jsou součástí evropských sítí pro AI, konkrétně Konfederace laboratoří pro výzkum umělé inteligence v Evropě (CLAIRE) a Evropské laboratoře pro strojové učení a inteligentní systémy (ELLIS). Účastní se 5 ze 7 center EU excellence v AI. ČVUT má také významnou roli v nově vznikajícím evropském centru excellence umělé inteligence pro udržitelnost ("ELIAS: European Lighthouse of AI for Sustainability"), kde vede úlohu "Building up the European lighthouse in Sustainable AI" - vytvoření distribuovaného evropského centra excellence v udržitelné AI. Organizace **Prg.ai** a **Brno.ai** výrazně pomáhají vytvoření uceleného AI ekosystému propojením vědecké komunity, firem, státních institucí a veřejnosti.

Česká republika má také výbornou výpočetní a experimentální infrastrukturu. Umělá inteligence je náročná na výpočetní kapacitu. V ČR funguje **superpočítač Karolína na IT4Innovations (VŠB-TUO)**, který se řadí mezi nejvýkonnější superpočítače v Evropě⁵, a českou AI komunitu výrazně podporuje formou dedikovaných výzev na výpočetní výkon⁶. V oblasti robotiky a průmyslové výroby funguje distribuovaný **Testbed pro Průmysl 4.0 (ČVUT Praha, VUT Brno, VŠB Ostrava)** vybudovaný z prostředků EU nákladem 49 mil. EUR, který podporuje AI inovace ve výrobním průmyslu po celé ČR a který je zapojen do evropského programu "Testing and experimentation facilities for AI (TEF)"⁷ financovaného Digital Europe v projektu "AI-MATTERS - AI MANufacturing Testing and experimenTation network For EuROpean industrieS"⁸. V Evropě jsou jen čtyři TEF projekty. Vedle AI-MATTERS v průmyslové výrobě jsou to projekty v oblastech zdraví (TEF-Health), zemědělství (agrifoodTEF) a chytrých měst (Citcom.AI).

⁵ V době instalace v roce 2021 se podle výkonu celosvětově umístil na 69. pozici, v Evropě drží 19. příčku a v žebříčku Green500 energeticky nejúčinnějších superpočítačů obsadil skvělé 8. místo.

⁶ Např: <https://www.it4i.cz/en/for-users/open-access-competition/special-call-gpu-testing-and-benchmarking>

⁷ <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/activities/testing-and-experimentation-facilities>

⁸ https://www.vut.cz/vav/projekty/detail/34587?aid_redir=1

AI transfer a inovace v České republice. Transferu know-how a inovacím je AI komunitou věnována mimořádná pozornost. Rozvinulo se několik forem spolupráce:

- a) **Přímá spolupráce formou smluvního nebo kolaborativního výzkumu s globálními firmami** (Google, Microsoft, Airbus, Adobe, Siemens, Škoda Auto, Valeo, Lego, NTT, aj.) na řešení konkrétních problémů na hranici základního a aplikovaného výzkumu. Osvědčila se i forma průmyslového PhD (Valeo nebo Naver Labs) a společných laboratoří (např. s firmami Toyota, Avast a CISCO na FEL ČVUT nebo Rockwell Automation či Eaton na CIIRC ČVUT).
- b) **Spolupráce v rámci kolaborativního výzkumu**, ať již v projektech EU, USA (DARPA, IARPA) nebo projektech národních. Právě zde je prostor pro transfer do malých a středních českých firem. Významnou pozitivní roli zde mělo Národní centrum kompetence TA ČR „Kybernetika a umělá inteligence“, které však koncem roku 2022 ztratilo financování a zaniklo.
- c) **Vytváření start-upů a spin-offů** má dlouholetou tradici – nicméně jenom malé procento start-upů je úspěšné u investorů (například Cognitive Security, Resistant.AI, Equilibre Technologies, Capturing Reality či perspektivně má nakročeno Rossum.ai). Řada z nich se postupně přeměňuje v úspěšné malé či střední české firmy (Phonexia, MamaAI, Camea, SpeechTech, Geneea, Phrase, Trix Connections a další) nebo se stávají součástí velkých českých IT firem (Blindspot.AI). To není špatná strategie, zejména pokud se tyto firmy dokáží postupně prosadit na mezinárodním trhu. A tam by měly za podpory výzkumných organizací směřovat.
- d) Inovace jsou podporovány osvětovými a zprostředkovatelskými **centry pro transfer a inovace**, jako je např. Národní centrum Průmyslu 4.0 či systém EDIHů, které se pozvolna rozvíjejí na ČVUT, VUT a VŠB. Hodně očekáváme od EDIHů jako vhodného nástroje pro podporu inovací v oblasti AI zejména díky otevřenosti a interdisciplinaritě aktivit.
- e) **Licence a patenty** nejsou zatím ve větším měřítku aplikovány, a to zejména díky administrativní a legislativní náročnosti – jednotlivé výzkumné organizace se teprve teď snaží budovat podpůrné instituce a s těmi jsme připraveni spolupracovat.

Většina aktivit transferu know-how a inovací v oblasti AI je financována metodou „time and material“. Chybí odpovídající podpora pro realizaci procesů výrazně lépe zhodnocujících přidanou hodnotu, a proto tyto procesy transferu znalostí mají zatím minoritní objem. Zde nás ještě hodně práce čeká.

2.1 Stav výzkumu: principy umělé inteligence a počítačové vidění

Výzkum metod umělé inteligence a počítačového vidění má v ČR nejen dlouhodobou tradici, ale dosahuje špičkových výsledků světové úrovně.

Počítačové vidění. ČVUT patří mezi **5 nejlepších institucí v Evropě** v této oblasti podle CSRankings⁹. K dalším významným úspěchům patří tři „test of time awards“ (J. Šivic: 2x Helmholtzova cena, Longuet-Higginsova cena) a tři „best paper awards“¹⁰, což jsou nejprestižnější ocenění v oboru (T. Pajdla). Jsou tu řešitelé prestižních grantů **ERC Starting** a **ERC Advanced** (J. Šivic), **ERC CZ** (O. Chum), **GAČR Junior Star** (Z. Kukelová, G. Toliás), **GAČR EXPRO** (T. Sattler) množství (10+) evropských projektů. J. Matas patří k nejcitovanějším odborníkům v oblasti počítačového vidění a strojového učení na světě. M. Čadík (VUT) získal prestižní Marie-Curie Fellowship. Je dosahováno špičkových

⁹ <http://csrankings.org/#/index?vision&europe>

¹⁰ Marr Prize Best Paper Honorable Mention na konferenci ICCV 2019; Marr Prize Best Paper Honorable Mention na konf. ICCV 2021 a Best Paper Award na konferenci CVPR 2022. Odpovídají obvykle 3-5 nejlepším příspěvkům na konferenci mezi 5000-8000 přihlášenými příspěvky.

výsledků světové úrovně v oblastech 3D rekonstrukce, vizuální lokalizace, robustních a spolehlivých algoritmů počítačového vidění použitelných v oblastech vyžadujících dlouhodobý provoz v měnících se podmínkách, jako jsou například autonomní robotické systémy, samoříditelné automobily a rozšířená realita; dále například techniky vyhledávání v obrazových databázích nebo dohledových datech z jedné i více kamer; a učení velkých neuronových (angl. "foundation") obrazovo-jazykových modelů. ZČU (L. Pícek) vyhrává mezinárodní soutěže v oblasti identifikace druhů a ochrany živé přírody a společně s ČVUT (J. Matas) připravují projekt v této oblasti s předními světovými pracovišti (Caltech a MIT, USA).

Generativní AI. Čeští vědci spolupracují v této oblasti s firmami **Google** (D. Sýkora), **Adobe** (D. Sýkora, M. Čadík, J. Šivic) a **NVIDIA** (D. Sýkora), které patří v této oblasti ke světové špičce. Jde například o vývoj generativních modelů s možností explicitní kontroly výstupního obrazu. Naopak AV ČR ÚTIA vyvíjí metody detekce "fake news" (EU projekty PROVENANCE a VIGILANT).

Strojové uvažování a strojové učení. ČVUT patří k nejlepším světovým institucím v oblasti strojového uvažování. Tři z pěti nejlepších systémů strojového uvažování jsou spoluvyvíjeny na ČVUT¹¹, kde ČVUT je hlavním vývojářem systémů ENIGMA a MaLAREa a spoluvyvíjí systém Vampire. Tyto systémy pravidelně vyhrávají mezinárodní soutěže¹². Významnou podporou byly granty **ERC Consolidator** (J. Urban) a **ERC-CZ** (M. Janota). Podářilo se také přivést ze zahraničí hvězdu světového formátu, **T. Mikolova**, který patří v oblasti strojového učení k nejcitovanějším osobnostem. Další špičkoví čeští vědci jsou stále v zahraničí: **L. Zdeborová** (EPFL, ERC Starting) a **S. Fořt** (PhD Stanford, start-up Anthropic v USA). V oblasti aplikací jde o verifikaci chytrých kontraktů a spolehlivosti softwaru; dále například o výsledky v oblasti vysvětlitelnosti modelů strojového učení (Trustworthy AI); dlouhodobého učení bez učitele, emergentní inteligence a teoretických základů učení neuronových sítí.

Optimalizace pro AI, plánování a teorie her. Mezi významné výsledky patří: ocenění za nejlepší příspěvek na konferenci CVPR 2022 (CORE A*, vybrán z více než 8000 podaných příspěvků) za kombinaci optimalizace a strojového učení pro řešení obtížných minimálních problémů; vítězství v soutěži Optimal Tracks of International Planning Competitions (2008, 2014, druhé místo v roce 2018); Honorable Mention Outstanding Paper Award na konferenci AAAI-2022 (CORE A*, vybrán z více než 9000 podaných příspěvků); Influential Paper na konferenci ICAPS (CORE A*); a oceněná AI metoda Deepstack hrající Poker publikovaná v prestižním časopise **Science**, spoluvyvinutá na ČVUT a UK (viz deepstack.ai). R. Barták (UK) byl nominován **EurAI Fellow** za mimořádný a dlouhodobý přínos ve výzkumu umělé inteligence a za službu evropské AI komunitě.

Aplikace a dopady. Úspěšný aplikovaný výzkum probíhá na ČVUT, VUT, ZČU, TUO-VŠB, UI AV, ÚTIA AV ČR, MU a OU s desítkami aplikací v malých, středních i velkých podnicích i v klinické praxi, včetně nových startupů a spolupráce s významnými zahraničními firmami. Příklady jsou 24 VISION, AVAST/Gen Digital, Bosch, Capturing Reality (start-up převzatý EPIC Games), CAMEA (spin-off VUT), Certora, CertiCon, CISCO, ČEZ, ČHMÚ, IBM, IKEM, MEPAC CZ, Mercedes-Benz, Nemocnice Motol, NÚDZ, O2, Policie ČR, Česká televize, Český rozhlas, Siemens, Škoda Group, Thomayerova nemocnice, Technicolor Creative Studios, Toyota, Valeo, Varroc Lighting Systems nebo Zentiva.

Biotechnologie a zdravotnictví. Důležitou aplikační oblastí umělé inteligence a strojového učení jsou biochemické technologie a zdravotnictví. V České Republice jsou v této oblasti špičkové týmy, které začínají strojové učení a umělou inteligenci aktivně používat a spolupracovat na vývoji nových technik pro tuto oblast s komunitou umělé inteligence. Příkladem jsou týmy Jiřího Damborského (jedna z předních laboratoří proteinového inženýrství v Evropě) na MU nebo Tomáše Pluskala (MIT,

¹¹ Podle Stanford AI zprávy https://aiindex.stanford.edu/wp-content/uploads/2021/03/2021-AI-Index-Report_Master.pdf, str. 74, ATP.

¹² <https://www.ciirc.cvut.cz/vedci-z-tymu-dr-j-urbana-ziskali-cenne-trofeje-na-sampionatu-v-automatickem-uvazovani/>

GAČR Junior Star, vede novou skupinu biochemie rostlinných metabolitů) na ÚOCHB AV ČR. Oba týmy spolupracují s týmem J. Šívce (ČVUT) na vývoji nových metod strojového učení pro inženýrství a návrh proteinů. Konkrétními příklady rozvíjející se spolupráce jsou **cena Via Chimica 2022**¹³ (ČVUT, ÚOCHB), společná práce na **návrhu nových trombolitik** v Národním centru kompetence RETEMED (REkombinantní TEchnologie pro MEDicínu, ČVUT, MU) a společná práce na hledání **nových léků na Alzheimerovu chorobu**¹⁴ (MU, ČVUT). Slibně se rozvíjí i spolupráce s laboratoří R. Barzilay na MIT, která patří mezi nejlepší pracoviště v této oblasti na světě¹⁵. Relevantní společnosti jsou například Zentiva přímo v České republice nebo Alzheon v USA, který má silné české kořeny. Další oblastí s velkým potenciálem je analýza biomedicínských dat. Příkladem jsou nové metody spoluvyvinuté v centru analýzy biomedicínského obrazu na MU (M. Kozubek), které byly publikovány v prestižních časopisech **Nature Methods** a **Nature Communications**.

Aplikace umělé inteligence v biotechnologiích a zdravotnictví představují pro Českou republiku významnou příležitost díky silným výzkumným týmům v těchto oblastech a firmám (např. **Zentiva**, **IOCB Tech** nebo **Alzheon**), které výsledky dokáží převést do nových produktů. Zkušenosti ze zahraničí ukazují, že pro silné AI aplikace, je potřeba mít i silný základní AI výzkum, který umožní pracovat s posledními nejlepšími AI technikami a modely. Proto je klíčové do samotného základního AI výzkumu investovat a podporovat transfer technologií do dalších oblastí a aplikací. Vedle výše zmíněných oblastí biotechnologií a zdravotnictví se to týká i dalších aplikačních oblastí jako je logistika a autonomní řízení, průmyslová výroba, nový AI průmysl a komunikační technologie, nebo kybernetická bezpečnost, které jsou diskutovány ve větším detailu v následujících sekcích.

Výzkum v metodách umělé inteligence a počítačového vidění dosahuje výsledků špičkové světové úrovně a s náležitou podporou má potenciál k dosažení průlomových výsledků s globálním dopadem.

2.2 Stav výzkumu v oblasti Robotiky a Průmyslu 4.0

Robotika. ČVUT patří mezi **6 nejlepších institucí v Evropě** v robotice podle CSRankings¹⁶. Robotické skupiny na ČVUT byly v posledních pěti letech úspěšné ve světových a štědře honorovaných robotických výzvách a soutěžích. Úspěchem světové úrovně je **první místo** mezi nesponzorovanými týmy (a celkově třetí místo) v soutěži **DARPA Subterranean Challenge**, kde robotické systémy plní záchranné úkoly v podzemních prostorách, které věrně simulují náročné podmínky způsobené přírodní katastrofou nebo průmyslovou havárií. Soutěže organizované americkou Agenturou ministerstva obrany pro pokročilé výzkumné projekty (DARPA) jsou tradičně velmi náročné a zaměřují se na převratný výzkum s vysokou návratností. DARPA soutěží se účastní týmy z nejlepších technických univerzit, jako je MIT nebo CMU. Mezi prestižní vědecké granty v oblasti robotiky patří GAČR **EXPRO** (M. Hoffmann) nebo GAČR **Junior Star** (R. Pěnička). Robotiky se také významně dotýká **ERC Advanced grant** J. Šívce už zmíněný v části o počítačovém vidění. Do České republiky se podařilo přivést jednu ze dvou hlavních celosvětových konferencí v robotice **IROS 2021** (L. Přeučil - general chair a R. Babuška - program chair). Česká republika je také zapojena do **sítě excellence v robotice EuROBIN**, která spojuje evropskou expertízu v oblasti robotiky a umělé inteligence a zakládá jednotnou celoevropskou platformu pro výzkum a vývoj v této oblasti. Vzniklá síť excellence propojuje přední výzkumné robotické laboratoře v celé Evropě.

Úspěšný je také aplikovaný výzkum v robotice (ČVUT, VUT, TUO-VŠB, ZČU), který je podporován řadou evropských (H2020 a Horizon Europe) projektů s evropskými i mimoevropskými výzkumnými

¹³ <https://www.experientia.cz/en/via-chimica/laureate-for-2022-roman-bushuiev/>

¹⁴ <https://www.biorxiv.org/content/10.1101/2023.01.06.523007v1>

¹⁵ <https://www.avcr.cz/cs/o-nas/aktuality/Cesti-vedci-spolupracuji-s-MIT-vybrane-projekty-ziskaji-podporu-100-000-dolaru/>

¹⁶ <http://csrankings.org/#/index?robotics&europe>

institucemi (např. TU Mnichov, TU Graz, TU Eindhoven, KTH, Fraunhofer, CEA, ITRI Taiwan, University of Nevada, Korea Polytechnic University) a předními evropskými podniky (např. **Mercedes-Benz, BOSCH, Siemens, Infineon Technologies, ST Microelectronics, NXP**). Kromě projektů jsou výsledky přenášeny do aplikací v mnoha hospodářských spolupracích s českými firmami, nebo firmami v ČR sídlícími např. **GasNet, Škoda Auto, Aleego, IWME, TREMS, SEA, Valeo, Fly4Future, Škoda JS, ÚJV Řež** a další.

Průmyslová výroba a Průmysl 4.0. Mezi klíčové aplikační oblasti robotiky patří průmyslová výroba a Průmysl 4.0 (ČVUT, VUT a TUO-VŠB). Díky evropskému **projektu RICAIP** (49 mil. EUR) se podařilo na ČVUT a VUT Brno vybudovat **zcela unikátní infrastrukturu testbedu pro průmyslovou výrobu**, která zahrnuje desítky robotů nejrůznějších typů, umožňuje jejich využití v experimentálním výzkumu geograficky distribuovaných výrobních linek. Např. část linky běží fyzicky v Praze, část v Německu, ale z hlediska informatického se jedná o jednotný proces integrovaný prostřednictvím 5G sítě. S využitím této infrastruktury je možné zkoumat takové problémy, jako je koordinace více robotů, jejich vzájemná integrace do výrobního úseku s využitím digitálních dvojčat, plánování a dynamické rozvrhování operací, řízení kvality výroby či kooperace robotů ve smíšených robotických týmech. Partnerem projektu je německé centrum DFKI v Saarbrücken a ZEMA tamtéž společně s Fraunhofer IWU v Drážďanech a TUO-VŠB. **Testbed je již plně funkční a pomáhá při zavádění metod Průmyslu 4.0 do malých a středních českých podniků.** Bude mj. celoevropsky využíván v rámci programu “Testing and experimentation facilities for AI (TEF)” financovaného Digital Europe v projektu “AI-MATTERS”. Tato témata se objevují ve dvou desítkách EU projektů a průmyslových kontraktů (např. pro **Škoda Auto, LEGO, ZTS Dubnica, Sidat, Porsche, Airbus, Blumenbecker** či **DEL**). Úspěšným příkladem je spolupráce se společností Airbus, která vedla k implementaci rozvrhovacího algoritmu pro montážní operace ve 42 (ze 43) výrobních hal Airbusu. Toto know-how je také přenášeno do průmyslu prostřednictvím **Národního centra pro Průmysl 4.0**, sdružujícího více než 60 výzkumných organizací a malých a středních podniků, či prostřednictvím 3 EDIHů v Praze, Brně a Ostravě.

S robotikou velmi úzce souvisí oblast **autonomního řízení vozidel**, kde české výzkumné týmy dosahují výsledků světové úrovně a spolupracují s globálními firmami jako **Toyota, Valeo** nebo **Porsche**.

Výzkum v oblasti robotiky dosahuje výsledků špičkové světové úrovně a má významné aplikační dopady, zejména v oblasti průmyslové výroby, která je klíčová pro konkurenceschopnost českého a evropského průmyslu.

2.3 Stav výzkumu v oblasti jazykových a řečových technologií

V oblasti výzkumu jazykových technologií v AI, která je v centru pozornosti zejména s příchodem tzv. velkých jazykových generativních modelů (LLM) a na nich založených konverzačních systémech, jako je ChatGPT a GPT-4 od OpenAI, je ČR na předním místě v Evropě a na světě. Dr. Tomáš Mikolov, absolvent VUT a v současnosti výzkumník na CIIRC ČVUT, publikoval jako první na světě open source projekt pro trénování neuronových jazykových modelů (RNNLM) už v roce 2010. Na tomto projektu pak byly přímo založené první neuronové jazykové modely používané ve firmách jako Google, Microsoft a Facebook. **RNNLM zavedly neurální reprezentace známé jako “embeddings”, na kterých stojí architektury typu Transfomer - základ systémů ChatGPT, GPT4 a dalších.**

Na **MFF UK** (ÚFAL, s datovou a výpočetní podporou VVI LINDAT/CLARIAH-CZ) je koordinován **evropský projekt High-Performance Language Technologies**, který je v zásadě odpovědí na tento prudký celosvětový rozvoj a který má za úkol vybudovat do r. 2024/5 právě takové velké jazykové modely pro všechny evropské jazyky, navíc v bezpečném a transparentním módu vyhovujícím připravovanému AI Act, a dále velké překladové modely založené na velkém množství dat s kvalitou ještě vyšší než

mají dnešní špičkové modely od Google nebo DeepL. MFF UK se významně podílela i na předchozích modelech strojového překladu v nejméně 10 EU projektech, často vítězí v celosvětových soutěžích WMT a **jako první ohlásilo v časopise Nature Communication dosažení lidské kvality překladu v oblasti zpráv**. V oblasti mluvené řeči je ČR rovněž na naprosté špičce v oboru: Skupina BUT Speech@FIT na VUT v Brně stála za vznikem systému Kaldi, který je de-facto světovým standardem pro rozpoznávání řeči, získala přední místa v mezinárodních evaluacích řečových technologií (tzv. Challenges, naposledy např. vítězství v Albayzin 2022 a excelentní umístění v NIST 2022 evaluaci pro rozpoznávání mluveného jazyka). Systém pro automatický přepis a vyhledávání v audio stopě audiovizuálních archivů vyvinutý na ZČU je používán několika významnými světovými institucemi, které spravují rozsáhlé archivy s nahrávkami orální historie (např. United States Holocaust Memorial Museum). **Skupina J. Šedivého (ČVUT) zvítězila v roce 2022 v prestižní celosvětové soutěži chatbotů Alexa Prize.**

ČR je špičková i v oblasti prestižních vědeckých projektů - MFF UK je držitelem **ERC grantu v oblasti dialogových systémů a generování textu** a VUT v Brně, MFF UK a ZČU pracovaly na řadě NSF, DARPA a IARPA projektů financovaných vládou USA. České instituce jsou aktivní v oblasti koordinace a komunitní práce: MFF UK je zapojeno i do evropských jazykových iniciativ: vede Board META-NET, dále členství v Expert Group DG Translation LIND (Language Industry), v EOSC FAIR Metrics Task Force, orgánech CLARIN ERIC, v projektech EP European Language Equality a European Language Grid, a v novém projektu Language Data Spaces, který má vyústit do společné evropské datové infrastruktury pro jazyková data "Language EDIC". VUT do ČR dostalo nejprestižnější konferenci v oboru: IEEE ICASSP v roce 2011 (Praha), IEEE ASRU v roce 2013 (Olomouc) a největší řečovou konferenci Interspeech (2021 - Brno). Na základě vítězství v tendru vypsaném Evropskou komisí koordinuje VUT konsorcium tvořící evropský systém pro rozpoznávání mluvené řeči a související data. MFF a VUT rovněž spolupracují na jazykových technologiích v evropském H2020 **AI Center of Excellence „Humane-AI-Net“** a na dalších Horizon projektech. Jazykové a řečové technologie jsou ale v ČR rozvíjeny v mnohem širším akademickém měřítku (ZČU v Plzni, TUL v Liberci, CIIRC ČVUT, Masarykova Univerzita v Brně, včetně zapojených humanitních studií), ale především v průmyslu: firmy jako Phonexia, MamaAI, Lingea, Promethist, Newton Media, Geneva, Phrase a SpeechTech a další nejsou omezeny jen na zpracování češtiny, ale úspěšně vyvíjejí a komercializují jazykové a řečové technologie na globálním trhu.

Česká republika je ve světě v oblasti jazykových a řečových technologií uznávána jako velmoc a v době, kdy probíhá technologická revoluce v komunikaci člověk-člověk a člověk-stroj (včetně zákaznické podpory, médií, bezpečnosti, atd.) založená na textových i řečových AI konverzačních technologiích, má ČR obrovský potenciál prosadit se, s adekvátní podporou, ve světovém měřítku.

2.4 Stav výzkumu v oblasti kybernetické bezpečnosti

Pro informační a kybernetickou bezpečnost jsou umělá inteligence (AI) a strojové učení (ML) potřebnými nástroji umožňujícími rozvoj a škálovatelnost bezpečnostních řešení. Omezené lidské zdroje nedokáží držet krok s intenzivním rozvojem kyber-zločinu a narůstající sofistikovaností. I díky rozvoji a výzkumu AI v ČR **se řadíme mezi světové lídry v kyberbezpečnosti**. S přispěním univerzitních výzkumných týmů vznikly úspěšné firmy jako je AVAST/AVG (digitální bezpečí uživatelů, dnes součást největší firmy v oboru, NASDAQ:GEN), Flowmon Networks (dnes součást softwarové společnosti Progress, NASDAQ:PRGS) a Cognitive Security (použití AI v síťové bezpečnosti, dnes součást CISCO Systems, NASDAQ:CSCO) či špičkové firmy v oblasti odhalování online podvodů jako je ThreatMark (s investory Rockaway, KKG) a Resistant AI (s investory Google Ventures, Index). Podpora výzkumu a vývoje AI je nutná i pro inovace v kyberbezpečnosti. **Rozvoj AI umožňuje vyvíjet robustní**

bezpečnostní state-of-the-art řešení, efektivněji identifikovat a reagovat na zlepšující se taktiky a techniky útočníků.

Kyberbezpečnost je silné výzkumné téma VUT, soustředěné primárně na Fakultě informačních technologií (FIT) a Fakultě elektrotechniky a komunikačních technologií (FEKT). Výzkum se zaměřuje na několik klíčových oblastí včetně (1) analýzy útoků, (2) urychlení ML pomocí vlastních architektur FPGA, (3) kombinace ML se šifrováním, (4) zajištění vysvětlitelnosti výsledků a modelů a (5) autentizace založená UI nástrojích a studia interakce UI s lidským chováním. Excelenci potvrzují výsledky – např. na VUT celosvětově **první platforma pro monitorování provozu v sítích o rychlosti 100 Gb/s**, řada ocenění a účast v mezinárodních výzkumných projektech. VUT nedávno spustilo první České mezifakultní kvantové propojení (7,5 km), jehož cílem je podpořit výzkumné a inovační aktivity a projekty v oblasti kvantových technologií kombinovaných s AI a kybernetickou bezpečností. Lukáš Holík ze skupiny VeriFIT získal v roce 2019 ERC-CZ grant “Efektivní konečné automaty pro automatické usuzování”.

Masarykova univerzita pojímá kyberbezpečnost interdisciplinárně, kombinuje aspekty technické, právní, organizační či sociální. Výzkum se zaměřuje na využívání AI v oblasti automatizace (nástroje pro účinnou prevenci a reakci, autonomní rozhodovací a prediktivní systémy, autonomní agenti kyberbezpečnosti, forenzní analyzátory založené na AI), dolování procesů (process mining) pro analýzu a detekci škodlivých inteligentních SW systémů, budování dovedností (zlepšování procesů učení a inteligentní výukové systémy s adaptivním učením pomocí dolování dat a strojového učení). Odborníci z právnické fakulty rozvíjejí regulatorní a právní otázky v oblasti kyberbezpečnosti a AI. Aktivity se zaměřují na **etické a právní aspekty** - ex ante (certifikace, compliance, bezpečnost od návrhu), tak i ex post (odpovědnost, elektronické důkazy a transparentnost). Na MU sídlí národní výzkumná infrastruktura CERIT-SC (CERIT Scientific Cloud), Centrum excelence pro kybernetickou kriminalitu, kybernetickou bezpečnost a ochranu kritické informační infrastruktury (C4e) a Národní centrum kompetence pro kybernetickou bezpečnost (NC3). MU je klíčovým členem projektových konsorcií dvou základních projektů/pilotů EU v oblasti kybernetické bezpečnosti CONCORDIA a Cyber-Sec4Europe. **MU je jednou ze dvou českých institucí, která se podle žebříčku CS rankings umístila v první světové dvacítkě (obor Logika a verifikace¹⁷).**

Kyberbezpečnostní výzkum ČVUT je soustředěn na Fakultě elektrotechnické (FEL) v Centru umělé inteligence, Fakultě informačních technologií (FIT) a Fakultě dopravní (FD). FEL je klíčovým partnerem společnosti Avast. Výzkum na FEL zahrnuje zdokonalování engine pro detekci malwaru (včetně algoritmů založených na AI), zabezpečení sítě (první bezplatný software založený na strojovém učení (ML) pro detekci narušení sítě), soukromí a zabezpečení pomocí ML, chování malwaru a bezpečnosti IoT a chytrých domácností. V rámci společné laboratoře s firmou AVAST a centrem umělé inteligence vznikla **unikátní patentově chráněná univerzální technologie založená na hlubokých sítích pro analýzu strojového kódu**. Výzkum na FIT zahrnuje využití AI pro síťovou bezpečnost (analýza provozu), forenzní analýzu, útoky postranními kanály (laboratoř s NN Group), verifikaci na kryptografických zařízeních a embedded systémy pro IoT atp. FD se specializuje na využívání AI pro bezpečnou komunikaci, expertní systémy a kvalitativní simulace pro bezpečnost v dopravě a dopravních systémech.

Kromě zmíněných firem Avast a NN group je navázána národní i mezinárodní spolupráce např. s klíčovými hráči jako CESNET, NN IT HUB Praha, Accenture, Deloitte, Rockaway, s USA (Army Research Office, Air Force Research Laboratory, AFOSR, Office for Naval Research, US Army, EOARD, Raytheon BBN), Rockwell Research Center (CZ), CERDEC/CECOM (USA/NJ), NATO atd. Univerzity a výzkumné instituce spolupracují na projektech s MV, MŠMT, NÚKIB (platforma pro VaV) atp.

¹⁷ <https://csrankings.org/#/index?log&world>

I v oblasti AI pro kybernetickou bezpečnost patří český výzkum nejméně k evropské špičce s jasným přínosem pro rozvoj systémů kybernetické bezpečnosti v celosvětovém měřítku.

3. Financování AI výzkumu v ČR

3.1 Současný stav a jeho dopady

V ČR je dnes dlouhodobě financováno 44 velkých výzkumných infrastruktur, 18 Národních center kompetence TA ČR, 37 Center excellence GA ČR a 5 výzkumných center z NPO. **Z těchto 104 center různé velikosti není ani jedno jediné věnováno problematice umělé inteligence a robotiky jako hlavnímu tématu.** Dosud existující a skutečně celostátní tři Centra kompetence TA ČR (Národní centrum kybernetiky a umělé inteligence, Národní centrum udržitelného stavebnictví 4.0 a Národní centrum kybernetické bezpečnosti) v listopadu 2022 skončila a nedostala další podporu. Několik významných projektů OP VVV v oblasti umělé inteligence a robotiky v roce 2023 končí. **Celkový stav dlouhodobého financování výzkumu v oblasti AI naznačuje, že Národní AI Strategie (NAIS) zatím v této oblasti není důsledně naplňována.**

Ztrátou 3 center kompetence ztratilo 200 FTE výzkumníků v oblasti AI dlouhodobé veřejné financování. Téměř všichni z nich jsou dnes financováni z prostředků EU nebo zahraničního průmyslu. Kvalitní výzkumníci a vývojáři najdou v této oblasti snadno zaměstnání u zahraničních firem buď v ČR nebo v zahraničí, ale při ztrátě veřejného financování dojde k přerušení výzkumu, zhoršení výuky, snížení synergických efektů a v samém důsledku k degradaci slibně se rozvíjejícího AI ekosystému v ČR. To je **těžko nahraditelná ztráta kapacit veřejného výzkumu pro potřeby ČR** a zejména ve prospěch malých a středních podniků.

Program Velkých výzkumných infrastruktur MŠMT, schválený vládou v roce 2022, nezahrnul ani jeden nový projekt, tedy ani jeden z oblasti digitalizace, umělé inteligence či robotiky, přes velkorysé deklarace v úvodních dokumentech programu. MŠMT tak zmrazilo nepochopitelně výzkumný prostor na další 4 roky, navíc zabránilo tomu, aby velké infrastruktury, které nejsou financovány, mohly být zapsány na cestovní mapu evropského výzkumu. Tím MŠMT ČR vyřadilo mj. významnou výzkumnou infrastrukturu RICAIP, vybudovanou z prostředků EU nákladem 49 mil. EUR, která podporuje AI inovace ve výrobním průmyslu po celé ČR (ČVUT Praha, VUT Brno, VŠB Ostrava).

Projekty EDIH a TEF nejsou – přes úspěch v Evropském prostoru – dosud financovány. Ministerstvo průmyslu a obchodu (MPO) zatím připravuje národní kofinancování, které by mělo začít v srpnu 2023. Pro budoucí evropské síť EDIC (nejen v oblasti jazyka) není dosud podpora žádná. Podpora z MŠMT pro projekty VVI, které jsou na CM VVI i na CM ESFRI, a které se alespoň částečně zabývají jazykovými technologiemi, byla od r. 2023 významně snížena (týká se i podpory investiční).

Bez dlouhodobě financovaného výzkumu a bez vlastní národní výzkumné infrastruktury v oblasti AI, strojového učení, robotiky, jazykových a řečových technologií, průmyslové výroby a kybernetické bezpečnosti český průmysl nemá šanci provést tolik potřebnou transformaci. Pokud to zjistí ČR pozdě, za 3-5 let, už nebude možné situaci zvrátit. Tím bude rozhodnuto, zda jsme zemí, která prodává výrobky s vysokou přidanou hodnotou, nebo zemí, která prodává lacinou pracovní sílu. Statistiky počtu nasazovaných výrobních robotů v jednotlivých zemích ukazují, že se ještě více rozvírají nůžky mezi zeměmi s pokročilou výrobou, a zeměmi, kde je nasazení robotů příliš drahé kvůli nedostupnosti technické podpory a kvalitních programátorů.

Závažná je také situace v oblasti jazykových technologií a generativních modelů (ChatGPT, Midjourney). Tato nová, prudce pronikající AI technologie přináší potenciálně zásadní změnu v chování celé společnosti, změnu trh práce a může mít nedozírné důsledky v oblasti ztráty klíčových dat a jejich zneužití pro manipulaci veřejného mínění, včetně volebních kampaní. Nemáme žádný relevantní program pro výzkum, vývoj a výchovu odborníků pro podporu absorpce této technologie, pro ochranu citlivých dat a zejména pro ochranu před manipulativním zneužíváním výsledků

strojového učení v neprospěch ČR. Čas pracuje rychle proti nám. Využití umělé inteligence se rozvíjí velmi rychle. Pokud nebudeme reagovat, hrozí že Česká republika bude zaostávat v této technologické revoluci za ostatními zeměmi v Evropě a na světě. Vzhledem k multiplikativnímu efektu umělé inteligence ve velkém množství aplikací a dalších vědeckých oborech budou země, které do ní investují, mít významnou výhodu. Naopak je možné, že země, které tuto šanci propásnou, nebudou schopné už ztrátu dohnat. V Česku široká vědecká komunita napříč mnoha obory používá výsledky výzkumu AI a strojového učení pro vlastní vědeckou práci, čímž bezesporu zvyšuje kvalitu a konkurenceschopnost výsledků takové práce. Takovéto vědecké projekty však nelze považovat za investici do AI výzkumu ve smyslu této zprávy.

Situace v oblasti podpory a koncentrované investice do velkých AI výzkumných projektů, center a institutů v ČR je alarmující a je nezbytné přistoupit k zásadním systémovým krokům k její nápravě.

3.2 Inspirace úspěšnou AI strategií v Kanadě

Kanada (38.25 mil. obyvatel) patří mezi světovou AI špičku¹⁸. V roce 2022 ohlásila druhou fázi kanadské AI strategie s investicí \$443 milionů (7.2 miliard Kč) na dalších 10 let¹⁹. Dvěma příklady velmi úspěšných a osvědčených instrumentů na podporu **AI výzkumu** v Kanadě jsou:

1. **Program “AI Chairs”**²⁰ na udržení a přilákání špičkových vědců (AI talent);
2. **Dedikované AI instituty**²¹, které koncentrují špičkovou vědu a fungují jako katalyzátory inovací a přenosu výsledků do praxe.

Další instrumenty v kanadské strategii se soustřeďují na:

3. **Inovace**, kde mají významnou roli **Klustry Globálních Inovací**²² (**Global Innovation Clusters**), které propojují firmy všech velikostí, akademické instituce a neziskové organizace, a posilují kanadské inovační prostředí tím, že podporují zavádění technologií umělé inteligence v klíčových odvětvích. Příkladem je kanadské centrum pro pokročilou průmyslovou výrobu **“Canada's Advanced Manufacturing Cluster”**²³ (investice \$427M). Další oblasti inovačních priorit v Kanadě jsou digitální technologie **“Digital Technology”**²⁴, potravinový průmysl **“Protein industries Canada”**²⁵, mezi-sektorové technologie **“Scale AI”**²⁶, a technologie oceánu (biozdroje, doprava, obrana a další) **“Canada's Ocean Supercluster”**²⁷.

4. Standardizaci a

5. **investice do výpočetní infrastruktury**, která má v oblasti umělé inteligence klíčovou roli.

Návrh programu AI Chairs v ČR

Kanada má 128 AI chairs, což by podle poměru počtu obyvatel odpovídalo 35 AI chairs v České Republice. Podle kanadského modelu projektovaného do roku 2023 je financování jednoho AI Chair na úrovni 4M Kč ročně, tzn. 40M Kč v horizontu 10 let, tzn. **celková investice je 1.4 mld Kč v horizontu 10 let**. Zvláštní pozornost je potřeba věnovat AI vědcům s výraznou zahraniční zkušeností, aby se přesunuli do ČR a založili zde své týmy. Kompetitivní financování odpovídá ERC grantu, tzn. (1.5M-2.5M Eur na 5 let s obnovou na dalších 5 let): **20 špičkových vědců se zahraniční zkušeností** (na 5 let): 40 mil. Eur (1 mld. Kč), obnova na dalších 5 let (1 mld. Kč), celkem **2 mld. CZK na 10 let**. V

¹⁸ <https://cifar.ca/cifarnews/2023/03/20/facts-and-figures-canadas-ai-landscape/>

¹⁹ <https://www.canada.ca/en/innovation-science-economic-development/news/2022/06/government-of-canada-launches-second-phase-of-the-pan-canadian-artificial-intelligence-strategy.html>

²⁰ <https://cifar.ca/ai/canada-cifar-ai-chairs/>

²¹ <https://ised-isde.canada.ca/site/ai-strategy/en>

²² <https://ised-isde.canada.ca/site/global-innovation-clusters/en>

²³ <https://ised-isde.canada.ca/site/global-innovation-clusters/en/canadas-advanced-manufacturing-cluster>

²⁴ <https://www.digitalsupercluster.ca/>

²⁵ <https://www.proteinindustriescanada.ca/>

²⁶ <https://www.scaleai.ca/about-us/>

²⁷ <https://oceansupercluster.ca/>

programu AI Chairs jde o investici, která v důsledku podpoří celý AI ekosystém, protože špičkoví vědci fungují jako “multiplikátor” - magnet na vynikající studenty, kolaborativní projekty, firmy a investice. Úspěšným příkladem mechanismu podobné kategorie je program MASH²⁸ na MU v Brně. Program AI Chairs by umožnil implementovat podobný program v oblasti AI na úrovni celé ČR, ideálně i za přispění participujících institucí (“vested interest”) a případně i firem. Česká AI komunita je připravena přispět k tomu, aby výběr a průběžné **hodnocení** jednotlivých **AI Chairs i dedikovaného institutu (viz níže) odpovídalo světovým standardům**, s kterými mají členové komunity dlouhodobé zkušenosti. Např. T. Pajdla a J. Matas byli členy ERC panelu (PE6), J. Urban má zkušenosti s hodnocením ERC projektů a AI Chairs ve Francii. J. Šivic má zkušenosti s hodnocením AI Chairs v Kanadě, ve Francii a s hodnocením AI institutů v Německu. Na základě těchto zkušeností by se hodnocení mělo primárně opírat o zahraniční vědecké osobnosti.

Návrh dedikovaného AI institutu v ČR

Kanada podporuje tři dedikované AI instituty, které jsou pevně provázané s nejsilnějšími centry AI výzkumu v Kanadě (MILA - Montreal, Vector Institute - Toronto, a AMII - Edmonton). Vzhledem k poměrné velikosti (Kanada: 38.25 mil obyvatel vs. ČR 10.5 mil obyvatel) dává smysl v ČR vytvořit jedno centrum, které propojí nejsilnější AI instituce a ekosystémy v ČR. Tím posílí jejich synergii a dosáhne tak kritické velikosti konkurenceschopné na evropské úrovni. Příkladem takového institutu je INSAIT Institute v Bulharsku (financovaný **\$100M USD na 10 let**).

Návrh pro oblast transferu a inovací v AI v ČR

Jako řešení navrhujeme „Program národního zájmu“ zaměřený na AI. Jeho konkrétní podobu je potřeba diskutovat s dalšími důležitými aktéry (firmy z různých sektorů průmyslu a obchodu, investoři, státní instituce, neziskové organizace, atd.) a hledat řešení, inspirované například Kanadou výše, které transferu inovací co nejvíce pomohou. Program by se měl orientovat nejen na transfer a inovace, ale též na celospolečenské dopady nových AI technologií, včetně dopadů na oblast vzdělání.

Návrh pro standardizaci v oblasti AI

Standardizaci je potřeba řešit ve spolupráci s Evropou a v evropském kontextu (AI Act). Pro úspěch českých firem na evropských trzích může mít zásadní význam. Příkladem z Evropy je poradenství v oblasti zajištění důvěryhodnosti, spolehlivosti a souladu s předpisy “Enterprise AI Governance for trust and compliance” (**Saidot.ai** z Finska). V této oblasti má ČR také silnou expertizu (např. Alžběta Krausová a Centrum pro výzkum inovací a kyberpráva²⁹).

Návrh pro výpočetní infrastrukturu

Výpočetní infrastruktura hraje v oblasti AI kritickou roli. Umožňuje vytvářet výsledky, kterých by jinak nebylo možné dosáhnout³⁰. Existující výpočetní infrastrukturu (IT4I) je potřeba ve spolupráci s Evropou udržovat a dále rozšiřovat, aby odpovídala požadavkům vědy i průmyslu.

3.3 Co dělat?

Navrhujeme následující kroky:

1. **Aktualizovat NAIS podle světových standardů**, v souladu s potřebami transformace české společnosti a ve spolupráci s českou vědeckou AI komunitou. Jako vzor je možné použít např. Kanadskou národní strategii pro AI. Důležité je také obměnit Výbor pro AI tak, aby v něm byli odpovídajícím způsobem zastoupeni odborníci na AI.
2. **Vytvořit dedikovaný AI institut podle úspěšných vzorů v zahraničí**, který bude dlouhodobě, s horizontem alespoň **10 let**, koncentrovat špičkovou vědu v oblasti AI v Česku, bude fungovat jako katalyzátor inovací a transferu výsledků do praxe a jako centrum akademického

²⁸ <https://gamu.muni.cz/mash>

²⁹ <https://www.ilaw.cas.cz/vyzkum/cicero.html>

³⁰ <https://prairie-institute.fr/2020/10/23/inria-enpc-ciirc-ctu-researchers-win-the-6d-pose-estimation-challenge-at-eccv-2020/>

vzdělávání v oblasti AI. Institut by měl propojit to nejlepší, co v českém AI výzkumu máme, formou distribuovaného virtuálního institutu, např. po vzoru programu EXCELES. Je klíčové dostatečně podpořit základní výzkum, který má v AI rychlé aplikační dopady (viz. např. ChatGPT nebo AlphaFold), a bez kterého nelze dosáhnout průlomových výsledků.

3. **Vytvořit program AI Chairs**, který se v zahraničí osvědčil a který bude dlouhodobě, s horizontem alespoň **10 let**, udržovat v České republice a přivádět do ní špičkové AI vědce s výraznou zahraniční zkušeností. Naopak jeho nezavedení může mít za následek ztrátu klíčových odborníků v průběhu několika málo let.
4. **Vytvořit na národní úrovni dlouhodobý „program národního zájmu“ zaměřený na AI**, spravovaný například TA ČR. Tento program by se měl orientovat nejen na transfer a inovace, ale též na celospolečenské dopady nových AI technologií, včetně dopadů na oblast vzdělání, a standardizaci.
5. **Podpořit klíčové výzkumné infrastruktury** v oblasti AI, jako je superpočítač Karolína (IT4I) nebo Testbed pro Průmysl 4.0. Pro dlouhodobou podporu je důležité zařadit tyto infrastruktury do systému Velkých výzkumných infrastruktur a na evropskou cestovní mapu výzkumu. Výzkum umělé inteligence je velmi náročný na **výpočetní kapacitu**. V IT4I je nutno významně podpořit adekvátní výpočetní kapacity dedikované pro AI v příštích třech letech.

Nová příležitost pro transfer know-how a inovace. Všechny výše navrhované kroky jsou **vzájemně systémově provázány** a přinesou významnou a tolik potřebnou **podporu transferu know-how a inovací**. **Dedikovaný institut**, propojený se stávajícími EDIHy, vytvoří okolo sebe ekosystém firem všech velikostí a bude s nimi spolupracovat na převodu nejnovějších výsledků výzkumu do nových aplikací a služeb. Zároveň bude získávat představu o potřebách průmyslové a klinické praxe. Současně bude vytvářet inovační prostředí, které bude podporovat v první pre-inkubační fázi vědce a studenty v tvorbě nových inovativních start-upů za výhodných podmínek, které neohrozí další rozvoj vzniklých firem. Díky existujícímu napojení českých vědců na nejlepší AI pracoviště máme příležitost se učit v tomto **směru z úspěšných příkladů ve světě**, viz. např. ETH AI Center. **Program AI Chairs** významně podpoří výchovu a vzdělávání, kde špičkoví vědci školí ve spolupráci s firmami průmyslové PhD studenty, a tak pomáhají transferu znalostí do firem a zároveň vychovávají novou generaci studentů motivovaných ke komerčnímu využití relevantních výsledků. **Dedikovaný AI program TA ČR** podpoří cílený kolaborativní výzkum, opírající o technologie a výpočetní kapacity soustředěné v dedikovaném institutu a velkých výzkumných infrastrukturách pro AI.

Dokument připravili: Jan Černocký (VUT, Brno), Jan Hajič (UK, Praha), Martin Jírovec (VUT, Brno), Jan Kleindienst (MAMA AI, Praha), Vladimír Mařík (ČVUT, Praha), Tomáš Pajdla (ČVUT, Praha), Emil Pelikán (AV ČR), Michal Pěchouček (ČVUT, Praha), Josef Psutka (ZČU, Plzeň), Václav Snášel (VŠB-TUO, Ostrava), Josef Šivic (ČVUT, Praha), Martin Štěpnička (OU, Ostrava), Jiří Vokřínek (ČVUT, Praha). Koordinoval: Josef Šivic (ČVUT).

Dokument projednal a schválil výbor AICZECHIA 1.6. 2023. Dokument podpořili následující členové výboru: Jan Černocký (VUT, Brno), Jan Hajič (UK, Praha), Jan Kleindienst (MAMA AI, Praha), Vladimír Mařík (ČVUT, Praha), Emil Pelikán (AV ČR), Josef Psutka (ZČU, Plzeň), Václav Snášel (VŠB-TUO, Ostrava), Josef Šivic (ČVUT, Praha), Martin Štěpnička (OU, Ostrava) a Jiří Vokřínek (ČVUT, Praha).