

ŽILINSKÁ UNIVERZITA V ŽILINE
FAKULTA ELEKTROTECHNIKY
A INFORMAČNÝCH TECHNOLOGIÍ

INTERNÉ VÝSKUMNÉ STÁŽE
Zimný semester AR 2026/2027

ZOZNAM PROJEKTOV



ŽILINSKÁ UNIVERZITA V ŽILINE

Fakulta elektrotechniky
a informačných technológií

OBSAH

Obsah	iii
Predslov	v
1 Elektrotechnické vedy	1-1
1.1 Priestorové mapovanie perfúzneho indexu počas post-okluzívnej reaktívnej hyperémie pomocou fotopletyzmografického zobrazovania	1-2
1.2 Overenie schopnosti vybraných balíkov jazyka Python pre intenzívne výpočty chodu siete ENTSO-E	1-4
1.3 Analýza kamerových PPGI a referenčných biosignálov počas kontrolovanej hypoxie	1-7
1.4 Vplyv podmienok osvetlenia na kvalitu fotopletyzmografického obrazového signálu	1-11
1.5 „Detekcia degradácie a odhad teploty čipu SiC tranzistora s využitím nástrojov strojového učenia“	1-14
1.6 „Inovácia laboratórnej úlohy Meranie tepelnej závislosti odporu materiálov: automatizované meracie stanovisko na báze platformy Arduino“	1-17
1.7 „Revitalizácia vybraných demonštrácií interaktívnej výstavy Krajina vln“	1-21
1.8 „Výskum robustnosti metód klastrovania odberných miest v distribučných sieťach nízkeho napätia“	1-24
2 Informačné a komunikačné vedy	2-1
2.1 AI analýza hmotnostno-spektrometrických dát pri autoimunitných ochoreniach ..	2-2
2.2 Inverzný návrh fotonických zariadení: optimalizácia, simulácie a umelá inteligencia ..	2-5
2.3 „Fotonické integrované zariadenia pre manipuláciu optického signálu na platforme oxidu gália“	2-8
2.4 „Prieskum transformerov pre detekciu neštandardných udalostí v dopravných prostriedkoch“	2-11
2.5 „Disperzné inžinierstvo optických vlnovodov na platforme oxidu gália“	2-15
2.6 „Návrh a implementácia webovej aplikácie na podporu certifikácie zdravotníckych pomôcok podľa EU MDR 2017/745“	2-18
2.7 Návrh a numerická analýza fotonických rozhraní pre viditeľné integrované optické systémy	2-21
2.8 „IKT pre autonómnú mobilitu“	2-24
2.9 „Komparatívna analýza edge akceleratorov Hailo, Axelera Metis a NVIDIA Jetson Orin pre aplikácie počítačového videnia v doprave“	2-27
2.10 Výskum odolnosti systémov GNSS voči rušeniu	2-31
2.11 FEIT ProjectFlow: návrh a vývoj digitálnej platformy pre interné fakultné programy ..	2-34
2.12 Vývoj modulárnej platformy pre automatizované testovanie vysokorýchlostných optických systémov	2-36
2.13 „Vplyv TDM a anonymizačných úprav obrazových dát na kvalitu textových popisov, embeddingové reprezentácie a multimodálne vyhľadávanie“	2-39

2.14	„ErgoAgent – automatizované hodnotenie ergonomického zaťaženia pracovísk a podpora rotácie operátorov pomocou počítačového videnia“	2-42
2.15	„Architektúra a federácia digitálnych dvojčiat mesta“	2-46
2.16	„Vývoj pokročilých AI algoritmov pre videoanalytiku a návrh interaktívneho reportovacieho dashboardu nad reálnymi dátami mestskej infraštruktúry“	2-50
2.17	FEIT International Web: Modernizácia webovej prezentácie vedy, výskumu a medzinárodných vzťahov	2-55

PREDSLOV

Dynamický rozvoj vedy a technológií si vyžaduje nielen kontinuálne inovácie, ale aj odborníkov, ktorí sú schopní aktívne sa zapojiť do riešenia súčasných výskumných výziev. V dnešnej dobe už nestačí len pasívne prijímať poznatky – skutočný posun v rozvoji nastáva vtedy, keď študenti získajú možnosť pôsobiť na mieste, kde sa teoretické vedomosti prepájajú a aplikujú priamo v praxi. Práve tam majú priestor rozvíjať svoje kritické myslenie, pracovať s modernými technológiami a vlastným prínosom sa podieľať na tvorbe nových riešení a konceptov.

Fakulta elektrotechniky a informačných technológií Žilinskej univerzity v Žiline si uvedomuje dôležitosť prepojenia existujúceho vzdelávacieho procesu s aktívnou participáciou študentov na vedecko-výskumných projektoch svojich pedagógov a ich pracovísk. Z tohto dôvodu fakulta obnovila a systematicky rozšírila systém tzv. „*pomocných vedeckých síl*“ – teda fakultnej platformy, v rámci ktorej sú študenti platení za svoju prácu pre potreby univerzitného pracoviska. Naša fakulta ponúka študentom možnosť stať sa súčasťou aktuálneho výskumu už počas ich inžinierskeho štúdia, a to prostredníctvom programu interných výskumných stáží – *FEIT INTERNSHIPS*. Tento program bol vytvorený s cieľom poskytnúť talentovaným a ambicióznym študentom priestor na rozvoj, experimentovanie a vlastnú prácu s najmodernejšími technológiami priamo na pracoviskách našej fakulty.

Účasť na interných výskumných stážach prináša študentom množstvo benefitov – od prehĺbovania odborných znalostí a analytického myslenia, cez získavanie praktických skúseností s reálnymi výskumnými projektmi, až po nadväzovanie cenných profesijných kontaktov. Zapojením sa do výskumných tímov získajú jedinečný pohľad na riešenie komplexných problémov a budú mať možnosť pracovať po boku skúsených akademikov a odborníkov z jednotlivých oblastí pôsobenia fakulty. Tento program im umožní lepšie pochopiť, ako funguje vedecký proces, a poskytne im silný základ pre ďalší odborný alebo profesijný rast – či už v rámci akademickej dráhy, alebo v priemyselnom sektore.

Program FEIT INTERNSHIPS nie je len príležitosťou pre šikovných študentov, ale aj silným impulzom pre rozvoj fakulty a jej odborno-výskumného potenciálu. Veríme, že táto iniciatíva prispeje k zvyšovaniu kvality výskumu a výučby, ako aj k možnému efektívnejšiemu prepojeniu akademického a priemyselného sektora.

Nech je tento pilotný program FEIT INTERNSHIPS odrazovým mostíkom k spoločným budúcim vedeckým a profesijným úspechom!

Ing. Daniel Benedikovič, PhD.

Prodekan pre vedu, výskum a medzinárodné vzťahy

Fakulta elektrotechniky a informačných technológií

Žilinská univerzita v Žiline

1 ELEKTROTECHNICKÉ VEDY

1.1 Priestorové mapovanie perfúzneho indexu počas post-oklúzívnej reaktívnej hyperémie pomocou fotopletyzmozografického zobrazovania

Pracovisko: Teoretickej elektrotechniky a biomedicínskeho inžinierstva

Výskumná oblasť: Elektrotechnické vedy

Špecifická oblasť výskumu: Biomedicínske inžinierstvo

Vedúci projektu: doc. Ing. Štefan Borik, PhD.

Kontaktné údaje:	Telefón	E-mail	Web-stránka
	+421 41 513 2149	stefan.borik@uniza.sk	https://www.researchgate.net/lab/Hemodynamix-Lab-Stefan-Borik

Priestorové mapovanie perfúzneho indexu počas post-oklúzívnej reaktívnej hyperémie pomocou fotopletyzmozografického zobrazovania

Opis projektu:

Projekt je zameraný na vytvorenie a vyhodnotenie priestorových máp perfúzneho indexu z kamerových záznamov rúk počas post-oklúzívnej reaktívnej hyperémie (PORH). Nadväzuje na predchádzajúcu výskumnú aktivitu laboratória Hemodynamix Lab. Riešenie projektu rozšíri doterajšie hodnotenie priemerných PPGI signálov z vybraných oblastí záujmu o priestorové porovnanie okludovanej a kontrolnej ruky.

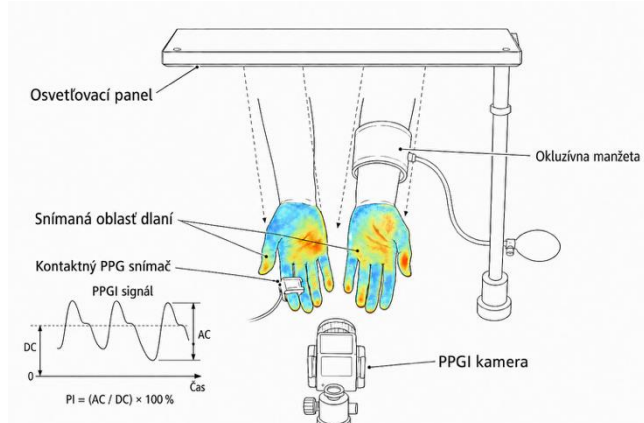
PORH predstavuje odpoveď tkaniva na dočasné prerušenie prietoku krvi a následné uvoľnenie tlakovej manžety. Existujúce záznamy zahŕňajú tri päťminútové fázy: pokojovú fázu, oklúziu a reperfúziu. Súčasné snímanie oboch rúk umožňuje sledovať odpoveď ľavej ruky s oklúziou a porovnať ju s pravou rukou bez oklúzie v rovnakom časovom intervale.

PPGI umožňuje bezkontaktné zaznamenávať časové zmeny intenzity svetla odrazeného od kože. Pre účely projektu bude perfúzny index (PI) odvodený z pomeru amplitúdy oscilačnej zložky (AC) a jednosmernej zložky (DC) PPGI signálu. Tento pomer umožňuje hodnotiť relatívnu veľkosť pulzačnej zložky vzhľadom na lokálnu úroveň signálu. Vytvorením mapy PI v jednotlivých oblastiach kože bude možné skúmať priestorové rozdiely odpovede, ktoré sa pri spriemerovaní signálu z väčšej oblasti môžu potlačiť.

Priestorové hodnotenie vyžaduje sledovanie zodpovedajúcich oblastí kože počas merania. Zmeny polohy ruky môžu ovplyvniť extrahovaný signál. Súčasťou projektu preto bude **návrh a overenie sledovania oblastí záujmu**, ktoré podporí stabilné získavanie PPGI signálov a porovnanie máp medzi fázami.

Hlavná analytická časť sa zameria na dlane oboch rúk. Študent porovná mapy PI v anatomicky zodpovedajúcich oblastiach a ich zmeny voči pokojovej fáze každej ruky.

Pri interpretácii zohľadní kvalitu signálu, spoľahlivosť sledovania a individuálnu variabilitu odpovede.



Ciele projektu:

Hlavným cieľom projektu je vyvinúť a experimentálne overiť postup priestorového hodnotenia PI počas post-okluzívnej reaktívnej hyperémie so zameraním na porovnanie okludovanej a kontrolnej ruky. Čiastkové ciele projektu sú:

- Navrhnuť a overiť postup sledovania oblastí záujmu na rukách počas PORH merania s cieľom zabezpečiť stabilnú extrakciu PPGI signálov.
- Vytvoriť priestorové mapy PI vo fáze pokoja, oklúzie a následnej reperfúzie.
- Navrhnuť spôsob porovnania anatomicky zodpovedajúcich oblastí oboch rúk a vyhodnotiť zmeny máp perfúzneho indexu voči pokojovej fáze.
- Overiť navrhnutý postup na existujúcom súbore PORH meraní a zhodnotiť jeho spoľahlivosť a prínos oproti doterajšiemu hodnoteniu priemerných signálov z vybraných oblastí záujmu.

Metodológia projektu:

Stáž bude prebiehať v zimnom semestri 2026/2027 s využitím existujúcich experimentálnych dát. Študent sa oboznámi s protokolom PORH, kamerovými záznamami a doterajšími skriptami. S vedúcim projektu stanoví spôsob odhadu AC a DC zložky, výpočtu PI a kritérií kvality dát.

Následne navrhne sledovanie oblastí záujmu a extrakciu lokálnych PPGI signálov. Na reprezentatívnych záznamoch overí spoľahlivosť postupu a vytvorí mapy PI pre jednotlivé fázy. Súčasťou spracovania bude označenie oblastí a úsekov s nedostatočnou kvalitou dát.

Postup aplikuje na použiteľné záznamy kompletného súboru dobrovoľníkov. Vyhodnotí zmeny PI voči pokojovej fáze a porovná zodpovedajúce oblasti oboch rúk s rešpektovaním párového charakteru meraní. Porovnaním s doterajšími priemernými ROI signálmi zhodnotí prínos máp, spoľahlivosť a obmedzenia metódy.

Výstupmi projektu budú zdokumentované skripty na sledovanie oblastí záujmu a výpočet PI, súbor priestorových máp a porovnaní medzi rukami a fázami merania a záverečná správa s vyhodnotením spoľahlivosti a fyziologickou interpretáciou výsledkov.

Požadované kvality/znalosti študenta:

- znalosti spracovania signálov a základov digitálneho spracovania obrazu
- schopnosť programovať v prostredí MATLAB alebo Python
- záujem o biomedicínske inžinierstvo, matematiku a fyziku

Financovanie:

Projekt je realizovaný v rámci výskumných aktivít projektu DAPHNE: APVV-2025-0097; Priestorovo-časová dynamika amplitúdy a fázy mikrovaskulárnych oscilácií v koži

Referencie:

- [1] Borik, S., Lyra, S., Perlitz, V., Keller, M., Leonhardt, S., & Blazek, V. (2022). On the spatial phase distribution of cutaneous low-frequency perfusion oscillations. *Scientific Reports*, 12(1), 5997.
- [2] Borik, S., Zemanikova, M., Procka, P., Seleng, J., Labuda, M., & Alian, A. A. (2026). Photoplethysmography imaging reveals frequency-specific microvascular responses to histamine in human skin. *Computers in Biology and Medicine*, 202, 111464.
- [3] Borik, S., Gilmore, M., Gonzales-Fiol, A., Biondi, J., Wu, H. T., Shelley, K., & Alian, A. (2025). Photoplethysmography imaging to assess facial perfusion under simulated hypovolemia. *Physiological Measurement*, 46(7), 075008.
- [4] Coulon, P., Constans, J., & Gosse, P. (2012). Impairment of skin blood flow during post-occlusive reactive hyperhemia assessed by laser Doppler flowmetry correlates with renal resistive index. *Journal of human hypertension*, 26(1), 56-63.
- [5] Roustit, M., & Cracowski, J. L. (2013). Assessment of endothelial and neurovascular function in human skin microcirculation. *Trends in pharmacological sciences*, 34(7), 373-384.
- [6] Cracowski, J. L., & Roustit, M. (2020). Human skin microcirculation. *Comprehensive Physiology*, 10(3), 1105-1154.

1.2 Overenie schopnosti vybraných balíkov jazyka Python pre intenzívne výpočty chodu siete ENTSO-E

Pracovisko: Katedra elektroenergetiky a elektrických pohonov

Výskumná oblasť: Elektrotechnické vedy

Špecifická oblasť výskumu: Sieťové výpočty chodu elektrizačnej sústavy

Vedúci projektu: prof. Ing. Peter Braciník, PhD.

Kontaktné údaje:

Telefón

E-mail

Web-stránka

+421 41 513 2150

peter.bracinik@uniza.sk

<https://keep.uniza.sk>

Overenie schopnosti vybraných balíkov jazyka Python pre intenzívne výpočty chodu siete ENTSO-E

Opis projektu:

Skúmanie využitia nástrojov jazyka Python na statické výpočty chodov sietí (tzv. *load flow* alebo *power flow* analýzy) je kľúčové pre efektívne plánovanie, dimenzovanie a každodenný manažment moderných elektroenergetických sústav, ktoré čelia prudkému nárastu decentralizovanej výroby.

Python ponúka výkonné open-source knižnice (napr. *Pandapower* či *PyPSA*), ktoré sú priamo optimalizované na riešenie sústav nelineárnych rovníc pre statické výpočty chodov sietí. Tieto nástroje umožňujú presne vyhodnotiť napäťové pomery v uzloch, zaťaženie vedení a transformátorov či straty činného a jalového výkonu bez nutnosti investícií do drahých komerčných licencií, čím sprístupňujú pokročilú analýzu širšiemu okruhu inžinierov a výskumníkov.

Tradičné statické výpočty často pracovali so stabilnými deterministickými predpokladmi. Masívny nástup fotovoltických a veterných elektrární však prináša obrovskú fluktuáciu výkonov a mení smer tokov energie v distribučných sústavách a tiež v prenosovej sústave. Python umožňuje automatizovať hromadné výpočty pre tisíce rôznych prevádzkových scenárov (tzv. *monte-carlo* simulácie alebo analýzy N-1 bezpečnosti), čo prevádzkovateľom elektrizačnej sústavy pomáha včas identifikovať kritické miesta a preťaženia siete, resp. lepšie plánovať rozvoj prenosových a distribučných sietí.

Každá sieť má svoje špecifiká a štandardné implementácie metód (ako Newton-Raphson alebo Gauss-Seidel) občas vyžadujú úpravy. Vďaka flexibilitě Pythonu a prepojeniu s optimalizačnými balíkmi je možné jednoducho integrovať špecifické obmedzenia, modelovať regulačné odbočky transformátorov, riadenie jalového výkonu či prispôbiť výpočtové algoritmy presne podľa potrieb prevádzkovateľa prenosovej alebo distribučnej sústavy.

Prehľadná syntax a bohaté možnosti spracovania dát (napr. pomocou knižníc *Pandas*) umožňujú bleskovo spracovať vstupné dáta z meraní, vykonať statické výpočty chodov sietí a výsledky vizualizovať do prehľadných reportov či grafov. Python taktiež uľahčuje prepojenie výpočtových modelov s existujúcimi databázami a geografickými informačnými systémami (GIS), čo výrazne urýchľuje inžiniersku prácu pri štúdiách pripojiteľnosti nových odberateľov či zdrojov.

Vzhľadom na uvedené vlastnosti sa Python javí ako vhodný nástroj pre spracovanie a realizáciu intenzívnych výpočtov chodu sietí vychádzajúcich z formátu RAW33, resp. RAW34.

Formát **RAW33** (štandardizovaný súborový formát pre výmenu dát o topológii a parametroch elektrickej siete, známy najmä zo softvéru PSS/E verzie 33) zohráva pri ročných hodinových výpočtoch špecifickú úlohu, pretože predstavuje statický topologický základ, ktorý sa spája s dynamickými hodinovými profilmi. Medzi jeho základné vlastnosti a prednosti patrí:

- **Definícia topológie a parametrov siete:** Súbor vo formáte RAW33 obsahuje kompletný a presný popis prenosovej sústavy pre daný stav – uzly (buses), generátory, zaťaženia, transformátory, vedenia, impedancie a medze prenosových schopností. Pre ročné hodinové výpočty (8 760 hodín) slúži tento súbor ako základný referenčný model siete (tzv. *base case*), na ktorý sa aplikujú hodinové zmeny.
- **Kombinácia so špecifickými hodinovými profilmi:** Samotný RAW33 súbor zachytáva sieť v konkrétnom časovom reze. Pre ročné simulácie tokov energie sa dáta z tohto modelu spájajú s časovými radmi (profilmi spotreby a výroby z obnoviteľných zdrojov), pričom model prepočítava stav siete (Power Flow) pre každú hodinu roka osobitne, prípadne v reprezentatívnych hodinových krokoch.

- **Štandardizácia a cezhraničná kompatibilita:** Formát v33 je široko akceptovaným štandardom medzi prevádzkovateľmi prenosových sústav (PPS) pri výmene modelov sietí v rámci európskej spolupráce (napr. tvorba spoločných modelov siete – Common Grid Model). Zabezpečuje, že dáta o vedení a transformátoroch od rôznych PPS sú plne kompatibilné a dá sa z nich vytvoriť jednotný cezhraničný model.
- **Vyhodnotenie bezpečnostného kritéria N-1:** V ročných simuláciách sa dáta zo súboru RAW33 používajú v kombinácii s hodinovými profilmi zaťaženia na testovanie bezpečnosti siete. Pre každú z 8 760 hodín sa overuje, či výpadok kľúčového prvku (kritérium N-1) nespôsobí preťaženie susedných vedení, čo umožňuje presne naplánovať potrebné preventívne opatrenia.

Prechod na formát **RAW34** (štandard pre verziu 34 softvéru PSS/E) prináša pri ročných hodinových výpočtoch prenosových sústav rozšírenia, ktoré omnoho lepšie reflektujú modernú energetiku s vysokým podielom obnoviteľných zdrojov a decentralizovanej výroby.

- **Rozšírená podpora pre meničové zdroje (IBR):** Formát RAW34 prináša lepšiu štruktúru pre modelovanie moderných zdrojov pripojených cez meniče (fotovoltaika, veterné parky, batériové úložiská). Pri 8 760-hodinových simuláciách, kde sa silne mení podiel klasických synchronných generátorov a striedačov, zabezpečuje verzia 34 presnejší zápis ich správania v ustálenom stave.
- **Pokročilé a flexibilné ratingy vedení:** Na rozdiel od starších verzií umožňuje RAW34 detailnejšie definovanie limitov prenosovej schopnosti (napr. viacero úrovní núdzových ratingov, sezónne limity). V ročných hodinových výpočtoch to umožňuje kombinovať modely s dynamickým hodnotením vedení (DLR – Dynamic Line Rating) závislým od aktuálneho počasia v danú hodinu.
- **Lepšia integrácia HVDC a FACTS prvkov:** Súbor vo formáte RAW34 obsahuje robustnejšie parametre pre jednosmerné cezhraničné prepojenia (HVDC) a moderné regulačné prvky (FACTS). V celoeurópskych ročných modeloch to umožňuje vernejšie simulovať tokoch výkonu cez prepojenia s odlišnými technológiami.
- **Vyššia kapacita a identifikátory pre skriptovanie:** Verzia 34 odstraňuje viaceré obmedzenia na dĺžku názvov uzlov, oblastí (areas) a zón (zones) a rozširuje numerické rozsahy. Pre ročné výpočty, ktoré sú takmer vždy automatizované pomocou skriptov (napr. Python v kombinácii s PSS/E), to znamená menšiu chybovosť pripájania hodinových profilov k jednotlivým prvkom siete a prehľadnejšiu správu rozsiahlych datasetov.

Formát RAW primárne vychádza zo softvéru PSS/E (Power System Simulator for Engineering), ktorým však naša výskumná skupina nedisponuje. Namiesto toho disponujeme softvérom Neplan, ktorý aktuálne používa aj prevádzkovateľ prenosovej sústavy Slovenska, spoločnosť SEPS, a.s.. Pri riešení úloh pre SEPS však bolo zistené, že dochádza k neprimerane dlhým odozvám z hľadiska výpočtového času, ak sa robia intenzívne výpočty chodu siete Európskej elektrizačnej sústavy zadanej v RAW formáte. Ukazuje sa, že sa tým vytvára priestor pre aplikovanie iného prístupu, ktorý by bol priamo založený na jazyku Python. Toto riešenie by bolo nie len ekonomicky výrazne výhodnejšie, no zároveň by umožnilo začať využívať mohutnosť a rôznorodosť jazyka Python z hľadiska optimalizácie rôznych výpočtových úloh pri dosiahnutí akceptovateľných výpočtových časov.

Ciele projektu:

Cieľom projektu je posúdiť použiteľnosť vybraných balíkov jazyka Python, predovšetkým balíkov Pandapower a PyPSA, pre prácu s modelmi elektrizačnej sústavy, ktoré sú zadane vo formáte RAW33 resp. RAW34. Dôraz bude kladený na analýzy jednoduchosti importu dát a parametrov z týchto formátov a ich použitie pre vytváranie modelov a intenzívne výpočty ustáleného chodu sietí elektrizačnej sústavy Slovenska pre rôzne prevádzkové a rozvojové stavy.

Metodológia projektu:

- Oboznámenie sa s formátmi RAW33 a RAW34.
- Oboznámenie sa s prácou s balíkmi Pandapower a PyPSA.
- Import modelu elektrizačnej sústavy SR a jej blízkeho elektrického okolia z formátov RAW33 a RAW34 do modelov vytvorených pomocou simulačných nástrojov Pandapower a PyPSA.
- Realizácia opakovaných výpočtov ustáleného chodu siete (N-1 analýza, Monte-Carlo simulácie) s cieľom identifikovať nároky na výpočtový čas a reportovanie výsledkov.

- Overenie získaných výsledkov.
- Spracovanie krátkej správy o dosiahnutých výsledkoch.

Požadované kvality/znalosti študenta:

- Znalosť elektroenergetiky.
- Znalosť jazyka Python a práce s balíčkami.
- Znalosť metodiky pre výpočet chodu elektroenergetických sietí.
- Schopnosť si naštudovať problematiku používania jazyka Python pre výpočty chodov sietí (hlavne balíčky Pandapower a PyPSA).
- Kreativita, samostatnosť a odhodlanie učiť sa nové veci.

Financovanie:

Referencie:

- [1] <https://www.pandapower.org>
- [2] <https://pypsa.org>
- [3] Strielkowski, W., Prokop, L.: *Power system analysis in renewable energy systems research: a bibliometric review of publications on Python for power system analysis framework*, Energy and AI September 2026, <https://doi.org/10.1016/j.egyai.2026.100872>
- [4] Glover, J. D. a kol.: *Power System Analysis and Design*, ISBN 978-0357676189
- [5] Kundur, P. S.: *Power System Stability and Control*, ISBN 978-0070359581

1.3 Analýza kamerových PPGI a referenčných biosignálov počas kontrolovanej hypoxie

Pracovisko: Teoretickej elektrotechniky a biomedicínskeho inžinierstva

Výskumná oblasť: Elektrotechnické vedy

Špecifická oblasť výskumu: Biomedicínske inžinierstvo

Vedúci projektu: Ing. Ján Šeleng

Kontaktné údaje:

Telefón

+421 41 513 5097

E-mail

jan.seleng@feit.uniza.sk

Web-stránka

<https://www.researchgate.net/lab/HemodynamiX-Lab-Stefan-Borik>

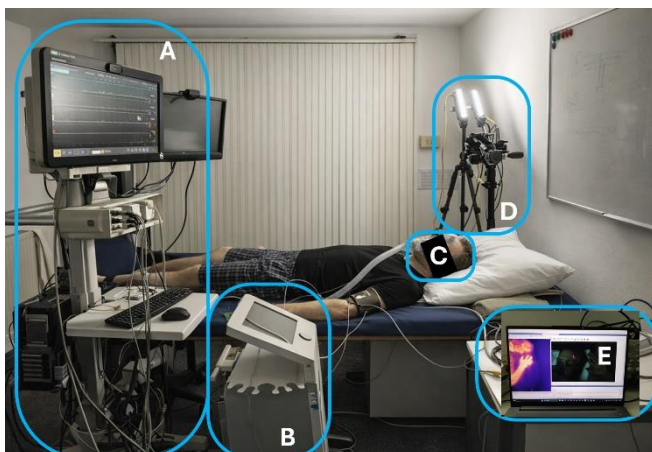
Analýza kamerových PPGI a referenčných biosignálov počas kontrolovanej hypoxie

Opis projektu:

Kardiovaskulárny systém zabezpečuje nepretržitú dodávku kyslíka orgánom a tkanivám a musí sa priebežne prispôbovať zmenám jeho dostupnosti. Pri stave zníženej dostupnosti kyslíka (hypoxii) sa aktivujú periférne chemoreceptory a následne autonómne, respiračné a hemodynamické regulačné mechanizmy. Mení sa ventilácia, srdcová frekvencia, cievny tonus aj regionálne rozdelenie prietoku krvi. Výsledná odpoveď pritom nevzniká pôsobením jedného mechanizmu, ale vzájomnou súhrou sympatikovej aktivácie, lokálnych metabolických a endoteliálnych mechanizmov, a individuálnej citlivosti na nedostatok kyslíka [1], [2]. Sledovanie týchto zmien poskytuje vhodný model na štúdium dynamiky kardiovaskulárnej regulácie.

Kontrolovaná hypoxia predstavuje štandardizovaný fyziologický podnet, pri ktorom sa znižuje podiel kyslíka vo vdychovanej zmesi bez zmeny atmosférického tlaku. Odpoveď organizmu sa hodnotí pomocou periférnej saturácie krvi kyslíkom, srdcovej frekvencie, elektrokardiogramu a arteriálneho krvného tlaku. Tieto veličiny poskytujú dôležitý pohľad na systémovú reakciu, ale iba obmedzenú informáciu o tom, ako sa mení prekrvenie jednotlivých oblastí kože. Kožná mikrocirkulácia pritom predstavuje dynamický cievny kompartment, ktorý sa významne podieľa na regulácii periférneho odporu a môže citlivo reagovať na hypoxiu [1], [2].

Koža nie je z hľadiska cievneho zásobenia homogénna. Dľaň tvorí koža s vysokým zastúpením arteriovenózných anastomóz a výraznou sympatikovou termoregulačnou kontrolou [1], zatiaľ čo čelo má odlišnú štruktúru cievnej siete, hrúbku tkaniva a lokálne regulačné vlastnosti. Rovnaký systémový hypoxický podnet sa preto nemusí v oboch oblastiach prejavíť rovnakou dynamikou. Porovnanie čela a dlane môže rozšíriť informáciu získanú zo systémových signálov o regionálnu zložku odpovede [4].



Obrázok 1: Meracia PPGI zostava (D,E) počas kontrolovanej hypoxie (B,C) so snímaním

Účinok hypoxie na kožnú mikrocirkuláciu nemožno vopred zjednodušiť na všeobecnú vazokonstrikciu alebo vazodilatáciu. Systémová sympatiková odpoveď môže znižovať kožný prietok, zatiaľ čo lokálne metabolické a endotelálne mechanizmy môžu pôsobiť opačne [2], [4]. Okrem pulznej srdcovej zložky sa v mikrocirkulačnom signáli nachádzajú pomalšie respiračné, myogénne a neurogénne oscilácie, ktoré odrážajú rôzne úrovne cievnej regulácie. Ich spoločné sledovanie môže ukázať, či kontrolovaná hypoxia ovplyvňuje iba celkovú amplitúdu pulzácií, alebo aj dynamiku regulačných mechanizmov. **Hlavnou výskumnou otázkou projektu preto bude, ako sa získané parametre menia počas hypoxie a či sa tento priebeh odlišuje medzi čelom a dlaňou.**

Fotopletyzmografické zobrazovanie (PPGI) je bezkontaktná optická metóda umožňujúca sledovať zmeny prekrvenia kože pomocou digitálnej kamery. Pri stabilnom osvetlení kamera zaznamenáva malé zmeny intenzity odrazeného svetla súvisiace s pulznými zmenami objemu krvi. Na rozdiel od kontaktnej fotopletyzmografie poskytuje PPGI signál z väčšej plochy a umožňuje vytvárať priestorové mapy fyziologických oscilácií. Metóda sa už ukázala ako citlivá pri sledovaní mikrocirkulačnej odpovede na pomalé hlboké dýchanie a lokálny histamínový podnet [5], [6]. Jej výhodou je bezkontaktnosť, priestorové rozlíšenie a možnosť súčasne porovnávať viaceré oblasti kože.

Kamerové meranie je zároveň citlivé na pohyb, zmenu polohy sledovanej oblasti, nerovnomerné osvetlenie a rozdielne optické vlastnosti tkaniva. Pred analýzou je potrebné stabilizovať oblasti záujmu, extrahovať časové signály a potlačiť artefakty. Pri porovnaní čela a dlane bude dôležitejšia zmena každej oblasti vzhľadom na jej vlastnú východiskovú hodnotu (baseline) než priame porovnanie surových amplitúd medzi rozdielnymi miestami.

Projekt využije už získané dáta desiatich mladých zdravých dospelých. Nový zber dát nie je súčasťou projektu. Protokol experimentu pozostával z troch po sebe nasledujúcich 20-minútových fáz v polohe ležmo (Obrázok 1): východiskového merania (baseline), kontrolovanej hypoxie a zotavenia. Hypoxia bola vyvolaná zariadením CellAirOne (Obrázok 1 - B) pri podiele kyslíka vo vdychovanej zmesi približne 12,5 %, pričom cieľová periférna saturácia krvi kyslíkom bola približne 85 %. Uprostred každej fázy účastníci absolvovali dvojminútový test pomalého hlbokého dýchania s rytmom 4 sekundy nádych a 4 sekundy výdych. Tento test predstavuje krátku autonómnú výzvu, ktorá môže počas hypoxie ovplyvniť chemoreflexnú a baroreflexnú odpoveď [3].

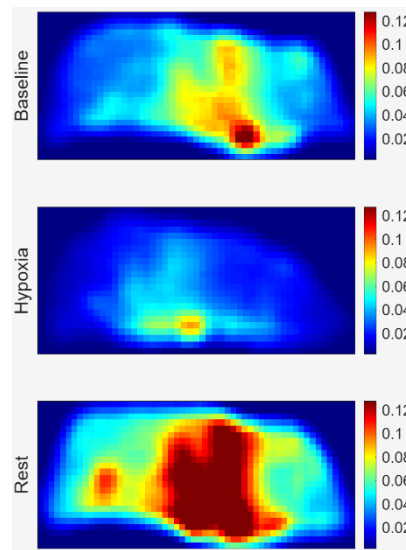
PPGI dáta čela a dlane boli zaznamenané kamerou FLIR Grasshopper GS3-U3-23S6C-C (Obrázok 1 - D) pri osvetlení bielym LED zdrojom s teplotou chromatickosti 5700 K. Súčasne boli patientskym monitorom Philips IntelliVue MX800 (Obrázok 1 - A) zaznamenané elektrokardiogram (EKG), kontaktná fotopletyzmografia (PPG), saturácia krvi kyslíkom (SpO_2) a krvný tlak. K dispozícii je aj termálne meranie kože kamerou OAK Thermal. Kombinácia týchto modalít umožňuje porovnať lokálnu mikrocirkulačnú dynamiku so systémovou odpoveďou na stav hypoxie.

Projekt je koncipovaný ako analyticky orientovaná výskumná stáž založená na práci s reálnymi multimodálnymi fyziologickými dátami. Študent sa oboznámi s experimentálnym protokolom, princípom PPGI a významom referenčných signálov a následne pripraví postup spracovania PPGI signálov. **Študent bude mať k dispozícii už predpripravené PPGI a referenčné signály, jeho hlavnou úlohou bude analýza nameraných dát.**

Analytická časť bude zahŕňať filtráciu, potlačenie neželaných artefaktov a rozdelenie PPGI signálov do fyziologicky interpretovateľných frekvenčných pásiem: srdcového HR (0,4–2 Hz), respiračného RESP (0,15–0,4 Hz), myogénneho MYO (0,06–0,15 Hz) a neurogénneho NEURO (0,02–0,06 Hz). Zo signálov sa vypočíta perfúzny index založený na pomere pulznej a jednosmernej zložky a energia, prípadne amplitúda vybraných oscilácií. Ak to kvalita dát umožní, doplnia sa priestorové mapy ich rozloženia (Obrázok 2).

Najskôr sa uskutoční detailná analýza jedného reprezentatívneho účastníka počas východiskového merania (baseline), hypoxie a zotavenia (rest) a ich vzťah k SpO_2 , srdcovej frekvencii a ďalším dostupným signálom. Následne sa postup rozšíri na celý súbor a preverí sa, či sa pozorované zmeny opakujú medzi účastníkmi a či sa odpoveď čela a dlane odlišuje. Reakcia na pomalé hlboké dýchanie a detailné priestorové mapovanie budú rozširujúcimi úlohami, ktoré nebudú podmienkou splnenia základného cieľa stáže.

Predbežné spracovanie jedného účastníka ukázalo počas hypoxie pokles amplitúdy srdcových oscilácií a zmeny priestorového rozloženia oscilácií (Obrázok 2). Tento výsledok slúži iba ako dôkaz realizovateľnosti navrhovaného postupu, nie ako záver pre celú skupinu. Výstupom stáže bude zdokumentovaný analytický postup v prostredí MATLAB, alebo Python, súhrnné vizualizácie a stručná správa s pozorovaniami vplyvu hypoxie na kožnú mikrocirkuláciu. Projekt tak študentovi poskytne skúsenosť so spracovaním biomedicínskych obrazových dát (PPGI), kontaktných biosignálov (EKG, PPG, SpO_2) a zhodnotením získaných výsledkov na fyziologickú interpretáciu.



Obrázok 2: Amplitúdová mapa srdcových oscilácií na čele a dlani.

Ciele projektu:

Hlavným cieľom projektu je vytvoriť postup spracovania existujúcich PPGI kamerových dát a referenčných dát a charakterizovať odpoveď kožnej mikrocirkulácie na kontrolovanú hypoxiu.

1. Oboznámiť sa s princípom PPGI, fyziológiou kožnej mikrocirkulácie a kardiovaskulárnou odpoveďou na kontrolovanú hypoxiu.
2. Spracovať poskytnuté PPGI signály - získať perfúzny index a parametre srdcovej, respiračnej, myogénnej a neurogénnej zložky. Rozširujúca úloha bude vytvoriť priestorové mapy parametrov na vizualizáciu.
3. Porovnať zmeny medzi východiskovým meraním (baseline), hypoxiou a zotavením a posúdiť, či sa odpoveď kožnej mikrocirkulácie čela a dlane líši.
4. Analyzovať referenčné signály EKG, PPG a SpO_2 . Reakciu na DBT vyhodnotiť ako sekundárnu exploratívnu úlohu.

Metodológia projektu:

Metodológia projektu pozostáva z prípravnej a analytickej časti. V úvodnej fáze sa študent oboznámi s fyziologickou odpoveďou na hypoxiu, experimentálnym protokolom, princípom PPGI a významom súbežne zaznamenaných referenčných signálov.

Spracovanie kamerových dát bude zahŕňať výber oblastí záujmu na čele a dlani a extrakciu priemerných intenzitných signálov. Následne sa vykoná odstránenie trendu, potlačenie artefaktov a filtrácia. Úseky ovplyvnené výrazným pohybom budú označené a vyčlenené z analýzy.

Analytická časť bude zameraná na časové a frekvenčné charakteristiky PPGI počas východiskového merania (baseline), hypoxie a zotavenia. Vypočíta sa perfúzny index, energia alebo amplitúda srdcovej, respiračnej, myogénnej a neurogénnej zložky a aj priestorové mapy ich rozloženia. Výsledky sa porovnávajú medzi čelom a dlaňou a interpretujú vo vzťahu k SpO_2 , EKG, kontaktnej PPG, prípadne krvnému tlaku.

Analýza bude detailne realizovaná najmenej na jednom reprezentatívnom účastníkovi. Po overení funkčnosti postupu sa analýza rozšíri na celý súbor. Reakcia na pomalé hlboké dýchanie a detailné priestorové mapovanie budú rozširujúcimi úlohami.

Požadované kvality/znalosti študenta:

- základné znalosti spracovania biomedicínskych signálov a fyziologických meraní,
- schopnosť práce v prostredí MATLAB alebo Python,
- záujem o spracovanie obrazových dát, fyziologickú interpretáciu výsledkov a systematickú prácu s reálnymi dátami,
- schopnosť čítať odborné texty v angličtine a priebežne dokumentovať dosiahnutý pokrok.

Financovanie:

Projekt je realizovaný v rámci výskumných aktivít projektu APVV-2025-0097 a s jeho finančnou podporou.

Referencie:

- [1] Cracowski, J. L., & Roustit, M. (2020). Human skin microcirculation. *Comprehensive Physiology*, 10(3), 1105-1154.
- [2] Páparde, A., Plakane, L., Circenis, K., & Aivars, J. I. (2015). Effect of acute systemic hypoxia on human cutaneous microcirculation and endothelial, sympathetic and myogenic activity. *Microvascular research*, 102, 1-5.
- [3] Bernardi, L., Gabutti, A., Porta, C., & Spicuzza, L. (2001). Slow breathing reduces chemoreflex response to hypoxia and hypercapnia, and increases baroreflex sensitivity. *Journal of hypertension*, 19(12), 2221-2229.
- [4] Mezentseva, L. V., Dudnik, E. N., & Nikenina, E. V. (2022). Effect of Hypoxia on the Stability of Microcirculation Parameters in the Temporal Head Regions of Humans. *Human Physiology*, 48(1), 94-101.
- [5] Seleng, J., Celovska, D., Procka, P., Labuda, M., & Borik, S. (2025). Camera-based evaluation of deep breathing effects on plantar foot microcirculation—A pilot study on young healthy. *Computers in Biology and Medicine*, 189, 109996.
- [6] Borik, S., Zemanikova, M., Procka, P., Seleng, J., Labuda, M., & Alian, A. A. (2026). Photoplethysmography imaging reveals frequency-specific microvascular responses to histamine in human skin. *Computers in Biology and Medicine*, 202, 111464.

1.4 Vplyv podmienok osvetlenia na kvalitu fotopletyzmozografického obrazového signálu

Pracovisko: Teoretickej elektrotechniky a biomedicínskeho inžinierstva

Výskumná oblasť: Elektrotechnické vedy

Špecifická oblasť výskumu: Biomedicínske inžinierstvo

Vedúci projektu: Ing. Soňa Šikyňová

Kontaktné údaje:

Telefón

+421 41
513 5095

E-mail

sona.sikynova@feit.uniza.sk

Web-stránka

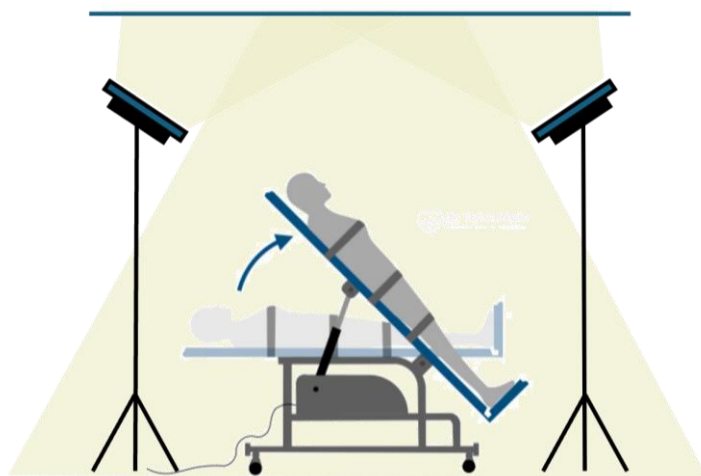
<https://www.researchgate.net/lab/HemodynamiX-Lab-Stefan-Borik>

Vplyv podmienok osvetlenia na kvalitu fotopletyzmozografického obrazového signálu

Opis projektu:

Fotopletyzmozografické zobrazovanie (PPGI) je bezkontaktná optická metóda umožňujúca sledovať zmeny prekrvenia kože. Digitálna kamera zaznamenáva časové zmeny intenzity svetla odrazeného od jej povrchu. Keďže svetlo sa v tkanive čiastočne absorbuje a rozptyľuje, zmeny objemu krvi v mikrovaskulárnom riečisku počas srdcového cyklu sa prejavujú zmenami optických vlastností snímanej oblasti. Výsledný PPGI signál však nie je ovplyvnený iba fyziologickým stavom meranej osoby, ale aj podmienkami snímania, najmä intenzitou a priestorovým rozložením osvetlenia, nastavením kamery a geometriou meracej zostavy.

Vplyv podmienok snímania je obzvlášť významný pri meraniach počas Head-Up Tilt Testu (HUTT), ktorý sa používa na kontrolované vyvolanie ortostatickej záťaže. Vyšetrovaná osoba je uložená na sklopnom stole, po úvodnej fáze v horizontálnej polohe je pasívne naklonená do vzpriamenej polohy a v záverečnej fáze merania sa stôl vráti späť do horizontálnej polohy. Počas celého protokolu je vyšetrovanej osobe snímaná tvár pomocou kamery, ktorá je pevne uchytená na pohybujúcom sa stole pre stabilné snímanie sledovanej oblasti záujmu. Pri pohybe stola sa tak mení poloha meracej sústavy spolu so sledovaným subjektom a taktiež aj jej orientácia voči svetelnému zdroju a okolitým odrazovým plochám. Na pokožku preto v jednotlivých fázach testu nemusí dopadať rovnaké množstvo svetla, čo ovplyvňuje zaznamenanú intenzitu obrazu aj pulzujúcej (AC) a jednosmernej (DC) zložky PPGI signálu. Zmeny vyvolané osvetlením sa tak môžu prekrývať so zmenami súvisiacimi



Obrázok inšpirovaný: AKGÜN, Taylan. Tilt Table Test: What It Is and What It Diagnoses [online]. 2024

s fyziologickou odpoveďou na ortostatickú záťaž. Na spoľahlivú interpretáciu HUTT dát je preto potrebné tento technický vplyv samostatne charakterizovať.

Výskumná stáž bude zameraná na vytvorenie kontrolovaného PPGI experimentu, v ktorom sa bude systematicky meniť vzdialenosť svetelného zdroja od meraného subjektu pri zachovaní konštantnej polohy subjektu a kamery. Svetelný zdroj bude smerovať na difúznú plochu, ktorá zabezpečí

nepriame osvetlenie podobné podmienkam pri HUTT. V pilotnej fáze sa určia vhodné polohy alebo vzdialenosti zdroja, dĺžka záznamu a rozsah intenzít, pri ktorom nedochádza k podexponovaniu ani saturácii obrazu. Následne sa podľa jednotného protokolu vytvorí dataset meraní zdravých dobrovoľníkov.

Zo záznamov bude následne vyhodnotený vplyv vzdialenosti osvetlenia, predovšetkým na DC a AC zložku signálu, ale taktiež na kvalitu sledovaného PPGI signálu. Výsledkom experimentu a následnej analýzy nameraných dát bude definícia aproximačného modelu, ktorý opíše všeobecný trend závislostí PPGI charakteristík od parametrov a konfigurácie osvetlenia, ako aj variabilitu medzi meranými subjektmi. Navrhnutý model bude slúžiť ako podklad na transformáciu a kompenzáciu zmien osvetlenia v existujúcich HUTT dátach.

Študent získa skúsenosti s návrhom experimentu, kamerovým meraním na ľudských subjektoch, spracovaním obrazových biosignálov, hodnotením kvality dát a tvorbou jednoduchého matematického modelu. Pre výskumný tím bude hlavným výstupom nový referenčný dataset, reprodukovateľný protokol a model využiteľný pri ďalšom spracovaní PPGI meraní počas HUTT.

Ciele projektu:

Hlavným cieľom stáže je experimentálne charakterizovať a matematicky opísať vplyv zmeny osvetlenia a jeho vzdialenosti na AC zložku, DC zložku a kvalitu PPGI signálu snímaného z tváre.

Čiastkové ciele stáže sú:

- navrhnuť a pilotne overiť reprodukovateľný protokol s riadenou zmenou vzájomnej polohy meracej sústavy a svetelného zdroja
- vytvoriť dataset PPGI záznamov zdravých dobrovoľníkov pri viacerých definovaných úrovniach osvetlenia;
- vyhodnotiť vplyv osvetlenia na DC a AC zložku a vybrané ukazovatele kvality PPGI signálu;
- vytvoriť a overiť aproximačný model použiteľný na kompenzáciu vplyvu osvetlenia v HUTT dátach.

Výsledkom stáže bude experimentálny protokol, anotovaný dataset, analytický postup a model závislosti vybraných PPGI ukazovateľov od osvetlenia.

Metodológia projektu:

1. Návrh a pilotné overenie protokolu. Študent sa oboznámi s princípom PPGI a s meracou zostavou. Na pilotnom meraní sa overí spôsob nepriameho osvetlenia pomocou difúznej plochy, zvolia sa polohy alebo vzdialenosti svetelného zdroja a stanoví sa dĺžka jednotlivých záznamov. Poloha subjektu, kamery a oblasti záujmu na tvári zostane počas experimentu konštantná. Pri každej podmienke sa zaznamená aj intenzita osvetlenia v mieste tváre; expozičné parametre kamery sa počas jedného merania nebudú automaticky meniť.

2. Zber a spracovanie dát. Podľa overeného protokolu sa uskutočnia opakované PPGI merania zdravých dobrovoľníkov pri viacerých polohách osvetlenia. Z obrazových záznamov sa určia stabilné oblasti záujmu a odvodí sa farebné časové priebehy. Po kontrole kvality a odstránení nevhodných úsekov sa vypočíta DC zložka, AC amplitúda a ukazovatele kvality pulzového signálu.

3. Modelovanie a overenie. Závislosť vybraných parametrov od intenzity alebo geometrie osvetlenia bude opísaná vhodným regresným alebo aproximačným modelom. Pri jeho návrhu sa zohľadnia opakované merania a rozdiely medzi subjektmi. Presnosť a generalizácia modelu bude posúdená na oddelenej časti dát alebo krížovou validáciou. Na záver sa preverí, či model umožňuje znížiť zmeny PPGI parametrov spôsobené osvetlením v dostupných HUTT záznamoch.

Požadované kvality/znalosti študenta:

- základné znalosti spracovania biomedicínskych signálov a princípov fyziologických meraní;
- základná schopnosť práce v prostredí MATLAB alebo Python;
- záujem o experimentálnu prácu, spracovanie a analýzu dát a fyziologickú interpretáciu výsledkov

Financovanie:

Projekt je realizovaný v rámci výskumných aktivít projektu DAPHNE: APVV-2025-0097; Priestorovo-časová dynamika amplitúdy a fázy mikrovaskulárnych oscilácií v koži

Referencie:

- [1] Borik, S., Lyra, S., Perlitz, V., Keller, M., Leonhardt, S., & Blazek, V. (2022). On the spatial phase distribution of cutaneous low-frequency perfusion oscillations. *Scientific Reports*, 12(1), 5997.
- [2] Borik, S., Keller, M., Perlitz, V., Lyra, S., Pelz, H., Müller, G., ... & Blazek, V. (2023). On the cardiorespiratory coordination assessed by the photoplethysmography imaging technique. *Scientific Reports*, 13(1), 14645.
- [3] Seleng, J., Celovska, D., Procka, P., Labuda, M., & Borik, S. (2025). Camera-based evaluation of deep breathing effects on plantar foot microcirculation—A pilot study on young healthy. *Computers in Biology and Medicine*, 189, 109996.
- [4] Aarotale, P. N., Blaber, A. P., & Tavakolian, K. (2020, July). Effect of Blood Volume Shift Simulated via Head-up Tilt on Photoplethysmography Morphology. In *2020 42nd Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine & Biology Society (EMBC)* (pp. 2695-269). IEEE.
- [5] Aponte-Becerra, L., & Novak, P. (2021). Tilt test: a review. *Journal of Clinical Neurophysiology*, 38(4), 279-286.
- [6] Borik, S., Gilmore, M. L., Gonzales-Fiol, A. J., Biondi, J. W., Wu, H. T., Shelley, K. H., & Alian, A. A. (2025). Photoplethysmography imaging to assess facial perfusion under simulated hypovolemia. *Physiological Measurement*, 46(7), 075008.

1.5 Detekcia degradácie a odhad teploty čipu SiC tranzistora s využitím nástrojov strojového učenia

Pracovisko: Katedra mechatroniky a elektroniky

Výskumná oblasť: Elektrotechnické vedy

Špecifická oblasť výskumu: výkonové elektronické systémy

Vedúci projektu: prof. Ing. Michal Frivaldský, PhD.

Kontaktné údaje:	Telefón	E-mail	Web-stránka
	+421 41 513 2050	michal.frivaldsky@uniza.sk	https://www.researchgate.net/profile/Michal-Frivaldsky?ev=hdr_xprf

„Detekcia degradácie a odhad teploty čipu SiC tranzistora s využitím nástrojov strojového učenia“

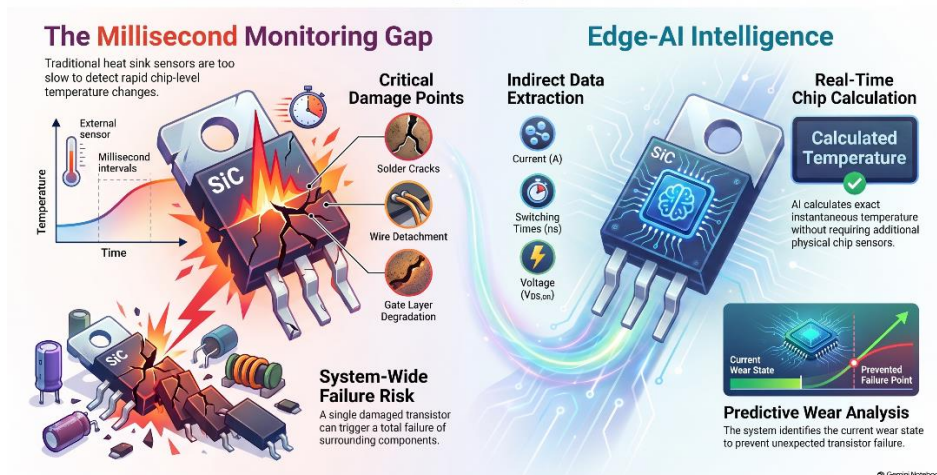
Opis projektu:

Výkonové elektronické kontinuuálne prechádzajú technologickou transformáciou, ktorá navyše súvisí s využitím polovodičových prvkov. Prechod od tradičných kremíkových (Si) polovodičov k materiálom s veľkou šírkou zakázaného pásma (Wide Bandgap – WBG), predovšetkým ku karbidu kremíka (SiC) a nitridu gália (GaN), prináša vo výkonnej elektronike niekoľko výziev. Tieto výzvy sú prirodzeným dôsledkom možností prevádzkovania týchto polovodičov. V porovnaní s Si – typom polovodičov, poskytujú výrazne lepšie dynamické vlastnosti, t.j. extrémne rýchle spínacie časy, prevádzka pri vysokých spínacích frekvenciách, extrémnu odolnosť na strmý nárast/pokles napätia či prúdu, či možnosť prevádzkovania pri vysokých prevádzkových teplotách. Tieto možnosti poskytujú množstvo výhod pre výsledný polovodičový systém, avšak na štruktúru samotnú spôsobujú niekoľko nepriaznivých javov. Práve tranzistory na báze karbidu kremíka (SiC MOSFET) sa stali štandardom v moderných elektrotechnických a energetických aplikáciách. S ich nasadením však úzko súvisia náročné požiadavky na spoľahlivosť a diagnostiku v reálnom čase.

Špecifickými deštruktívnymi a degradačnými mechanizmami, ktoré sa prejavujú počas ich prevádzky sú najmä:

- Nestabilita prahového napätia (V_{th} drift) a degradácia hradlovej oxidovej vrstvy SiO_2 – vplyvom vysokým hodnotám elektrického napätia a vyšším prevádzkovým teplotám.
- Degradácia spojov a puzdra – v dôsledku cyklického teplotného namáhania.
- Extrémne vysoká hodnota teploty prechodu T_j - teplota polovodičového prechodu (T_j) je najkritickejší parameter určujúci životnosť a okamžitú prúdovú zaťažiteľnosť súčiastky.

Smart Thermal Monitoring: Edge-AI for SiC Transistors



Predkladaný projektový zámer sa sústreďuje do oblasti snímania teploty SiC tranzistora na úrovni čipu, nepriamymi metódami založenými na využití dátových súborov z prevádzkovania komponentu

a s následnou extrakciou parametrov, ktoré umožnia vyhodnotiť žiadanú premennú. Teplota čipu (T_j) sa mení v časovom intervale trvajúcom milisekundy. Klasické senzory na chladiči sú príliš pomalé a reálnu teplotu čipu nedokážu detegovať spoľahlivo. Teplotným namáhaním praskajú spájkové vrstvy, odpájajú sa prírodné drôtky a degraduje hradlová vrstva. Keď sa takto tranzistor poškodí, dôsledkom je možné poškodenie ďalších okolitých komponentov a zlyhanie systému ako celku.

Podstata projektu spočíva v tom, že namiesto pridávania drahých a poruchových senzorov priamo na čip využijeme "inteligentný softvér" (Edge-AI). Tento softvér bude bežať priamo v riadiacom mikrokontroléri meniča. Bude priebežne merať bežne dostupné veličiny (prúd, napätie pri zopnutí $V_{ds,on}$, spínacie časy) a z ich drobných odchýlok dokáže matematicky a pomocou AI vypočítať presnú okamžitú teplotu čipu a rozpoznať, v akom stave opotrebovania (doba života) sa tranzistor nachádza.

Uvedená téma spája moderné výkonové polovodiče (SiC) s umelou inteligenciou v reálnom čase (Edge-AI) za účelom predikcie porúch a zvýšenia bezpečnosti meničov

Ciele projektu:

Cieľom výskumnej práce je návrh a verifikácia inteligentného algoritmu strojového učenia, ktorý beží priamo na digitálnom signálnom procesore (DSP) alebo mikrokontroléri (Edge-AI) a dokáže neinvazívne v reálnom čase odhadovať okamžitú teplotu čipu T_j a štádium degradácie SiC tranzistora. Výsledok riešenia možno rozdeliť do nasledovných hmotných a nehmotných výstupov:

- Simulačný model (PLECS/Pspice thermal) – bude slúžiť na získavanie vzorky dát zo simulovaných prevádzkových scenárov výkonového polovodičového systému.
- AI model optimalizovaný pre mikrokontroléry – vytrénovaná neurónová sieť s požadovanou presnosťou a zároveň minimálnymi nárokmi na výpočtový výkon.
- Firmware pre MCU – programový kód pre nasadenie na reálnom type procesora (napr. C2000 alebo STM 32), pre vyhodnocovanie v reálnom čase.
- HIL test – s využitím RT BOX, alebo laboratórny „testbench“ – verifikovaný test vyhodnocovania stavu degradácie tranzistora počas simulovanej činnosti v širokom časovom spektre prevádzky zariadenia.

Bod 3 a 4 sa predpokladá pri pokračovaní v letnom semestri Intership stáži 2026/2027

Metodológia projektu:

Zimný semester Intership stáže 2026/2027

Teoretická analýza a fyzikálny model:

- Štúdovanie mechanizmov degradácie vplyvom extrémne vysokých teplôt čipu SiC MOSFETov (zmena hodnôt V_{th} a $R_{ds,on}$).
- Sformulovanie elektrotepelných rovníc a identifikácia najvhodnejších parametrov pre následné nepriame vyhodnocovanie doby života.

Vytvorenie simulačného modelu pre akvizíciu dát (PLECS/Pspice thermal)

- Vytvorenie presného elektrotepelného modelu SiC tranzistora vrátane parazitných vlastností a tepelnej siete (Foster/Cauer model chladiča a puzdra).
- Simulácia rôznych prevádzkových stavov (zmeny záťaže, zmeny teploty okolia) a simulovanie umelých porúch (nárast $R_{ds,on}$ o 10--30 %, posun V_{th}).
- Vygenerovanie tréningového a testovacieho dátového súboru (datasetu).

Návrh a tréning AI modelu (Python / TensorFlow / PyTorch)

- Návrh ľahkej architektúry neurónovej siete, ktorá má nízke pamäťové a výpočtové nároky.
- Tréning siete na odhad T_j a klasifikáciu stavu degradácie.

Letný semester Intership stáže 2026/2027

Kvantizácia a optimalizácia pre Edge-AI

- Implementácia algoritmu na cieľového DSP

Realizácia HIL modelu, lebo laboratórneho prototypu

- Vytvorenie HIL modelu, alebo fyzikálneho prototypu s integrovaným obvodom na meranie kritických veličín pre následné nepriame vyhodnocovanie degradácie súčiastky.

Vyhodnotenie reálneho behu a verifikácia

- Testovanie presnosti odhadu T_j pri dynamických prúdových skokoch v reálnom čase
- Overenie výpočtového času algoritmu na DSP

Požadované kvality/znalosti študenta:

- Znalosť problematiky polovodičových súčiastok – dynamické charakteristiky

- Znalosť softvérových programov
 - OrCAD_Pspice/LTSpice
- Znalosť mikrokontrolérov a DSP
- Základné znalosti strojového učenia

Financovanie:

Pojektový zámer priamo súvisí s podporeným projektom APVV – 24 – 0584

Referencie:

- [1] Y. S. Zhang, Y. B. Wang, a D. L. Tan, „An Integrated Gate Driver With Real-Time $R_{ds,on}$ and Junction Temperature Monitoring for SiC MOSFETs,“ *IEEE Transactions on Power Electronics*, roč. 36, č. 8, s. 8632–8642, aug. 2021, doi: 10.1109/TPEL.2021.3051234.
- [2] H. A. Mantooth a R. A. Dougal, „Physics-Informed Neural Networks for Real-Time Junction Temperature Estimation of SiC Power Modules,“ *IEEE Journal of Emerging and Selected Topics in Power Electronics*, roč. 10, č. 3, s. 2945–2956, jún 2022, doi: 10.1109/JESTPE.2021.3128910.
- [3] X. M. Ding, M. S. Chen, a L. H. Zhang, „Condition Monitoring and Health Prognostics for SiC Power MOSFETs: A Comprehensive Review of Data-Driven Approaches,“ *IEEE Access*, roč. 11, s. 14210–14228, feb. 2023, doi: 10.1109/ACCESS.2023.3241500.
- [4] J. W. Lu, S. Y. Park, a K. M. Zhao, „High-Precision On-State Voltage Measurement Circuit for Fast-Switching SiC MOSFETs Under Dynamic Conditions,“ in *Proc. IEEE Energy Conversion Congress and Exposition (ECCE)*, Detroit, MI, USA, 2022, s. 1–8, doi: 10.1109/ECCE50734.2022.9922110.
- [5] P. K. Sharma a M. L. Gupta, „Edge-AI Implementation of Lightweight Neural Networks on C2000 Microcontrollers for Real-Time Converter Fault Diagnosis,“ in *Proc. IEEE Applied Power Electronics Conference and Exposition (APEC)*, Orlando, FL, USA, 2023, s. 1120–1126, doi: 10.1109/APEC43580.2023.10131420.

1.6 Inovácia laboratórnej úlohy Meranie tepelnej závislosti odporu materiálov: automatizované meracie stanovisko na báze platformy Arduino

Pracovisko: Katedra fyziky

Výskumná oblasť: Elektrotechnické vedy

Špecifická oblasť výskumu: Rozvoj laboratórií. Modernizácia a automatizácia meracích stanovíšť laboratória Katedry fyziky FEIT UNIZA, v ktorom sa merajú aj laboratórne úlohy predmetu Materiály a technológie v elektrotechnike. Elektrotechnické materiály, odporové snímače teploty a ich charakterizácia, nízkonákladová meracia technika na báze mikrokontrolérov.

Vedúci projektu: Mgr. Marián Janek, PhD.

Kontaktné údaje:	Telefón	E-mail	Web-stránka
	+421 41 950 352 868	marian.janek@uniza.sk	https://fyzika.uniza.sk/laboratoria/materialy-a-technologie-v-elektrotechnike/

„Inovácia laboratórnej úlohy Meranie tepelnej závislosti odporu materiálov: automatizované meracie stanovisko na báze platformy Arduino“

Opis projektu:

Východisková situácia. V laboratóriu Katedry fyziky FEIT UNIZA, v ktorom sa merajú aj laboratórne úlohy predmetu Materiály a technológie v elektrotechnike, sa dlhodobo realizuje úloha Meranie tepelnej závislosti odporu materiálov. Študenti v nej sledujú zmenu elektrického odporu sady vzoriek, teda rezistorov rôznych konštrukčných typov, termistorov a platinového odporového snímača, a merného elektrického odporu medeného a konštantánového vodiča v rozsahu približne 20 až 100 °C. Z nameraných hodnôt určujú teplotný súčiniteľ merného elektrického odporu, rozhodujú o vodivom alebo nevodivom charaktere materiálu a pomocou Wiedemannovho a Franzovho zákona odhadujú mernú tepelnú vodivosť. Úloha teda spája materiálovú fyziku, metrológiu a praktickú prácu s meracími prístrojmi a patrí k nosným experimentom predmetu.

Identifikovaný problém. Fyzikálny obsah úlohy je stále aktuálny, jej prístrojová realizácia však zodpovedá technike spred niekoľkých desaťročí. Vzorky sa prepínajú ručne, odpor sa odčítava z mikroohmmetra, hodnoty sa prepisujú do tlačenej tabuľky a grafy vznikajú až dodatočne mimo laboratória. Pri siedmich teplotných bodoch a desiatich vzorkách musí študent počas jedného cvičenia odčítať a zapísať približne sedemdesiat hodnôt. Jednotlivé vzorky sú pritom merané postupne, takže každá z nich je odčítaná pri mierne odlišnej teplote, ktorá sa počas odčítavania mení. Vzniká systematická chyba, ktorú súčasné usporiadanie nedokáže ani kvantifikovať, ani odstrániť. Podstatná časť času cvičenia sa spotrebuje na mechanické odčítavanie a na fyzikálnu interpretáciu, ktorá je vlastným zmyslom úlohy, zostáva minimum priestoru. Namerané dáta navyše neexistujú v digitálnej podobe, takže ich nemožno ďalej spracovať, porovnávať medzi skupinami, ani archivovať pre dlhodobé sledovanie stability vzoriek a meracieho stanoviska.

Zámer projektu. Projekt navrhuje nahradiť manuálne meranie automatizovaným meracím stanoviskom postaveným na platforme Arduino a na pripojenej analógovej elektronike. Stanovisko cyklicky prepína vzorky, meria ich odpor spolu s referenčnou teplotou a odosiela dáta do počítača, kde sa v reálnom čase vykresľujú závislosti $R = f(T)$ pre všetky vzorky súčasne. Jeden teplotný cyklus tak poskytne rádovo stovky až tisíce bodov namiesto siedmich, celá sada vzoriek sa odmeria počas niekoľkých sekúnd pri prakticky rovnakej teplote a študent sa namiesto prepisovania čísel venuje návrhu experimentu, kalibrácii meracej reťaze, posudzovaniu neistôt a fyzikálnej interpretácii nameraných priebehov.

Meraná sada vzoriek. Sada zámerne pokrýva materiály s odlišným mechanizmom vedenia prúdu a s odlišným znamienkom aj rádom teplotnej závislosti odporu, aby bolo možné na jednom stanovisku a v jednom grafe porovnať:

- klasické rezistory: metalizovaný vrstvomý, uhlíkový vrstvomý, drôtový a starší uhlíkový kompozitný rezistor, ktoré pri rovnakej menovitej hodnote odporu vykazujú výrazne odlišnú teplotnú stabilitu,
- kovové vodiče: medený drôt s teplotným súčiniteľom približne $4 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$ a konštantánový drôt s takmer nulovým teplotným súčiniteľom,

- platinové odporové snímače Pt100 a Pt1000 s normovanou charakteristikou podľa IEC 60751, ktoré slúžia zároveň ako referenčný teplomer stanoviska,
- NTC termistory na báze polovodivých oxidov niklu, mangánu a kobaltu s exponenciálnym poklesom odporu a s konštantou B rádovo 3000 až 4000 K,
- PTC termistory dvoch typov: keramický pozistor na báze titaničitanu bárnateho s prudkým nárastom odporu o niekoľko rádov nad Curieho teplotou a kremíkový snímač typu KTY s približne kvadratickým priebehom.

Fyzikálne pozadie. Sada umožňuje demonštrovať tri odlišné mechanizmy. V kovoch rastie merný odpor takmer lineárne s teplotou, pretože rastúca amplitúda kmitov mriežky znižuje pohyblivosť elektrónov, pričom podľa Matthiessenovho pravidla sa k tepelnej zložke pripočítava od teploty nezávislá zložka daná prímiesami a deformáciou mriežky. Práve táto zložka vysvetľuje, prečo má konštantný takmer nulový teplotný súčiniteľ a prečo je vhodný pre presné rezistory. V polovodivých oxidoch termistorov NTC prevláda tepelne aktivovaný preskokový transport nosičov, takže odpor s teplotou klesá podľa vzťahu $R(T) = R_{25} \cdot \exp[B \cdot (1/T - 1/T_{25})]$ a v širšom rozsahu sa presnejšie opisuje Steinhartovou a Hartovou rovnicou. V polykryštalickej keramike PTC sa nad Curieho teplotou stráca spontánna polarizácia, prestane sa kompenzovať potenciálová bariéra na hraniciach zŕn a odpor vzrastie o niekoľko rádov. Študent tak na jednom grafe uvidí materiál s kladným, záporným aj prakticky nulovým teplotným súčiniteľom a bude ho vedieť priradiť ku konkrétnej mikroskopickej predstave.

Technické riešenie. Jadrom stanoviska je mikrokontrolérová doska Arduino Uno alebo Nano. Odpor sa nemeria priamo prevodníkom mikrokontroléra, ktorého presnosť by nepostačovala, ale pomerovou metódou: skúmaná vzorka tvorí s presným etalónovým rezistorom (tolerancia 0,1 %, teplotný súčiniteľ 25 ppm/K) delič napätia a pomer napätí sa sníma šestnásťbitovým sigma-delta prevodníkom ADS1115 s programovateľným zosilnením a diferenciálnym vstupom. Pomerové zapojenie eliminuje vplyv kolísania napájacieho napätia. Vzorky sa prepínajú analógovým multiplexorom CD74HC4067, prípadne relé maticou tam, kde by odpor spínača predstavoval neprijateľnú chybu. Široký rozsah meraných odporov, od jednotiek ohmov u medeného vodiča po stovky kiloohmov u termistora NTC pri nízkych teplotách, vyžaduje niekoľko prepínateľných etalónových rezistorov, ktorých voľbu riadi firmvér automaticky podľa aktuálnej meranej hodnoty. Referenčnú teplotu meria snímač Pt100 v štvorvodičovom zapojení s prevodníkom MAX31865 a linearizáciou podľa Callendarovej a Van Dusenovej rovnice. Vzorky s malým odporom sa merajú tiež štvorvodičovo, aby sa vylúčil odpor prívodov, ktorý pôvodný návod rieši samostatným meraním a odčítaním. Termistory NTC sú napájané zo zdroja konštantného prúdu s hodnotou pod 100 μ A, čím sa potlačí ich samoohrev. Firmvér zabezpečuje časovanie, priemerovanie a odosielanie dát vo formáte CSV cez sériovú linku USB, obslužný skript v Pythone dáta ukladá, vykresľuje a vyhodnocuje. Voliteľným rozšírením je riadenie ohrevu polovodičovým relé a PID regulátorom, ktoré umožní automaticky prejsť zvolený teplotný profil s definovanými výdržami.

Metrologická časť. Práve metrologický rozbor je pridanou hodnotou inovácie a odlišuje ju od bežného amatérskoho zapojenia s Arduinom. Študent bude analyzovať a experimentálne overovať jednotlivé zdroje neistoty: kvantovaciu chybu a šum prevodníka, toleranciu a teplotný drift etalónových rezistorov, odpor prívodov a spínačov, termoelektrické napätia na spojoch rôznych kovov, samoohrev vzorky merným prúdom, tepelnú zotrvačnosť a teplotný gradient medzi vzorkou a referenčným teplomerom. Kombinovaná štandardná neistota merania sa vyhodnotí a výsledná charakteristika stanoviska sa porovná s laboratórnym multimetrom, ktorý posluží ako referencia. Rovnaký prístup k presnosti nízkonákladového merania odporu s Arduinom je publikovaný aj v odbornej literatúre, čo umožní študentovi porovnať vlastné výsledky s publikovanými.

Prínos projektu. Pre pracovisko vznikne funkčné, zdokumentované a reprodukovateľné meracie stanovisko s otvoreným hardvérom aj softvérom, ktoré bude možné v prípade poruchy opraviť alebo rozmnožiť za rádovo nižšie náklady než pri komerčnom meracom systéme. Vznikne referenčná databáza charakteristík všetkých vzoriek, voči ktorej bude možné kontrolovať správnosť študentských meraní, a podklady, z ktorých cvičiaci spracuje inovovaný návod na cvičenie so vzorovým protokolom. Vyhodnocovací modul s automatickým výpočtom všetkých charakteristických parametrov zostane nástrojom cvičiaceho na kontrolu študentských protokolov. Ťažisko cvičenia sa presunie od odčítavania čísel k rozboru fyzikálnej podstaty a neistôt, čím sa priamo posilní kvalita výučby predmetu. Pre študenta je projekt ucelenou skúsenosťou, ktorá spája návrh analógového obvodu, programovanie mikrokontroléra, spracovanie dát a metrologické myslenie, teda zručnosti priamo uplatniteľné v priemyselnej praxi aj v ďalšom štúdiu. Téma je zároveň prirodzeným základom bakalárskej alebo diplomovej práce a vhodným príspevkom do Študentskej vedecko-odbornej súťaže FEIT UNIZA.

Riziká a ich riadenie. Hlavným technickým rizikom je nedostatočná presnosť lacnej meracej reťaze pri extrémnych hodnotách odporu. Riziko sa znižuje pomerovým zapojením, prepínateľnými etalónmi a priebežným porovnávaním s referenčným multimetrom už od prvej fázy riešenia.

Druhým rizikom je teplotná nehomogenita vyhrievacieho bloku, ktorá sa overí meraním viacerými snímačmi a zohľadní sa v rozpočte neistôt. Projekt je členený na samostatne použiteľné celky, takže aj čiastočne dokončené riešenie, napríklad stanovisko bez automatického riadenia ohrevu, prinesie okamžite využiteľný výsledok pre laboratórium.

Ciele projektu:

Hlavným cieľom projektu je inovovať laboratórnu úlohu Meranie tepelnej závislosti odporu materiálov návrhom, realizáciou a overením automatizovaného meracieho stanoviska na báze platformy Arduino a uviesť ho do rutínnej prevádzky v laboratóriu Katedry fyziky FEIT UNIZA.

Čiastkové ciele:

- Navrhnuť a zostaviť meraciu reťaz: multiplexor vzoriek, pomerový delič s prepínateľnými etalónovými rezistormi, zdroj konštantného prúdu pre termistory a prevodníky ADS1115 a MAX31865.
- Vytvoriť firmvér pre Arduino zabezpečujúci prepínanie vzoriek, časovanie, priemerovanie, prepočet odporu a teploty a odosielanie dát vo formáte CSV.
- Vytvoriť obslužný program pre študentov so zberom dát, vykresľovaním priebehov $R = f(T)$ v reálnom čase a exportom do formátu CSV.
- Vytvoriť samostatný vyhodnocovací modul s automatickým výpočtom teplotného súčiniteľa odporu, konštanty B, koeficientov Steinhartovej a Hartovej rovnice a Curieho teploty pozistora, ktorý bude k dispozícii len cvičiacemu ako nástroj na kontrolu študentských protokolov.
- Kalibrovať stanovisko voči laboratórnemu etalónu, zostaviť rozpočet neistôt merania a experimentálne overiť dosiahnutú presnosť merania odporu a teploty.
- Zmerať kompletnú sadu vzoriek v rozsahu 20 až 120 °C a vytvoriť referenčnú databázu ich charakteristík pre kontrolu študentských meraní.
- Pripraviť podklady pre inovovaný návod na cvičenie, teda technický opis stanoviska, vzorový protokol a namerané referenčné priebehy; samotný návod na ich základe spracuje cvičiaci.
- Prezentať dosiahnuté výsledky formou Elevator Pitch prezentácie, záverečnej správy a príspevku do Študentskej vedecko-odbornej súťaže FEIT UNIZA.

Metodológia projektu:

Projekt je riešený experimentálne a vývojovo, v piatich na seba nadväzujúcich fázach, s týždennými konzultáciami s vedúcim projektu a s priebežným vedením laboratórneho denníka. Verzie firmvéru, skriptov a dokumentácie sa udržiavajú v systéme na správu verzií.

Fáza 1, rešerš a špecifikácia (15. 10. až 31. 10. 2026): analýza existujúceho návodu a meracieho stanoviska, rešerš literatúry k teplotnej závislosti odporu kovov, polovodičových termistorov a keramiky PTC, rešerš metód merania odporu s mikrokontrolérom, voľba sady vzoriek a spísanie technickej špecifikácie s cieľovými parametrami presnosti.

Fáza 2, návrh a realizácia hardvéru (1. 11. až 20. 11. 2026): návrh schémy zapojenia a jej simulačné overenie, výber súčiastok, osadenie prototypu na nepájivom poli a následne na doske plošných spojov, mechanické riešenie vyhrievacieho bloku s držiakmi vzoriek a umiestnením referenčného snímača Pt100, oživenie a základné funkčné skúšky.

Fáza 3, firmvér a obslužný softvér (21. 11. až 10. 12. 2026): implementácia riadenia multiplexora, automatickej voľby rozsahu, priemerovania a prenosu dát, linearizácia Pt100 podľa Callendarovej a Van Dusenovej rovnice, obslužný skript v Pythone so zberom, ukladaním a vykresľovaním dát v reálnom čase a s exportom do formátu CSV.

Fáza 4, kalibrácia a overovanie merania (11. 12. 2026 až 5. 1. 2027): porovnávacie meranie voči etalónovým rezistorom a laboratórnemu multimetru, overenie teplotnej homogenity bloku, experimentálne stanovenie vplyvu samoohrevu a tepelnej zotrvačnosti, zostavenie rozpočtu neistôt merania, meranie kompletnej sady vzoriek pri ohreve aj ochladzovaní a vyhodnotenie teplotného súčiniteľa odporu, konštanty B, koeficientov Steinhartovej a Hartovej rovnice a Curieho teploty pozistora.

Fáza 5, dokumentácia a odovzdanie (6. 1. až 15. 1. 2027): technická dokumentácia stanoviska vrátane schém, zoznamu súčiastok a zdrojových kódov, podklady pre inovovaný návod na cvičenie so vzorovým protokolom, ktorý na ich základe spracuje cvičiaci, referenčná databáza nameraných charakteristík, záverečná správa a Elevator Pitch prezentácia.

Priebežné hodnotenie prebehne na konci fázy 2 a fázy 4 formou funkčnej skúšky stanoviska a kontroly dosiahnutých parametrov voči technickej špecifikácii z fázy 1.

Požadované kvality/znalosti študenta:

- Ukončený minimálne 2. ročník bakalárskeho štúdia, znalosti elektrotechniky a fyziky materiálov v rozsahu základných kurzov FEIT UNIZA.
- Základná orientácia v analógových obvodoch: delič napätia, operačné zosilňovače, zdroje prúdu, schopnosť čítať katalógový list súčiastky.
- Programovanie mikrokontroléra Arduino v jazyku C alebo C++, prípadne ochota si túto zručnosť v úvode stáže osvojiť.
- Základy programovania v jazyku Python alebo práca s tabuľkovým procesorom na úrovni spracovania a vyhodnotenia meraných dát vrátane regresie.
- Praktická zručnosť pri spájkovaní a montáži, schopnosť pracovať s multimetrom, osciloskopom a laboratórnym zdrojom.
- Systematickosť pri experimentálnej práci, vedenie laboratórneho denníka a schopnosť kriticky posúdiť dôveryhodnosť nameraného výsledku.
- Samostatnosť, spoľahlivosť a záujem o experimentálnu materiálovú fyziku a meraciu techniku.

Financovanie:

Stáž bude realizovaná v rámci programu FEIT INTERNSHIP pre zimný semester akademického roka 2026/2027 na Katedre fyziky FEIT UNIZA. Materiálové zabezpečenie (mikrokontrolérová doska, prevodníky, etalónové rezistory, vzorky a spotrebný materiál) predstavuje rádovo desiatky eur je už zabezpečené.

Referencie:

- [1] MAKAN, G., MINGESZ, R., GINGL, Z.: How accurate is an Arduino Ohmmeter? Physics Education, roč. 54, 2019, č. 3, čl. 033001. DOI: 10.1088/1361-6552/ab0910
- [2] GONÇALVES, A. M. B. et al.: Resources on physics education using Arduino. Physics Education, roč. 58, 2023, č. 3, čl. 033002. DOI: 10.1088/1361-6552/acb8a2
- [3] CHEN, C.: Evaluation of resistance-temperature calibration equations for NTC thermistors. Measurement, roč. 42, 2009, č. 7, s. 1103 až 1111. DOI: 10.1016/j.measurement.2009.04.004
- [4] WHITE, D. R.: Interpolation Errors in Thermistor Calibration Equations. International Journal of Thermophysics, roč. 38, 2017, č. 4, čl. 59. DOI: 10.1007/s10765-017-2194-x
- [5] RUDTSCH, S., von ROHDEN, C.: Calibration and self-validation of thermistors for high-precision temperature measurements. Measurement, roč. 76, 2015, s. 1 až 6. DOI: 10.1016/j.measurement.2015.07.028
- [6] CHEN, Y. L. et al.: PTCR effect in donor doped barium titanate: Review of compositions, microstructures, processing and properties. Advances in Applied Ceramics, roč. 110, 2011, č. 5, s. 257 až 269. DOI: 10.1179/1743676111Y.0000000001

1.7 Revitalizácia vybraných demonštrácií interaktívnej výstavy Krajina vln

Pracovisko: Katedra fyziky

Výskumná oblasť: Elektrotechnické vedy

Špecifická oblasť výskumu: Rozvoj laboratórií | Vzdelávanie | Popularizácia a diseminácia

Vedúci projektu: doc. Ing. Norbert Tarjányi, PhD.

Kontaktné údaje:

Telefón

+421 41 513 2368

E-mail

norbert.tarjanyi@uniza.sk

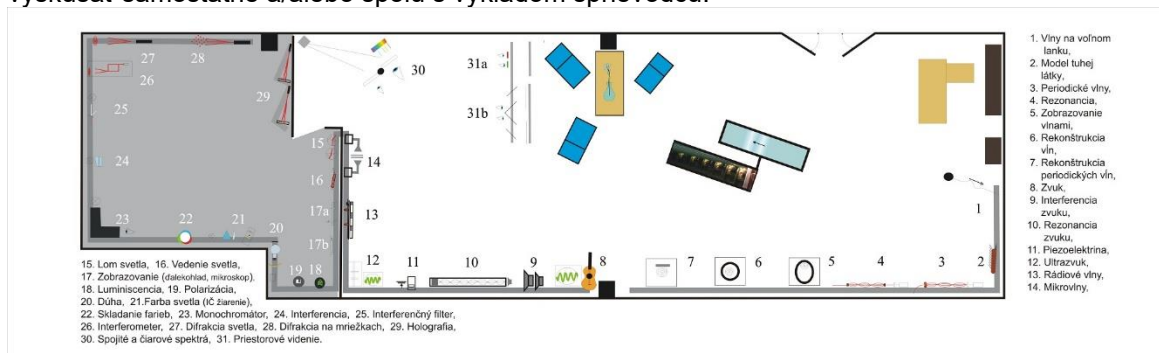
Web-stránka

krajinavln.uniza.sk

Revitalizácia vybraných demonštrácií interaktívnej výstavy Krajina vln

Opis projektu:

Krajina vln je interaktívna výstava demonštrácií vlnových procesov, ktorá bola vytváraná v období rokov 2007 až 2009 v rámci riešenia projektu LPP-0090-06 podpornej schémy APVV. Riešiteľský kolektív tvorili viacerí členovia Katedry fyziky a dvaja pracovníci Servisného centra EF UNIZA. Projekt bolo možné zrealizovať aj vďaka výraznej podpore vtedajšieho vedenia Elektrotechnickej fakulty, ktoré výstave poskytlo priestor v suteréne novopostavenej budovy AB. Zámerom autorov výstavy bola snaha o vytvorenie inkluzívneho priestoru prepájajúceho generácie bez ohľadu na profesijné pozadie. Spájajúcim prvkom je túžba a snaha po porozumení podstaty prírodných javov a ich využitia v technických aplikáciách. Výstava od svojho začiatku bola otvorená pre domácich i zahraničných návštevníkov a študentov UNIZA, žiakov ZŠ, SŠ, VŠ a univerzít, ako i obyvateľov a návštevníkov mesta Žilina. Je koncipovaná podľa princípu „od jednoduchšieho ku komplikovanejšiemu“, čo je plne v súlade so vzdelávacou metódou J. A. Komenského. Výstavu v súčasnosti tvorí 34 interaktívnych demonštrácií (Obr. 1), ktoré si návštevníci môžu vyskúšať samostatne a/alebo spolu s výkladom sprievodcu.



Obr. 1 Mapa znázorňujúca pôdorys a rozloženie demonštrácií tvoriacich výstavu Krajina vln.

Medzi pravidelných návštevníkov výstavy patria žiaci ZŠ a študenti SŠ, ako aj UNIZA. Tí skôr menovaní navštevujú výstavu v rámci vyučovacích hodín predmetov Fyzika, Seminár z fyziky alebo príbuzných technických predmetov, prípadne v rámci širšej exkurzie zahŕňajúcej aj iné pracoviská UNIZA. V prípade návštev zo ZŠ a SŠ učители a žiaci (študenti) vyzdvihujú odbornú, pedagogickú a technickú úroveň exponátov, čo prispieva k ich lepšiemu pochopeniu preberaného učiva, jeho súvisu s praktickým životom, ale v nezanedbateľnej miere i k budovaniu dobrého mena UNIZA a FEIT UNIZA zvlášť v očiach odbornej [1-3] a laickej verejnosti [4]. Absolvovanie výstavy Krajina vln veľkou mierou prispieva k rozhodovaniu študentov o ich ďalšom štúdiu a profesijnom smerovaní.

Medzi pravidelných návštevníkov z UNIZA primárne patria študenti fakúlt FEIT, Sjf a SvF, keďže týmto fakultám poskytuje Katedra fyziky službu vo vyučovaní predmetu Fyzika a zároveň tieto fakulty prirodzene poskytujú študentom vzdelanie v aplikovaných predmetoch založených na fyzikálnych zákonoch.

V období rokov 2014 až 2015 bol členmi Katedry fyziky a katedry KMIKT riešený projekt č. 036ŽU-4/2014, „Svet vln“ v rámci podpornej schémy KEGA, s týmito cieľmi:

1. Aktívnym spôsobom sa podieľať na rozširovaní vedomostí a vplývať na súčasnú generáciu žiakov ZŠ a študentov SŠ a VŠ a v neposlednom rade aj na širokú verejnosť.
2. Z vybraných demonštrácií realizovať ich prenosné mutácie a ponúknuť učiteľom základných a stredných škôl „know-how“ v oblasti prípravy a realizácie „nízkonákladových“ názorných demonštrácií vlnových procesov a motivovať a podporovať ich v tom, aby tvorivo pristupovali k procesu učenia a vymýšľali vlastné demonštračné pomôcky použiteľné v rôznych oblastiach fyziky.
3. Vytvoriť voľne dostupné fyzikálne applety a krátke náučno-popularizačné filmy z prostredia Krajiny vln.

Úspešná realizácia projektu viedla k výraznému nárastu návštevníkov Krajiny vln z rôznych regiónov Slovenska (na konci roka 2015 bol dokladovaný počet návštev od otvorenia v roku 2009 spolu vyše 5000) a k vytvoreniu webovej platformy, vďaka ktorej sa stala Krajina vln viditeľnou v širokom internetovom priestore a zároveň ľahko dostupnou prostredníctvom možnosti vyplnenia online formulára slúžiaceho na dohodnutie návštevy [4].

V súčasnosti je výstava funkčná, avšak vzhľadom na časté používanie exponátov počas jej 17 rokov trvajúcej existencie ako i prirodzenú degradáciu materiálov je potrebné z času na čas urobiť menšie či väčšie zásahy do exponátov. Navyše, na základe preverenia tisíckami návštevníkov v niektorých prípadoch dochádza aj k modifikáciám, resp. vylepšeniam prevedenia exponátov. Vzhľadom na obmedzený ľudský a časový fond však tieto opravy a úpravy trvajú od návrhu po realizáciu neprimerane dlhý čas.

Snahy predchádzajúcich vedení fakulty zapojiť študentov do pracovného života fakulty sa premietli do vytvorenia formálnej pozície „pomved“, vďaka ktorej mohol motivovaný študent (za finančnú odmenu) participovať na aktivitách vedecko-výskumnej a tvorivej činnosti katedry. Spravidla sa táto aktivita pretavila do bakalárskej alebo diplomovej práce. Aj vďaka tomu bolo možné výstavu Krajina vln ľahšie udržiavať vo funkčnom stave a plánovať jej rozvoj. V kontexte aktuálnej výzvy FEIT INTERNSHIP je preto vítané, že sa opäť vytvára podobná príležitosť.

Zapojením študenta/študentov do procesu fungovania výstavy sa očakáva synergický efekt. Delegovaním niektorých činností a zodpovedností na študenta bude možné dosiahnuť revitalizáciu vybraných demonštrácií rýchlejšie. Študent pri tom získa nové (aj mäkké) zručnosti, skúsenosti a odborné znalosti. Taktiež bude možné uvažovať o rozšírení otváracích hodín počas týždňa, resp. i víkendu a o spojení s vybranými aktivitami univerzitného zážitkového centra MOTIO. Tento krok by prispel k ešte väčšiemu zviditeľneniu výstavy a FEIT UNIZA ako takej.

Ciele projektu:

1. Identifikovať exponáty interaktívnej výstavy Krajina vln, ktoré si nutne vyžadujú opravu alebo úpravu a túto potom za pomoci študenta uskutočniť.
2. Oboznámiť študenta so spôsobom fungovania interaktívnej výstavy a pripraviť ho po odbornej a technickej stránke tak, aby mohol v budúcnosti samostatne správať návštevy.

Metodológia projektu:

Projekt revitalizácie vybraných demonštrácií interaktívnej výstavy vlnových procesov „Krajina vln“ bude realizovaný ako kombinácia analýzy súčasného stavu, odborného posúdenia, návrhu úprav, prototypovania, testovania a následnej implementácie. Metodologický postup bude vychádzať z princípov neformálneho vzdelávania, interaktívnej prezentácie prírodovedných javov a používateľsky orientovaného dizajnu.

Metodologický postup:

1. Analýza súčasného stavu výstavy
V úvodnej fáze sa uskutoční inventarizácia vybraných demonštrácií so zameraním na ich technický stav, funkčnosť, bezpečnosť, vizuálnu kvalitu, zrozumiteľnosť a mieru interaktivity. Súčasne bude posúdená aktuálnosť odborného obsahu a vhodnosť jednotlivých exponátov pre cieľové skupiny návštevníkov.
2. Výber demonštrácií určených na revitalizáciu
Na základe výsledkov analýzy budú vybrané demonštrácie, pri ktorých je revitalizácia najviac opodstatnená. Kritériami výberu budú najmä technická zastaranosť alebo nefunkčnosť, vzdelávací potenciál, návštevnícka atraktivita, možnosti zvýšenia interaktivity a primeranosť nákladov na obnovu.
3. Stanovenie cieľov a požiadaviek na revitalizáciu

Pre každý vybraný exponát budú definované konkrétne ciele revitalizácie. Pôjde najmä o zachovanie funkčnosti, zvýšenie názornosti demonštrovaného javu, zlepšenie používateľskej skúsenosti, zvýšenie spoľahlivosti a bezpečnosti, a vytvorenie podmienok na aktívne experimentovanie návštevníka.

4. Návrh realizácie

Na základe odborného posúdenia budú vypracované návrhy technických, konštrukčných, grafických a didaktických úprav. Pri návrhu bude zohľadnená interaktivita exponátov, intuitívnosť ovládania, odolnosť pri každodennej prevádzke a schopnosť exponátu sprostredkovať fyzikálny princíp aj návštevníkovi bez predchádzajúcich odborných znalostí.

5. Prototypovanie a realizácia úprav

Pri demonštráciách, pri ktorých to bude potrebné, budú vytvorené funkčné prototypy alebo čiastkové riešenia. Tie umožnia overiť vhodnosť navrhovaných technických a didaktických prvkov ešte pred finálnou realizáciou. Následne budú uskutočnené samotné rekonštrukčné, modernizačné alebo dizajnové úpravy vybraných demonštrácií.

6. Testovanie funkčnosti a používateľské testovanie

Revitalizované demonštrácie budú podrobené technickému testovaniu a následne overené v podmienkach reálnej alebo simulovanej návštevy výstavy. Pozornosť bude venovaná najmä funkčnosti, intuitívnosti ovládania, zrozumiteľnosti inštrukcií, atraktivite demonštrácie, schopnosti návštevníka samostatne realizovať experiment a správne pochopeniu prezentovaného javu.

7. Vyhodnotenie a optimalizácia

Zistené nedostatky budú zaznamenané a podľa potreby odstránené. Na základe spätnej väzby návštevníkov a/alebo odborného tímu budú upravené technické, vizuálne alebo didaktické prvky jednotlivých exponátov.

8. Implementácia do výstavy a dokumentácia

Finálne revitalizované demonštrácie budú začlenené do výstavy „Krajina vln“. Súčasťou výstupu bude technická a metodická dokumentácia, ktorá umožní ich ďalšiu údržbu, prípadne opravy a budúcu aktualizáciu.

Takto koncipovaný postup zabezpečí, že revitalizácia nebude predstavovať iba technickú obnovu exponátov, ale komplexné zvýšenie ich funkčnej, didaktickej a návštevníckej hodnoty.

Požadované kvality/znalosti študenta:

- Základné technické a elektrotechnické zručnosti (skúsenosť s 3D tlačou je výhoda)
- Komunikatívnosť
- Kreativita

Financovanie:

názov: Rozvíjanie kľúčových kompetencií v STEAM vzdelávaní od primárneho až po terciárne na UNIZA

číslo: 006ŽU-4/2024

trvanie projektu: 01.01.2024 - 31.12.2026

podporná schéma: KEGA

Referencie:

- [1] Tarjányi, Norbert; Tarjányiová, Gabriela, „Land of waves - exposition of interactive demonstrations of wave processes“, In: *19th conference of Slovak physicists*, 3.-6.9.2012, Prešov university, Prešov, Reiffers, Marián, ed., Bratislava (Slovensko): Slovenská fyzikálna spoločnosť, 2013. ISBN 978-80-970625-8-3, s. 69-70.
- [2] Tarjányi, Norbert ; Tarjányiová, Gabriela, „Zvuky z krajiny vln“, In: *Tvorivý učiteľ fyziky 8*, 07.04.2015-09.04.2015, Smolenice, Kireš, Marián, Krupa, Dalibor eds., Bratislava (Slovensko) : Slovenská fyzikálna spoločnosť, 2016. ISBN 978-80-971450-8-8, s. 215-222.
- [3] Tarjányiová, Gabriela; Tarjányi, Norbert; Hockicko, Peter, „Land of waves: let's make the physics of waves available to all“, In: *Teaching physics for understanding engineering*, Proceedings of the 10th international conference on Physics teaching in engineering education, 23.05.2019-24.05.2019, Delft, Holandsko, Lock, Arjan, ed. Brusel (Belgicko): European Society for Engineering Education, 2019. ISBN 9789090318745, s. [1-7].
- [4] <https://krajinavln.uniza.sk/>

1.8 Výskum robustnosti metód klastrovania odberných miest v distribučných sieťach nízkeho napätia

Pracovisko: Katedra elektroenergetiky a elektrických pohonov

Výskumná oblasť: Elektrotechnické vedy

Špecifická oblasť výskumu: Optimalizácia a riadenie prevádzky distribučných sietí nízkeho napätia

Vedúci projektu: doc. Ing. Marek Höger, PhD.

Kontaktné údaje:

Telefón

E-mail

Web-stránka

+421 41 513 2156

marek.hoger@uniza.sk

Výskum robustnosti metód klastrovania odberných miest v distribučných sieťach nízkeho napätia

Opis projektu:

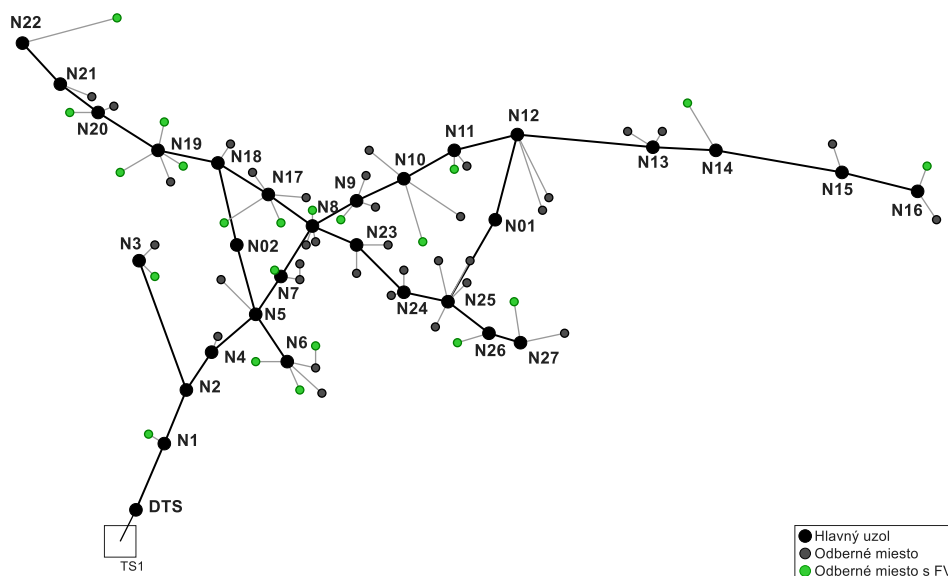
Projekt nadväzuje na výsledky predchádzajúcej výskumnej stáže a bakalárskej práce zameranej na problematiku klastrovania odberných miest v distribučných sieťach nízkeho napätia. Dlhodobým cieľom riešeného výskumu je vytvoriť metodiku umožňujúcu efektívnejšie riešenie úloh optimalizácie a riadenia prevádzky distribučných sietí prostredníctvom vhodného zoskupovania odberných miest do klastrov. Problematika úzko súvisí s rozvojom konceptu inteligentných sietí, v rámci ktorého sa predpokladá podstatne vyššia miera automatizácie riadenia prevádzky distribučných sústav, ako aj aktívne zapájanie koncových používateľov do procesov regulácie a optimalizácie prevádzky siete.

Moderné distribučné siete nízkeho napätia často obsahujú desiatky až stovky odberných miest. Popri samotných spotrebičoch sú dnes do týchto sietí vo zvýšenej miere pripájané aj lokálne výrobné zdroje, predovšetkým fotovoltaické elektrárne, systémy akumulácie energie či nabíjacie stanice elektromobilov. Tieto zariadenia významne zvyšujú komplexnosť úloh spojených s optimalizáciou prevádzky siete. Pokiaľ sa každé odberné miesto alebo výrobný zdroj považuje za samostatne riadenú entitu, počet optimalizačných premenných veľmi rýchlo narastá, čo následne vedie k prudkému rastu výpočtovej náročnosti použitých algoritmov. Tento problém je obzvlášť významný pri aplikáciách vyžadujúcich opakované riešenie optimalizačných úloh v krátkych časových intervaloch alebo pri vyhodnocovaní veľkého množstva prevádzkových scenárov.

Jedným z možných riešení uvedeného problému je klastrovanie odberných miest. Základnou myšlienkou je zoskupiť viacero odberných miest do väčších celkov, ktoré následne z pohľadu optimalizačného algoritmu vystupujú ako jedna riadená entita. Takýto prístup umožňuje významne redukovať počet optimalizačných premenných a tým aj výpočtovú náročnosť celého procesu. Pri vhodne realizovanom klastrovaní by pritom malo byť možné zachovať väčšinu informácií o správaní siete a minimalizovať negatívny dopad zjednodušeného modelu na kvalitu dosiahnutého riešenia.

Prvá etapa výskumu bola zameraná na identifikáciu perspektívnych klasterizačných metód a vytvorenie experimentálneho prostredia umožňujúceho ich systematické testovanie. V rámci riešenia boli implementované rôzne metódy klastrovania, vytvorený matematický model distribučnej siete a implementované nástroje umožňujúce optimalizáciu prevádzky siete pomocou metódy Particle Swarm Optimization. Súčasťou riešenia bolo aj vytvorenie súboru prevádzkových scenárov a implementácia nástrojov umožňujúcich efektívne spracovanie rozsiahleho množstva simulačných experimentov.

Významným prínosom prvej etapy bolo vytvorenie testovacieho scenára založeného na optimalizácii jalových výkonov fotovoltaických invertorov s cieľom minimalizovať celkové straty v distribučnej sieti. Na základe realizovaných experimentov bolo preukázané, že využitie klastrovania môže výrazne redukovať výpočtový čas optimalizačných algoritmov. V niektorých prípadoch sa podarilo dosiahnuť výpočtové časy približne na úrovni tridsiatich percent času potrebného pri individuálnom riadení všetkých výrobných zdrojov, pričom kvalita dosahovaných riešení zostala porovnateľná. Rozdiely v dosiahnutých stratách sa pohybovali len na úrovni jednotiek wattov, čo je z pohľadu reálnej prevádzky zanedbateľná hodnota.

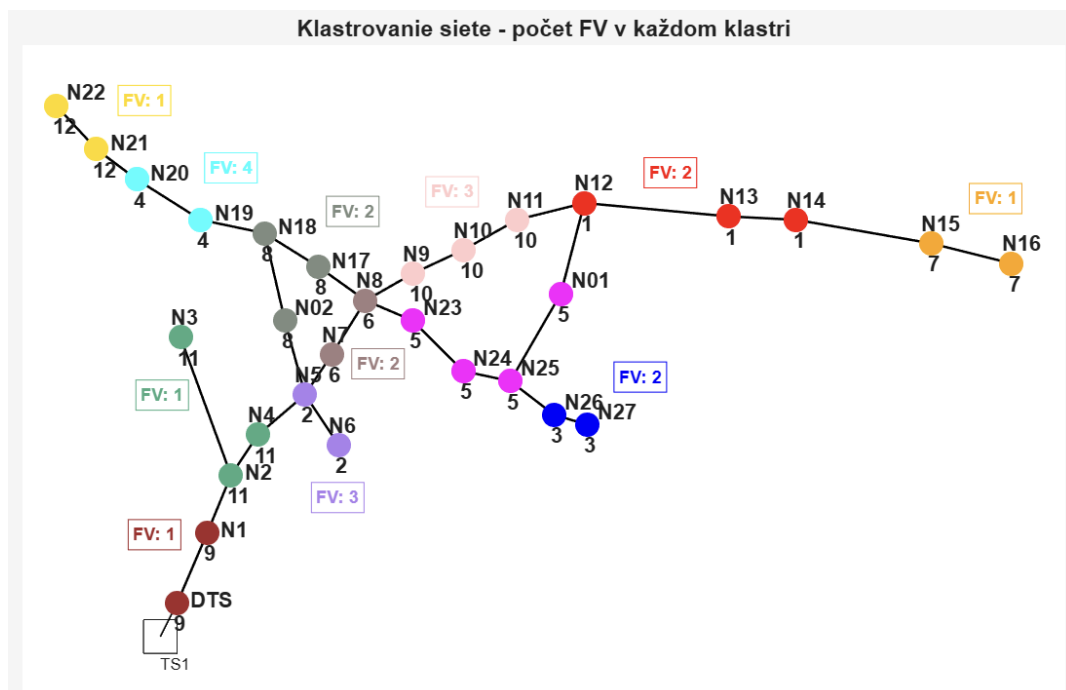


Obr. 1. Schéma modelovanej siete s rozložením FVE použitá pri experimentoch v rámci predchádzajúcej etapy riešenia

Napriek sľubným výsledkom však prvá etapa zároveň odhalila viacero otvorených otázok. Jedným z najzaujímavejších zistení bolo, že jednotlivé testované klasterizačné metódy vykazovali v mnohých prípadoch pomerne podobné výsledky z pohľadu kvality optimalizácie aj dosiahnutej redukcie výpočtového času. Na základe realizovaných experimentov preto nebolo možné jednoznačne určiť, za akých podmienok sú jednotlivé prístupy výhodnejšie alebo naopak menej vhodné. Ukázalo sa, že samotná kvalita klastrovania môže byť výrazne ovplyvnená nielen použitým algoritmom, ale aj vlastnosťami vyšetrovanej siete, počtom výrobných zdrojov, ich rozložením a celkovou konfiguráciou riešenej optimalizačnej úlohy.

Práve systematické overenie robustnosti navrhovanej metodiky predstavuje hlavnú motiváciu navrhovanej druhej etapy výskumu. Projekt bude zameraný na identifikáciu faktorov, ktoré majú najvýznamnejší vplyv na úspešnosť klastrovania a na efektívnosť následnej optimalizácie prevádzky siete. Osobitná pozornosť bude venovaná predovšetkým problematike penetrácie fotovoltaických zdrojov. V súčasnosti možno v distribučných sieťach pozorovať výrazný nárast počtu malých výrobných zdrojov, pričom ich počet a rozloženie sa medzi jednotlivými lokalitami výrazne líši. Je preto potrebné overiť, či navrhovaná metodika poskytuje porovnateľné výsledky pri nízkej aj vysokej koncentrácii výrobných zdrojov a ako sa mení jej efektívnosť pri rôznych spôsoboch ich rozmiestnenia v sieti.

Druhou významnou oblasťou výskumu bude analýza vplyvu počtu vytvorených klastrov na kvalitu výsledného riešenia. Pri znižovaní počtu klastrov dochádza k redukcii dimenzie optimalizačnej úlohy a tým aj k zrýchleniu výpočtu. Súčasne však môže dochádzať k strate informácií o lokálnom správaní jednotlivých častí siete. Dôležitou úlohou preto bude identifikovať kompromis medzi výpočtovou efektívnosťou a kvalitou dosiahnutého riešenia. Výsledkom by mali byť odporúčania umožňujúce určiť vhodný počet klastrov pre siete rôznej veľkosti a charakteru.



Obr. 2. Príklad výsledku klastrovania testovacej siete použitého pri optimalizácii prevádzky distribučnej siete

Významnou časťou projektu bude aj rozšírenie súboru testovacích modelov sietí. Väčšina experimentov realizovaných počas prvej etapy bola vykonaná len na obmedzenom počte topologických variantov. Takýto rozsah nie je postačujúci na formulovanie všeobecne platných záverov. V rámci projektu preto budú vytvorené ďalšie testovacie siete reprezentujúce rozdielne typy distribučných sústav. Uvažované budú najmä radiálne siete, siete s čiastočne zokruhovanou topológiou a synteticky generované modely umožňujúce systematicky meniť vybrané parametre siete. Takto vytvorený súbor testovacích prípadov poskytne podstatne širší priestor pre objektívne posúdenie vlastností navrhovanej metodiky.

Očakávaným výsledkom projektu bude detailnejšie pochopenie správania klasterizačných metód v podmienkach distribučných sietí nízkeho napätia, identifikácia kľúčových faktorov ovplyvňujúcich ich úspešnosť a formulácia odporúčaní pre ich ďalší vývoj a využitie. Výstupy projektu zároveň vytvoria základ pre nadväzujúce výskumné aktivity orientované na riešenie rozsiahlejších optimalizačných úloh v prostredí inteligentných distribučných sietí. S ohľadom na veľký rozsah plánovaných simulačných experimentov bude priebežne sledovaný aj potenciál ďalšieho zrýchlenia výpočtov využitím paralelizácie optimalizačných algoritmov.

Ciele projektu:

Hlavným cieľom projektu je systematické overenie robustnosti metodiky klastrovania odberných miest v distribučných sieťach nízkeho napätia pri rôznych prevádzkových a topologických podmienkach.

Čiastkové ciele projektu:

- rozšírenie existujúceho simulačného modelu o nové testovacie scenáre,
- overenie vplyvu počtu fotovoltaických zdrojov na kvalitu výsledkov optimalizácie,
- overenie vplyvu priestorového rozloženia zdrojov v sieti,
- analýza vplyvu počtu vytvorených klastrov na presnosť a efektívnosť optimalizačného procesu,
- overenie vlastností metodiky na sieťach s odlišnou topológiou,
- formulácia odporúčaní pre voľbu počtu klastrov a aplikáciu metodiky v ďalšom výskume.

Metodológia projektu:

- Rešerš odbornej literatúry zameranej na hodnotenie kvality a robustnosti klasterizačných metód.
- Analýza výsledkov získaných počas riešenia predchádzajúcej etapy projektu.
- Rozšírenie existujúceho simulačného modelu vytvoreného v prostredí Matlab.
- Príprava testovacích scenárov s rôznou penetráciou fotovoltaických zdrojov.
- Príprava scenárov s rôznym priestorovým rozložením zdrojov v distribučnej sieti.
- Vytvorenie a implementácia alternatívnych testovacích topológií distribučných sietí.
- Realizácia simulačných experimentov pre rôzny počet klastrov.

- Vyhodnotenie výsledkov z hľadiska dosiahnutých strát a výpočtovej náročnosti optimalizácie.
- Vyhodnotenie citlivosti navrhovanej metodiky na zmeny prevádzkových a topologických parametrov vyšetrovanej siete.
- Formulácia odporúčaní pre ďalší výskum a možné praktické využitie navrhovaného prístupu.

Požadované kvality/znalosti študenta:

- Práca v systéme Matlab
- Schopnosť pracovať s odbornou literatúrou v anglickom jazyku
- Základné vedomosti o prevádzke distribučných sietí nízkeho napätia (parametre vedení, topológia, spôsob prevádzky)
- Základné výpočtové metódy pre riešenie statických chodov elektrických sietí
- Základné znalosti optimalizačných algoritmov a metód spracovania dát
- Schopnosť systematického vyhodnocovania výsledkov simulačných experimentov

Financovanie:

Referencie:

- [1] Čerevka, A.: Klasterizácia odberných miest v distribučných sieťach, bakalárska práca, Žilinská univerzita, 2025.
- [2] Höger, M., Klimo, M., Tkáč, M.: Clustering Technique for Enhanced Optimization and Control of Distribution Networks, Proceedings of the International Scientific Conference Elektro 2024, Zakopane, Poland, 2024.
- [3] Baherník, M., Höger, M., Petřík, F.: Stochastic Modelling of Low-Voltage Distribution Feeder Operation, EPE 2026.
- [4] Höger, M., Baherník, M., Petřík, F.: Modified Jacobi Method for Efficient Multi-Scenario Load Flow Analysis, APS 2026.
- [5] Huizi, Gu, Xiaodong, Chu, Yutian, Liu: Partitioning Active Distribution Networks by Using Spectral Clustering, IEEE, 2020.
- [6] Guodong, L. et al.: Optimization design of short-circuit test platform for the distribution network of integrated power system based on improved K-means clustering, Energy Reports.

2 INFORMAČNÉ A KOMUNIKAČNÉ VEDY

2.1 AI analýza hmotnostno-spektrometrických dát pri autoimunitných ochoreniach

Pracovisko: Katedra multimédií a informačno-komunikačných technológií

Výskumná oblasť: Informačné a komunikačné vedy

Špecifická oblasť výskumu: Umelá inteligencia, strojové učenie, bioinformatika, analýza dát, hmotnostná spektrometria

Vedúci projektu: doc. Ing. Miroslav Benčo, PhD.

Kontaktné údaje:

Telefón

+421 41 513 2262

E-mail

miroslav.benco@uniza.sk

Web-stránka

<https://orcid.org/0000-0003-4973-995X>

AI analýza hmotnostno-spektrometrických dát pri autoimunitných ochoreniach

Opis projektu:

Výskum bude realizovaný na základe spolupráce so spoločnosťou Protthera (PL) <https://protthera.com>. Odbornú spoluprácu bude zabezpečovať Oleg Darashkevich s viac ako 35 rokmi skúseností v klinickej kardiológii a medicínskych inováciách.

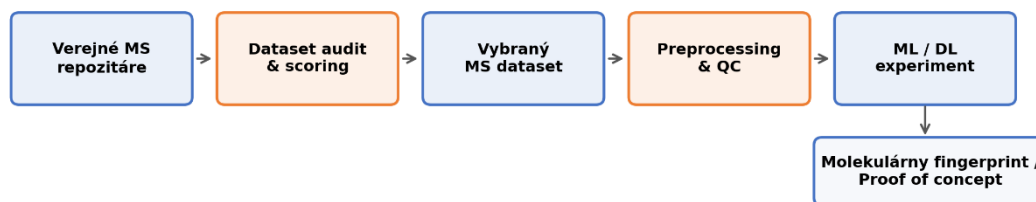
Projekt bude zameraný na využitie verejne dostupných dát z hmotnostnej spektrometrie (mass spectrometry - MS) pre vývoj a experimentálne overenie metód umelej inteligencie pri analýze autoimunitných ochorení. Hmotnostná spektrometria umožňuje detailne analyzovať proteíny, peptidy a ďalšie molekulárne zložky biologických vzoriek a v súčasnosti vznikajú rozsiahle verejné repozitáre, v ktorých sú uložené tisíce experimentov vrátane raw dát, spracovaných výsledkov a metadát. Medzi najvýznamnejšie zdroje patria MassIVE/MassIVE.quant a repozitáre združené v konzorciu ProteomeXchange, napríklad PRIDE. Tieto zdroje predstavujú zaujímavý základ pre opätovné použitie dát, benchmarking nových algoritmov a vývoj proof-of-concept riešení bez potreby okamžitého zberu vlastných klinických vzoriek.

Z výskumného pohľadu je táto oblasť zaujímavá aj preto, že množstvo uložených experimentov rastie rýchlejšie ako ich sekundárne využitie. ProteomeXchange dnes združuje desiatky tisíc verejných proteomických datasetov a priamo podporuje opätovné analýzy a vývoj nových výpočtových metód. Takže v rámci tohto projektu nejde iba o biomedicínsku aplikáciu, ale aj o všeobecný problém práce s heterogénnymi vedeckými dátami ako je vyhľadávanie zdrojov, čítanie experimentálnych metadát, transformácia rôznych formátov, kontrola kvality, návrh validačného experimentu a reprodukovateľné strojové učenie. Výhodou je, že výsledkom môže byť konkrétny funkčný prototyp aj bez vlastného laboratórneho merania.

Pri autoimunitných ochoreniach je však použiteľnosť verejných datasetov veľmi nerovnomerná. Jednotlivé datasety sa líšia typom biologického materiálu (plazma, sérum, bunky, izolované imunitné komplexy), použitou MS technológiou, počtom pacientov, dostupnosťou raw a spracovaných dát, kvalitou klinických anotácií, typom ochorenia a tiež tým, či je možné jednoznačne priradiť meranie ku konkrétnemu pacientovi alebo klinickému stavu. Prvou výskumnou úlohou stáže preto nebude okamžité tréňovanie modelu, ale systematické vyhľadanie, posúdenie a porovnanie vhodných datasetov. Študent vytvorí prehľad verejných datasetov relevantných pre autoimunitu a navrhne objektívne kritériá ich hodnotenia z pohľadu ďalšieho strojového učenia.

Vyhľadávanie bude zahŕňať najmä MassIVE, ProteomeXchange/ProteomeCentral, PRIDE a pod.. Pri každom nájdenom datasete sa budú evidovať základné charakteristiky: accession ID, ochorenie, biologický materiál, použitý MS prístup, počet subjektov a vzoriek, dostupnosť patient-level metadát, dostupnosť raw a processed dát, veľkosť dát, typ labelov, prípadný longitudinálny dizajn a existencia publikácie opisujúcej pôvodný experiment.

Zvláštny dôraz bude kladený na to, či dataset umožňuje formulovať jasnú experimentálnu úlohu. Cieľom prvej fázy je transparentne vybrať dataset podľa dostupnosti, kvality anotácií, technickej realizovateľnosti a vhodnosti pre experimentálny proof-of-concept v časovom rozsahu stáže.



Obr. 1. Navrhovaný workflow výskumnej stáže.

Výber bude realizovaný pomocou jednoduchej hodnotiacej matice. Každý kandidát dostane skóre napríklad za počet nezávislých pacientov, dostupnosť klinických labelov, dostupnosť spracovaných features, možnosť stiahnuť raw dáta, kvalitu popisu experimentu, prítomnosť kontrolnej skupiny a vhodnosť pre konkrétnu ML úlohu. Takýto postup umožní oddeliť biologicky zaujímavý dataset od datasetu, ktorý je zároveň reálne použiteľný pre informatický experiment. Preferovaný bude dataset, na ktorom je možné v čase stáže vytvoriť kompletný end-to-end experiment.

Po výbere datasetu bude nasledovať experimentálna časť. Najskôr sa vytvorí reprodukovateľná pipeline na načítanie, kontrolu kvality a prípravu dát. Podľa konkrétneho datasetu môže ísť o spracované abundance tabuľky proteínov/peptidov alebo o exporty získané zo spracovania raw MS dát. Budú analyzované chýbajúce hodnoty, distribúcie intenzít, možné batch efekty, technické replikáty a spôsob normalizácie.

V ďalšej fáze sa vytvoria základné modely strojového učenia, ktoré budú slúžiť ako benchmark. Súčasťou experimentu bude porovnanie viacerých pre-processing variantov a overenie, či model nevyužíva technické artefakty namiesto biologicky relevantného signálu. Dôležitou súčasťou projektu bude interpretácia výsledkov. Pri najúspešnejších modeloch sa určia proteíny alebo peptidy, ktoré najviac prispievajú k predikcii alebo k separácii skupín.

Praktickým výstupom stáže bude jednoduchý proof-of-concept prototyp. Takýto prototyp nebude prezentovaný ako klinický diagnostický nástroj, ale ako technologická demonštrácia toho, že z verejných MS dát možno vytvoriť reprodukovateľný AI pipeline od molekulárneho merania až po interpretovateľný výstup.

Stáž je navrhnutá tak, aby mala jasné čiastkové výsledky. Samostatným hodnotným výstupom bude kurátorovaný katalóg datasetov a ich hodnotenie, ktorý môže slúžiť pre ďalšie záverečné alebo doktorandské práce. Experimentálna časť následne poskytne reprodukovateľný benchmark na minimálne jednom vybranom datasete. Výsledky budú spracované do zdokumentovaného kódu, krátkej záverečnej správy. V prípade kvalitných výsledkov môže projekt pokračovať formou záverečnej práce, ŠVOČ alebo rozšíreného výskumu zameraného na transfer modelov medzi viacerými autoimunitnými MS datasetmi.

Ciele projektu:

Hlavným cieľom stáže je identifikovať verejne dostupné hmotnostno-spektrometrické datasety vhodné pre výskum autoimunitných ochorení a na jednom z nich experimentálne overiť možnosti využitia strojového učenia/AI.

Čiastkové ciele:

- vytvoriť kurátorovaný prehľad datasetov z MassIVE, ProteomeXchange/ProteomeCentral a PRIDE a pod. a definovať kritériá ich hodnotenia;
- vybrať dataset s dostatočným počtom vzoriek, dostupnými metadátami a jasnou experimentálnou úlohou;
- pripraviť reprodukovateľný preprocessing a validačný pipeline vrátane kontroly missing values, batch efektov a data leakage;
- vytvoriť a porovnať základné ML modely a podľa vhodnosti dát aj jednoduchý deep/representation-learning model;
- vyhodnotiť model pomocou vhodných metrík a identifikovať proteíny/peptidy, ktoré najviac súvisia s výsledkom;
- vytvoriť jednoduchý proof-of-concept prototyp zobrazujúci klasifikačné/rizikové skóre alebo podobnosť vzorky s referenčnými molekulárnymi profilmi.

Výstupom bude katalóg vhodných datasetov, zdokumentovaný experimentálny kód, výsledky benchmarku a funkčný demonštračný prototyp použiteľný ako základ pre ďalšiu záverečnú prácu alebo výskumný projekt.

Metodológia projektu:

1. Rešerš a dataset audit - vyhľadávanie verejných datasetov, evidencia typu ochorenia, biologického materiálu, MS technológie, počtu subjektov, dostupnosti raw/processed dát a klinických labelov.
2. Výber datasetu - bodové hodnotenie kandidátov podľa kvality metadát, veľkosti, otvorenosti, reprodukovateľnosti a vhodnosti pre ML experiment.
3. Príprava dát - načítanie abundance/feature tabuliek alebo spracovanie dostupných MS výstupov, kontrola kvality, missingness, normalizácia, batch efekty a vytvorenie patient-level train/validation/test splitu.
4. Experimentálne modelovanie - vytvorenie baseline modelov (napr. Elastic Net, SVM, Random Forest/XGBoost) a podľa vhodnosti dát jednoduchého MLP, autoencoderu alebo representation-learning modelu.
5. Validácia - cross-validation, AUROC/AUPRC, sensitivity, specificity, balanced accuracy; kontrola stability výsledkov a ochrana pred data leakage.
6. Interpretácia - feature importance/SHAP, identifikácia relevantných proteínov alebo peptidov a podľa možností pathway-level interpretácia.
7. Proof of concept - jednoduchý notebook alebo aplikácia, ktorá demonštruje spracovanie novej vzorky a zobrazí výsledok modelu alebo podobnosť s referenčnými profilmi.

Požadované kvality/znalosti študenta:

- základy programovania v Pythone, skúsenosť s pandas, NumPy alebo scikit-learn je výhodou,
- základná orientácia v strojovom učení, štatistike alebo analýze dát,
- schopnosť pracovať samostatne s odbornou literatúrou a dokumentáciou v angličtine,
- záujem o AI, bioinformatiku alebo biomedicínske dáta; predchádzajúca znalosť proteomiky/hmotnostnej spektrometrie nie je podmienkou.

Financovanie:

DIGITAL-2022-CLOUD-AI-02-TEF-HEALTH: TEF-Health (2023-2027) Finančné prostriedky budú využité najmä na podporu výskumnej a publikačnej činnosti spojenej so stážou ako aj prezentáciu a publikovanie dosiahnutých výsledkov.

Referencie:

- [1] Choi M, Carver J, Chiva C, Tzouros M, Huang T, Tsai TH, Pullman B, Bernhardt OM, Hüttenhain R, Teo GC, Perez-Riverol Y, Muntel J, Müller M, Goetze S, Pavlou M, Verschueren E, Wollscheid B, Nesvizhskii AI, Reiter L, Dunkley T, Sabidó E, Bandeira N, Vitek O. MassIVE.quant: a community resource of quantitative mass spectrometry-based proteomics datasets. *Nat Methods*. 2020 Oct;17(10):981-984. doi: 10.1038/s41592-020-0955-0. Epub 2020 Sep 14. PMID: 32929271; PMCID: PMC7541731.
- [2] Eric W Deutsch, Nuno Bandeira, Yasset Perez-Riverol, Vagisha Sharma, Jeremy J Carver, Luis Mendoza, Deepti J Kundu, Chakradhar Bandla, Selvakumar Kamatchinathan, Suresh Hewapathirana, Zhi Sun, Shin Kawano, Shujiro Okuda, Brian Connolly, Brendan MacLean, Michael J MacCoss, Tao Chen, Yunping Zhu, Yasushi Ishihama, Juan Antonio Vizcaino, The ProteomeXchange consortium in 2026: making proteomics data FAIR, *Nucleic Acids Research*, Volume 54, Issue D1, 6 January 2026, Pages D459-D469, <https://doi.org/10.1093/nar/gkaf1146>
- [3] Bramer, L.M., Nakayasu, E.S., Flores, J.E. *et al.* Data from a multi-year targeted proteomics study of a longitudinal birth cohort of type 1 diabetes. *Sci Data* **12**, 112 (2025). <https://doi.org/10.1038/s41597-024-04249-1>
- [4] Nakayasu ES, Bramer LM, Ansong C, Schepmoes AA, Fillmore TL, Gritsenko MA, Clauss TR, Gao Y, Piehowski PD, Stanfill BA, Engel DW, Orton DJ, Moore RJ, Qian WJ, Sechi S, Frohnert BI, Toppari J, Ziegler AG, Lernmark Å, Hagopian W, Akolkar B, Smith RD, Rewers MJ, Webb-Robertson BM, Metz TO; TEDDY Study Group. Plasma protein biomarkers predict the development of persistent autoantibodies and type 1 diabetes 6 months prior to the onset of autoimmunity. *Cell Rep Med*. 2023 Jul 18;4(7):101093. doi: 10.1016/j.xcrm.2023.101093. Epub 2023 Jun 29. PMID: 37390828; PMCID: PMC10394168.
- [5] De Leeuw J, Michiels B, Derua R, Vulsteke JB, Dillaerts D, Cockx M, Verschueren P, Bossuyt X. Immunoprecipitation-mass spectrometry reveals known and novel (NatC, *BCS1L*) antinuclear antibodies in rheumatoid arthritis. *RMD Open*. 2026 Apr 10;12(2):e006642. doi: 10.1136/rmdopen-2025-006642. PMID: 41963076; PMCID: PMC13084790.

2.2 Inverzný návrh fotonických zariadení: optimalizácia, simulácie a umelá inteligencia

Pracovisko: Katedra multimédií a informačno-komunikačných technológií

Výskumná oblasť: Informačné a komunikačné vedy, Elektrotechnické vedy

Špecifická oblasť výskumu: Integrovaná fotonika, inverzný návrh, strojové učenie a optimalizácia

Vedúci projektu: Ing. Maroš Jakubec, PhD.

Kontaktné údaje:

Telefón

+421 41 513 2227

E-mail

maros.jakubec@uniza.sk

Web-stránka

<https://optolab.feit.uniza.sk/>

Inverzný návrh fotonických zariadení: optimalizácia, simulácie a umelá inteligencia

Opis projektu:

Ako navrhnuť optický prvok na čipe, keď presne vieme, čo má robiť, ale nepoznáme jeho ideálnu geometriu? Práve túto otázku rieši inverzný návrh. Namiesto manuálneho skúšania rozmerov zadáme požadované optické vlastnosti a necháme optimalizačný algoritmus alebo model umelej inteligencie hľadať vhodnú štruktúru.

Fotonické integrované obvody prenášajú a spracúvajú informáciu pomocou svetla priamo na čipe. Nachádzajú uplatnenie v optických komunikáciách, dátových centrách, senzorike, metrológii aj kvantových technológiách. Ich základ tvoria komponenty, ktoré musia presne usmerniť, rozdeliť alebo naviazať svetlo. Aj zdanlivo jednoduchý prvok však môže mať viacero vzájomne previazaných geometrických parametrov. Každá zmena geometrie mení elektromagnetické pole a jej kvalitu je preto potrebné overovať numerickou simuláciou. Pri stovkách až tisícoch kandidátov sa klasický návrh rýchlo stáva časovo aj výpočtovo náročným.

Stáž je priamo naviazaná na projekt FEIT RISE 2026 METAFOTON, ktorý prepája integrovanú fotoniku, metaheuristickú optimalizáciu a strojové učenie do jedného automatizovaného návrhového rámca. Výskum sa sústreďuje najmä na polarizačne nezávislé výkonové deliče typu 1×2 a mriežkové väzobné členy na platforme nitridu kremíka (Si_3N_4). Tieto komponenty majú reálny význam pre optické čipy, no zároveň predstavujú vhodný modelový problém, na ktorom možno porovnať rôzne spôsoby automatického návrhu.

MMI delič a mriežkový väzobný člen zároveň ukážu dve typické úlohy integrovanej fotoniky: delenie optického výkonu na čipe a prepojenie čipu s optickým vláknom. Študent preto bude pracovať s parametrami, ktoré majú priamy fyzikálny význam a rozhodujú o kvalite reálneho fotonického obvodu.

Výskumná otázka stáže. Dokážeme pomocou automatickej optimalizácie a dátovo orientovaných modelov nájsť kvalitné geometrie s menším počtom náročných elektromagnetických simulácií? Stáž preto nie je postavená na jednom algoritme. GAN tvorí jednu experimentálnu vetvu širšieho rámca, ktorý spája metaheuristiky, neurónový dopredný model a fyzikálnu simuláciu.



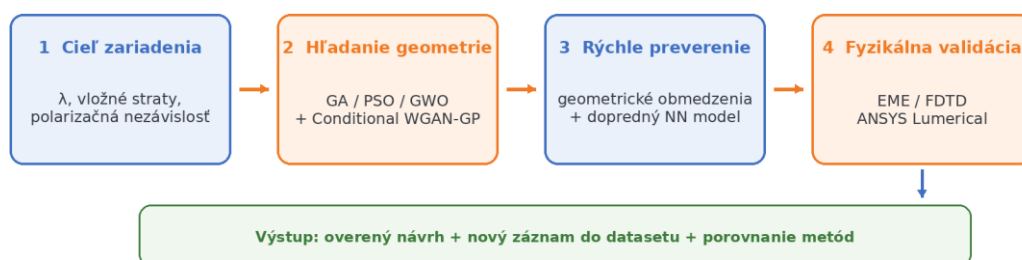
Obr. 1. Príklad fotonického prvku riešeného v projekte: 1×2 MMI delič a parametre, ktoré ovplyvňujú jeho optickú odozvu.

Pri MMI deliči vstupuje svetlo do jedného portu a v multimódovej oblasti sa má rozdeliť medzi dva výstupy s čo najnižšími vložnými stratami. Návrh musí fungovať pre TE aj TM polarizáciu, preto sa sledujú nielen vložné straty (IL), ale aj polarizačne závislé straty (PDL). Geometriu možno hľadať pomocou genetického algoritmu (GA), optimalizácie rojom častíc (PSO) alebo algoritmu sivého vlka (GWO). Projekt zároveň využíva dáta vznikajúce pri týchto optimalizáciách na tréning dopredného

neurónového modelu a podmienenej siete WGAN-GP, ktorá dokáže navrhovať nové geometrie z požadovanej optickej odozvy.

Čo bude študent reálne robiť. Nebude začínať od prázdneho súboru ani tráviť stáž budovaním technickej infraštruktúry. Dostane pripravené simulačné príklady, experimentálny pipeline, dataset a referenčné modely. Najskôr reprodukuje základný experiment a pochopí vzťah medzi geometriou a optickou odozvou. Potom bude systematicky meniť nastavenia optimalizačných a AI modelov, spúšťať kontrolované experimenty a zisťovať, ktoré konfigurácie prinášajú stabilné a fyzikálne realizovateľné návrhy.

Pri generatívnom modeli sa bude venovať najmä experimentálnemu nastaveniu tréningu a generovania, napríklad rýchlosti učenia (learning rate), veľkosti dávky (batch size), rozmeru latentného priestoru, sily gradient penalty, počtu aktualizácií kritika alebo spôsobu normalizácie. Dôležitou úlohou nebude iba nájsť „najlepší parameter“ ale pochopiť, prečo sa výsledok mení: kedy model generuje rozmanité návrhy, kedy sa učí nesprávne, ktoré geometrie porušujú fyzikálne obmedzenia a ktoré vyzerajú dobre podľa neurónového modelu ale neobstoja v elektromagnetickej simulácii. Rovnaký princíp experimentovania sa môže uplatniť aj pri metaheuristických algoritmoch, kde sa budú porovnávať rýchlosť konvergencie, kvalita riešenia a počet potrebných simulácií.



Obr. 2. Pracovný reťazec štáže: od požadovaných vlastností cez automatický návrh geometrie až po fyzikálne overenie a porovnanie výsledkov.

Workflow umožní porovnať tri úrovne modelovania na jednom probléme. Metaheuristika hľadá geometriu priamo, dopredný neurónový model rýchlo odhaduje jej optickú odozvu a Conditional WGAN-GP generuje viac kandidátov zo zadaného cieľa. Konečné rozhodnutie však poskytne EME/FDTD simulácia. Študent tak uvidí, že výstup AI musí rešpektovať fyziku, geometrické obmedzenia a objektívne metriky.

Primárnym referenčným zariadením bude MMI delič, pri ktorom možno jednoznačne definovať geometriu a metriky porovnania. Pri priaznivom priebehu sa rovnaký experimentálny princíp rozšíri aj na mriežkový väzobný člen. Študent tak dostane jasne ohraničenú úlohu ale zároveň uvidí jej miesto vo väčšom výskumnom probléme.

Čo si zo stáže odnesieš. Projekt je vhodný pre študenta, ktorého baví Python, AI, simulácie alebo optika a chce vidieť ich prepojenie v reálnom výskume. Naučí sa pripraviť a vyhodnotiť vedecký experiment, pracovať s dátami, PyTorch a ANSYS Lumerical a objektívne porovnávať algoritmy. Zároveň získa prvý kontakt s integrovanou fotonikou bez požiadavky na hlboké vstupné znalosti. Výsledok bude súčasťou výskumu METAFOTON a môže vytvoriť základ pre ŠVOČ, diplomovú prácu alebo neskoršie zapojenie do publikácie.

Ciele projektu:

Hlavným cieľom stáže je zapojiť študenta do vývoja a experimentálneho overovania automatizovaného rámca pre inverzný návrh fotonických integrovaných zariadení v projekte METAFOTON. Študent bude pracovať s pripravenými simulačnými, optimalizačnými a AI nástrojmi a na konkrétnych experimentoch overí, ako nastavenie algoritmov ovplyvňuje kvalitu, stabilitu a fyzikálnu realizovateľnosť navrhnutých geometrií.

- pochopiť princíp návrhu a simulácie vybraného fotonického komponentu a význam metrík IL, PDL, prípadne väzobnej účinnosti a šírky pásma;
- reprodukovať referenčný optimalizačný alebo AI experiment a vytvoriť opakovateľný experimentálny postup;
- systematicky analyzovať vybrané parametre GA/PSO/GWO a Conditional WGAN-GP a identifikovať konfigurácie, ktoré vedú ku kvalitným návrhom;
- overiť vybrané kandidátske geometrie dopredným modelom a elektromagnetickej simuláciou EME/FDTD;
- porovnať metódy podľa kvality optickej odozvy, úspešnosti generovania realizovateľných návrhov, diverzity a výpočtového času a pripraviť výsledky pre ďalší výskum projektu.

Metodológia projektu:

Stáž bude vedená ako krátky reprodukovateľný výskumný projekt. Rozsah jednotlivých experimentov sa prispôsobí vstupným znalostiam študenta a priebežným výsledkom.

1. Orientácia v probléme – základné oboznámenie s integrovanou fotonikou, MMI deličmi/mriežkovými väzobnými členmi, metrikami kvality a pripraveným Python–Lumerical pipeline. Študent si spustí referenčnú simuláciu a uvidí, ako zmena geometrie ovplyvní optickú odozvu.

2. Reprodukcia baseline – spustenie pripraveného GA/PSO/GWO alebo Conditional WGAN-GP experimentu, kontrola dát, logovania a základných metrík. Cieľom je získať spoľahlivý referenčný bod, voči ktorému sa budú porovnávať ďalšie experimenty.

3. Experimenty s parametrami – návrh malej, ale systematickej experimentálnej matice. Pri GAN sa budú meniť vybrané tréningové parametre a sledovať stabilita, diverzita a podiel realizovateľných návrhov; pri metaheuristikách sa môžu porovnávať veľkosť populácie, počet iterácií alebo konvergenčné správanie.

4. Fyzikálne overenie – najlepšie kandidáty sa najskôr filtrujú geometrickými pravidlami a dopredným neurónovým modelom a následne sa overia EME/FDTD simuláciami v ANSYS Lumerical. Rozdiel medzi predikciou a simuláciou bude súčasťou vyhodnotenia.

5. Porovnanie a interpretácia – výsledky sa porovnajú s referenčnými návrhmi a medzi použitými metódami. Študent pripraví grafy, stručnú technickú dokumentáciu a záverečný Elevator Pitch, perspektívne výsledky sa zaradia do datasetu a ďalších experimentov METAFOTON.

Požadované kvality/znalosti študenta:

- záujem o programovanie, umelú inteligenciu, optimalizáciu alebo optické technológie;
- základná znalosť Pythonu a ochota pracovať s experimentálnym kódom a dátami;
- zvedavosť, systematický prístup a ochota skúšať, porovnávať a vysvetľovať výsledky;
- základné znalosti strojového učenia sú výhodou, nie podmienkou;
- predchádzajúce znalosti integrovanej fotoniky ani ANSYS Lumerical nie sú požadované, potrebné základy budú súčasťou stáže.

Financovanie:

Výskumná stáž bude realizovaná v priamej nadväznosti na projekt FEIT RISE 2026 „Inverzný návrh fotonických integrovaných komponentov pomocou metaheuristických algoritmov“ (akronym METAFOTON), riešený v období 10/2026 – 03/2028 v rámci fakultnej schémy FEIT RISE na podporu mladých vedeckých a pedagogických pracovníkov, pričom projekt vytvára odborné, dátové a výpočtové zázemie pre realizáciu navrhovaných experimentov. Zároveň sa projekt internej stáže realizuje v rámci projektu „Laboratórium vláknovej a integrovanej optiky pre informačné a komunikačné digitálne technológie“, KEGA 008ŽU-4/2025, podporeného Kultúrnou a edukačnou grantovou agentúrou Ministerstva školstva, výskumu, vývoja a mládeže Slovenskej republiky na obdobie 2025 – 2027, ktorý poskytuje odborné, laboratórne a infraštruktúrne zázemie potrebné na realizáciu výskumnej stáže.

Referencie:

- [1] Molesky, S. et al. Inverse design in nanophotonics. *Nature Photonics* 12, 659–670 (2018).
- [2] Jiang, J., Chen, M., Fan, J. A. Deep neural networks for the evaluation and design of photonic devices. *Nature Reviews Materials* 6, 679–700 (2021).
- [3] Melati, D. et al. Inverse design of photonic integrated devices: optimization and machine learning. *APL Photonics* 10, 101101 (2025).
- [4] Gulrajani, I. et al. Improved Training of Wasserstein GANs. *Advances in Neural Information Processing Systems* 30 (2017).
- [5] Soldano, L. B., Pennings, E. C. M. Optical multi-mode interference devices based on self-imaging: principles and applications. *Journal of Lightwave Technology* 13(4), 615–627 (1995).
- [6] Korček, R. et al. Low-loss grating coupler based on inter-layer mode interference in a hybrid silicon nitride platform. *Optics Letters* 48(15) (2023).

2.3 Fotonické integrované zariadenia pre manipuláciu optického signálu na platforme oxidu gália

Pracovisko: Katedra multimédií a informačno-komunikačných technológií

Výskumná oblasť: Informačné a komunikačné vedy

Špecifická oblasť výskumu: Integrovaná fotonika

Vedúci projektu: Ing. Ján Litvik, PhD.

Kontaktné údaje:

Telefón

E-mail

Web-stránka

+421 41 513 2227

jan.litvik@uniza.sk

<https://optolab.feit.uniza.sk/>

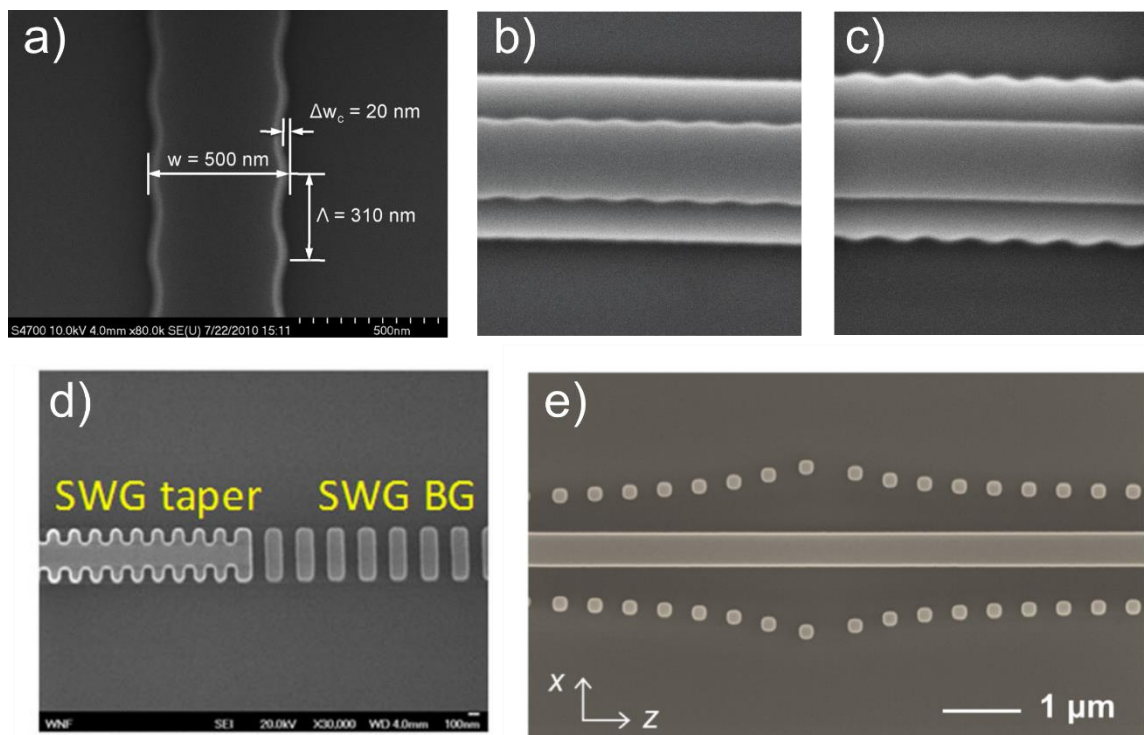
Fotonické integrované zariadenia pre manipuláciu optického signálu na platforme oxidu gália

Opis projektu:

Integrovaná fotonika je široko vyžívaná v polovodičových obvodoch s aplikáciami v dátových centrách, vysoko-kapacitných telekomunikačných sieťach alebo výpočtových serveroch. Okrem tradičných aplikácií sa stáva integrovaná fotonika atraktívnou aj v prípade kvantovej fotoniky a pre integráciu laserov pre vlnové dĺžky kratšie ako 1300 nm, alebo v oblasti viditeľných vlnových dĺžok. V porovnaní s etablovanou technológiou optických vlákien, integrovaná fotonika využíva vlnovody s vyšším indexom lomu, čo umožňuje vývoj kompaktných zariadení s vysokým stupňom integrácie komponentov, ktoré sú vyrobiteľné procesmi využívanými mikroelektronickým priemyslom. Je však ekonomicky a rozvojovo dôležité zabezpečiť efektívne využívanie zdrojov na čipe, a to predovšetkým nad rámec konvenčnej jedno-účelovej prevádzky zariadení, vrátane fungovania v obmedzenom pásme vlnových dĺžok alebo využitia iba jedného vybudeného polarizačného stavu. Z perspektívy fotonického systému, multi-funkčné zariadenia predstavujú budúcnosť komplexných riešení, adresujúc potreby nízkej spotreby energie a zvýšenou kapacitou prenosu dát.

Bolo navrhnuté široké spektrum optických zariadení so špecifickou funkciou [1,2]. Sú to predovšetkým jednomódové vlnovody, rezonátory, filtre, interferometre, alebo prepojovacie väzobné členy. Kľúčovými aspektami sú nízko-stratové optické prepojenia nie len na úrovni vlákno-čip, ale aj vzájomné prepojenie rozličných zariadení priamo na integrovanom čipe [3-6]. Z tohto pohľadu sú atraktívne zariadenia ako rozdeľovače a zlučovače výkonu, polarizácie, módov, ktoré sú fyzicky reprezentované multimódovými interferometrami, Y- alebo smerovými spojkami [5,6]. Z pohľadu energetickej efektivity je väčšina zariadení navrhnutá len pre fungovanie s jedným polarizačným stavom vybudeného elektromagnetického poľa, a to v úzkom spektrálnom rozsahu transparentných vlnových dĺžok [3-6].

V priebehu rokov boli skúmané mnohé materiálové platformy, ako je kremík (Si), nitrid kremíka (Si_3N_4), arzenid gália (GaAs), fosfid india (InP), niobat lítia (LiNbO_3), nitrid hliníka (AlN), nitrid gália (GaN) a Oxid gália (Ga_2O_3). Výhodou týchto materiálov je ich dostupnosť vo forme vysokokvalitných tenkých vrstiev na čipe, ktoré je možné tvarovať pomocou vyspelých výrobných procesov vďaka pokroku vo výrobe komplementárnych kovovo-oxidovo-polovodičových tranzistorov (CMOS) [7].



Obr.2: SEM snímky optických filtrov integrovaných na čipe: a) postranné zvlňenie planárneho vlnovodu [8], b) postranné zvlňenie hrebeňovej a c) planárnej časti rebového vlnovodu [9], d) filter s využitím subvlnovej štruktúry [10], e) filter s delokalizáciou optického poľa [11].

Oxid gália predstavuje perspektívny polovodič s ultra-širokým zakázaným pásmom, ktorý okrem dominantného postavenia vo výkonovej elektronike vykazuje vysoký potenciál pre pokročilé optoelektronické a fotonické systémy. Materiál sa vyznačuje výrazným polymorfizmom, pričom sa vyskytuje v piatich základných modifikáciách (α , β , γ , δ , ϵ/κ), ktoré sa líšia kryštálovou štruktúrou a fyzikálnymi vlastnosťami. V kontexte integrovanej fotoniky predstavuje Ga_2O_3 alternatívu najmä pre aplikácie v oblasti krátkych vlnových dĺžok, kde tradičné materiálové platformy, ako napríklad Si alebo Si_3N_4 , vykazujú vyššie straty alebo obmedzenú transparentnosť. Materiál nachádza uplatnenie v rôznych aplikáciách, ako sú UV fotodetektory, optické senzory, fotokatalytické systémy, transparentné vodivé vrstvy pre optoelektronické zariadenia, optické filtre a deliče optického výkonu [12,13].

Ciele projektu:

Cieľom projektu je vývoj fotonických zariadení pre účely multi-pásmového prepojenia s polarizačnou diverzitou pri fungovaní s nízkymi vložnými stratami. V predkladanom projekte bude dôraz kladený na vývoj optických prepojení na čipe umožňujúcich filtráciu optického signálu. Hlavnou myšlienkou projektu je využitie platformy oxidu gália na realizáciu kompaktných zariadení určených na filtrovanie prenášaného optického signálu.

Projekt internej výskumnej stáže môže pokračovať ako rozšírená verzia diplomovej práce.

Metodológia projektu:

1) Štúdium literatúry: štúdium odbornej literatúry týkajúcej sa tém integrovanej fotoniky na báze oxidu gália a štruktúr využívaných na filtráciu optického signálu.

2) Modelovanie optických štruktúr na čipe: numerické simulácie s využitím numerických metód FDTD (Finite-Difference Time-Domain), FDE (Finite-Difference Eigenmode), EME (Eigenmode expansion) a verifikácia už existujúcich návrhov optických zariadení. Vytváranie zjednodušených 2D modelov a komplexných 3D štruktúr pre rigoróznú evaluáciu navrhnutých riešení.

Požadované kvality/znalosti študenta:

- Snaha získať nové výskumné skúsenosti a úlohy
- Kreativita a proaktivita pri hľadaní inovatívnych riešení
- Schopnosť komunikovať, kooperovať a zdieľať dosiahnuté výsledky v ústnej a písomnej forme

Financovanie:

Projekt internej stáže sa realizuje v rámci projektu: Laboratórium vláknovej a integrovanej optiky pre informačné a komunikačné digitálne technológie, APVV-25-0566, KEGA 008ŽU-4/2025, KEGA – Kultúrna a edukačná grantová agentúra Ministerstva školstva, výskumu, vývoja a mládeže Slovenskej republiky, 2025 – 2027.

Referencie:

- [1] Y. Li, Y. Zhang, L. Zhang, a A. W. Poon, "Silicon and hybrid silicon photonic devices for intra-datacenter applications: state of the art and perspectives [Invited]", *Photon. Res.*, roč. 3, č. 5, s. B10, okt. 2015, doi: 10.1364/PRJ.3.000B10.
- [2] C. Xiang, W. Jin, a J. E. Bowers, "Silicon nitride passive and active photonic integrated circuits: trends and prospects", *Photon. Res.*, roč. 10, č. 6, s. A82, jún. 2022, doi: 10.1364/PRJ.452936.
- [3] D. Vermeulen a C. V. Poulton, "Optical Interfaces for Silicon Photonic Circuits", *Proc. IEEE*, roč. 106, č. 12, s. 2270–2280, dec. 2018, doi: 10.1109/JPROC.2018.2865725.
- [4] S. Nambiar, P. Ranganath, R. Kallega, a S. K. Selvaraja, "High efficiency DBR assisted grating chirp generators for silicon nitride fiber-chip coupling", *Sci Rep*, roč. 9, č. 1, s. 18821, dec. 2019, doi: 10.1038/s41598-019-55140-8.
- [5] V. Vakarín *et al.*, "Metamaterial-Engineered Silicon Beam Splitter Fabricated with Deep UV Immersion Lithography", *Nanomaterials*, roč. 11, č. 11, s. 2949, nov. 2021, doi: 10.3390/nano11112949.
- [6] C. Pérez-Armenta *et al.*, "Polarization-independent multimode interference coupler with anisotropy-engineered bricked metamaterial", *Photon. Res.*, roč. 10, č. 4, s. A57, apr. 2022, doi: 10.1364/PRJ.446932.
- [7] J. Zhang, J. Shi, D.-C. Qi, L. Chen, and K. H. L. Zhang, "Recent progress on the electronic structure, defect, and doping properties of Ga₂O₃", *APL Materials*, vol. 8, no. 2, p. 020906, Feb. 2020, doi: 10.1063/1.5142999.
- [8] X. Wang, W. Shi, R. Vafaei, N. A. F. Jaeger, and L. Chrostowski, "Uniform and Sampled Bragg Gratings in SOI Strip Waveguides with Sidewall Corrugations," *IEEE Photon. Technol. Lett.*, p. 5678626, 2011, doi: 10.1109/LPT.2010.2103305.
- [9] X. Wang, W. Shi, H. Yun, S. Grist, N. A. F. Jaeger, a L. Chrostowski, "Narrow-band waveguide Bragg gratings on SOI wafers with CMOS-compatible fabrication process", *Opt. Express*, zv. 20, č. 14, s. 15547, júl. 2012, doi: 10.1364/OE.20.015547.
- [10] J. Wang, I. Glesk, a L. R. Chen, "Subwavelength grating devices in silicon photonics", *Science Bulletin*, zv. 61, č. 11, s. 879–888, jún. 2016, doi: 10.1007/s11434-016-1077-z.
- [11] D. Pereira-Martín *et al.*, "Complex spectral filters in silicon waveguides based on cladding-modulated Bragg gratings", *Opt. Express*, zv. 29, č. 11, s. 15867, máj. 2021, doi: 10.1364/OE.420696.
- [12] J. E. Bowers, Z. Zhang, M. Tran, C. Zhang, and T. Komljenovic, "Heterogeneous Integrated Photonics Beyond Silicon," in *2026 IEEE Photonics Society Summer Topicals Meeting Series (SUM)*, Tulum, Mexico: IEEE, Jul. 2026, pp. 1–2. doi: 10.1109/SUM69529.2026.11660068.
- [13] S. Ganguly, K. Nama Manjunatha, and S. Paul, "Advances in Gallium Oxide: Properties, Applications, and Future Prospects," *Adv Elect Materials*, vol. 11, no. 7, p. 2400690, May 2025, doi: 10.1002/aelm.202400690.

2.4 Prieskum transformerov pre detekciu neštandardných udalostí v dopravných prostriedkoch

Pracovisko: Katedra multimédií a informačno-komunikačných technológií

Výskumná oblasť: Informačné a komunikačné vedy

Špecifická oblasť výskumu: Informatika

Vedúci projektu: Ing. Róberta Hlavatá, PhD.

Kontaktné údaje:	Telefón	E-mail	Web-stránka
	+421 41 513 2211	roberta.hlavata@uniza.sk	www.linkedin.com/in/róberta-hlavatá-63a416214-

Prieskum transformerov pre detekciu neštandardných udalostí v dopravných prostriedkoch

Opis projektu:

- Bezpečnosť cestujúcich v dopravných prostriedkoch predstavuje významnú časť inteligentnej a bezpečnej dopravy. Moderné autobusy, vlaky, električky a ďalšie prostriedky verejnej dopravy sú čoraz častejšie vybavené kamerovými systémami, ktoré umožňujú monitorovanie interiéru vozidla a spätnú analýzu zaznamenaných udalostí. Kamerové systémy však vo väčšine prípadov fungujú predovšetkým ako pasívny nástroj dohľadu. Videozáznam je buď priebežne sledovaný vodičom alebo operátorom, prípadne sa vyhodnocuje až po vzniku incidentu. Takýto spôsob monitorovania je limitovaný veľkým množstvom zaznamenávaných dát a schopnosťou človeka dlhodobo udržať pozornosť pri sledovaní prevažne bežných situácií. S rastúcim počtom kamerových systémov preto narastá potreba automatizovaných metód schopných analyzovať video dáta a identifikovať bezpečnostne relevantné udalosti bez nepretržitého manuálneho dohľadu [1] [2].

V interiéri dopravného prostriedku môže dochádzať k udalostiam, ktoré vyžadujú rýchlu identifikáciu a reakciu. Môže ísť napríklad o fyzický konflikt medzi cestujúcimi, agresívne správanie, pád osoby, poškodzovanie interiéru, krádež, nebezpečné správanie alebo neoprávnený vstup do priestoru vodiča. Špecifickým problémom je skutočnosť, že takéto udalosti predstavujú iba malú časť celkového času videozáznamu. Väčšina zaznamenaného obsahu obsahuje bežné situácie, ako je nastupovanie, vystupovanie, sedenie, státie alebo pohyb cestujúcich. Automatizovaná analýza videozáznamov preto predstavuje významný potenciál na zvýšenie bezpečnosti a efektívnosti monitorovania dopravných prostriedkov.

Jednou z významných oblastí počítačového videnia je detekcia anomálií vo videozáznamoch (Video Anomaly Detection – VAD) a rozpoznávanie abnormálneho ľudského správania (Human Activity Recognition-HAR). Cieľom týchto metód je identifikovať aktivity alebo udalosti, ktoré sa odlišujú od očakávaného správania v konkrétnom prostredí. Medzi bezpečnostne relevantné udalosti, ktorým sa venuje súčasný výskum, patria napríklad fyzické konflikty, pády osôb, krádeže, vandalizmus alebo narušenie priestoru [3]. Využitie automatizovaných metód umožňuje spracovávať veľké množstvo video dát a sústrediť pozornosť človeka predovšetkým na situácie, ktoré systém vyhodnotí ako potenciálne neštandardné.

Súčasný prístup využívajú široké spektrum metód od tradičných metód ako spracovanie obrazu až po moderné metódy hlbokého učenia. Významnú skupinu predstavujú najmä konvolučné neurónové siete (CNN), 3D konvolučné neurónové siete a rekurentné neurónové siete, ako sú LSTM a GRU. Tieto architektúry umožňujú získavať priestorové a časové charakteristiky z video sekvencií a následne ich využívať na klasifikáciu alebo detekciu sledovaných aktivít [4]. Napriek dosiahnutým výsledkom však zostáva výzvou efektívne zachytenie komplexného časového vývoja udalostí a schopnosť modelov generalizovať pri zmene prostredia, osvetlenia, uhla pohľadu alebo počtu sledovaných osôb.

Významným problémom je tiež nerovnomerné zastúpenie jednotlivých typov udalostí. Abnormálne alebo neštandardné udalosti sa v reálnych videozáznamoch vyskytujú podstatne menej často ako bežné aktivity. Modely preto musia pracovať s nevyváženými dátami a zároveň rozlišovať medzi prirodzenými zmenami správania a skutočne relevantnou anomáliou. Ďalšiu výzvu predstavujú zmeny svetelných podmienok, rôzne prostredia, prekrytie osôb, dynamika pohybu a rozdiely v charaktere jednotlivých incidentov. Prehľadové štúdie zároveň poukazujú na nedostatok kvalitných

anotovaných dát a potrebu robustných metód schopných dosahovať spoľahlivé výsledky aj pri zmene podmienok snímania [5].

Z uvedených dôvodov sa projekt zameriava na preskúmanie možností využitia transformerových architektúr pri detekcii a klasifikácii neštandardných udalostí v dopravných prostriedkoch. Transformery predstavujú významný smer súčasného vývoja metód hlbokého učenia a prostredníctvom mechanizmu self-attention umožňujú modelovať vzťahy medzi rôznymi časťami vstupnej sekvencie. Pri analýze videa tak môžu zohľadňovať nielen obsah jednotlivých snímok, ale aj ich vzájomné časové súvislosti. Táto vlastnosť je významná najmä pri udalostiach, ktorých charakter nie je možné spoľahlivo určiť z jednej snímky, ale vzniká až postupným vývojom správania v čase.

Súčasťou projektu bude preto odborný prehľad transformerových architektúr využívaných na spracovanie obrazových a video dát. Pozornosť bude venovaná najmä modelom Vision Transformer, TimeSformer, ViViT, Video Swin Transformer, MViT a VideoMAE [6] [7] [8] [9] [10] [11]. Jednotlivé architektúry budú porovnané z hľadiska spôsobu spracovania priestorových a časových informácií, požiadaviek na vstupné dáta, výpočtovej náročnosti, dostupnosti predtrénovaných modelov a ich vhodnosti pre klasifikáciu ľudského správania. Na základe odborného prehľadu budú vybrané perspektívne architektúry vhodné na následné experimentálne overenie.

Ďalšou súčasťou projektu bude prieskum voľne dostupných súborov údajov vhodných na analýzu a klasifikáciu ľudského správania vo videozáznamoch. Študent identifikuje súbory údajov využívané v oblastiach HAR, VAD a abnormal behavior detection a posúdi ich vhodnosť na experimentálne overenie transformerových architektúr. Pri jednotlivých súboroch údajov bude sledovaný najmä počet a dĺžka videozáznamov, počet tried, typ zaznamenávaných udalostí, podmienky snímania, použité modalita, dostupnosť anotácií a podmienky ich využitia. Osobitná pozornosť bude venovaná súborom údajov obsahujúcim záznamy z dopravných prostriedkov alebo z prostredí podobných interiéru verejnej dopravy. Výsledkom bude porovnávací prehľad dostupných súborov údajov a identifikácia dát vhodných na ďalšie experimentovanie.

Na základe výsledkov z prehľadu bude vybraná jedna alebo viac perspektívnych transformerových architektúr na pilotné experimentálne overenie. Dôraz nebude kladený na vytvorenie novej architektúry od základov, ale na využitie dostupných predtrénovaných modelov, ich prispôbenie vybraným video dátam a experimentálne posúdenie ich schopností. Súčasťou riešenia bude základná implementácia vybraného modelu, príprava video dát a vytvorenie experimentálnej pipeline. Výsledky budú hodnotené pomocou štandardných metrík, najmä accuracy, precision, recall a F1-score, pričom pozornosť bude venovaná aj výpočtovej náročnosti modelov.

Projekt zároveň vytvára priestor pre ďalšie rozšírenie výskumu smerom k multimodálnej analýze video dát. V prostredí dopravných prostriedkov môže byť klasický RGB obraz problematický napríklad pri nedostatočných svetelných podmienkach alebo v noci. Perspektívnym smerom preto bude využitie infračervených a termálnych dát, ktoré môžu poskytnúť doplňujúce informácie o osobách a ich pohybe aj v podmienkach zhoršenej viditeľnosti. V ďalšej etape výskumu bude možné skúmať fúziu RGB, IR a termálnych dát pomocou transformerových mechanizmov, napríklad cross-attention.

Praktická časť stáže bude pozostávať z postupného overovania vybraných prístupov na dostupných video dátach. Študent pripraví vstupné dáta do formátu požadovaného vybranou architektúrou, oboznámi sa s dostupnými predtrénovanými modelmi a realizuje ich základnú implementáciu a testovanie. Súčasťou experimentov bude sledovanie vplyvu vybraných parametrov, ako sú počet spracovávaných snímok, rozlíšenie vstupného videa alebo spôsob reprezentácie časovej informácie, na výslednú klasifikačnú úspešnosť. Získané výsledky budú následne porovnané s dostupnými referenčnými riešeniami. Dôležitým výstupom bude tiež identifikácia praktických obmedzení transformerových modelov, najmä z hľadiska výpočtovej náročnosti, množstva potrebných dát a času potrebného na tréning. Zistenia budú spracované do záverečného odporúčania pre ďalšie smerovanie výskumu.

Význam projektu spočíva predovšetkým vo vytvorení výskumného základu pre inteligentnú analýzu bezpečnostne relevantných udalostí v dopravných prostriedkoch. Výsledky umožnia identifikovať perspektívne transformerové architektúry, posúdiť ich výhody a obmedzenia a vybrať vhodné súbory údajov pre ďalší výskum. Získané poznatky a pilotné experimenty zároveň vytvoria základ pre ďalšie experimentálne rozšírenie smerom k multimodálnemu spracovaniu video dát a vývoju robustnejších modelov pre reálne podmienky. Projekt tak prepája moderné metódy umelej inteligencie s konkrétnym problémom bezpečnosti verejnej dopravy. Cieľom nie je nahradiť človeka pri monitorovaní, ale vytvoriť inteligentný nástroj, ktorý dokáže z veľkého množstva video dát automaticky identifikovať situácie vyžadujúce jeho pozornosť. Výsledkom projektu bude odborný prehľad, porovnanie dostupných transformerových architektúr a súborov údajov, základná implementácia vybraného modelu a prvé experimentálne výsledky, ktoré vytvoria základ pre pokračovanie výskumu, záverečné práce študentov a potenciálne vedecké publikácie.

Ciele projektu:

- Hlavným cieľom stáže je:

- preskúmať možnosti využitia moderných transformerových architektúr pri detekcii a klasifikácii neštandardného správania.
- Urobiť odborný prieskum súčasných transformerových architektúr určených na spracovanie obrazových a video dát.
- Urobiť odborný prieskum voľne dostupných súborov údajov vhodných na rozpoznávanie ľudských aktivít a neštandardného správania, s dôrazom na súbory údajov obsahujúce videozáznamy z dopravných prostriedkov alebo podobných prostredí.

Projekt nadväzuje na výskum inteligentnej analýzy video dát a je zameraný na využitie metód hlbokého učenia pri automatizovanom monitorovaní bezpečnosti cestujúcich. V rámci stáže študent vykoná odborný prieskum, pričom pozornosť bude venovaná najmä modelom ako Vision Transformer, TimeSformer, ViViT, Video Swin Transformer, MViT a VideoMAE. Súčasťou projektu bude aj systematický prieskum súboru údajov. Na základe tohto prieskumu bude vybraná perspektívna architektúra a súbor údajov na realizáciu pilotného experimentu. Študent pripraví základnú implementáciu vybraného modelu, vykoná prvé experimenty a vyhodnotí jeho výsledky pomocou štandardných klasifikačných metrík. Hlavným cieľom stáže je vytvoriť odborný a experimentálny základ pre ďalší výskum transformerov pri automatickej detekcii neštandardných udalostí vo verejnej doprave.

Metodológia projektu:

- Riešenie stáže bude prebiehať v niekoľkých na seba nadväzujúcich etapách.

- 1. etapa: bude realizovaný odborný prieskum vedeckej literatúry zameranej na využitie transformerových architektúr pri analýze obrazových a video dát, najmä na modely Vision Transformer, TimeSformer, ViViT, Video Swin Transformer, MViT a VideoMAE.
- 2. etapa: bude vykonaný prieskum a porovnanie voľne dostupných súborov údajov vhodných na detekciu ľudských aktivít a neštandardného správania, pričom sa zohľadní ich rozsah, počet tried, typ dát, anotácie a podmienky snímania.
- 3. etapa: na základe získaných poznatkov bude vybraná vhodná transformerová architektúra a súbor údajov na pilotné experimentálne overenie. Video dáta budú pripravené do požadovaného formátu a následne bude implementovaný vybraný predtrénovaný model s využitím dostupných frameworkov, napríklad PyTorch alebo TensorFlow. Experimenty budú zamerané na základné overenie schopnosti modelu klasifikovať vybrané typy správania.

Dosiahnuté výsledky budú vyhodnotené pomocou metrík accuracy, precision, recall a F1-score a porovnané s dostupnými referenčnými výsledkami. Súčasťou záverečnej fázy bude analýza výsledkov, identifikácia výhod a obmedzení jednotlivých prístupov a formulovanie odporúčaní pre ďalší výskum.

Požadované kvality/znalosti študenta:

Pre úspešnú účasť na projekte by mal študent disponovať nasledujúcimi znalosťami a zručnosťami:

- Skúsenosti s programovacími jazykmi Python (pre strojové učenie, analýzu dát).
- Základné až pokročilé znalosti v oblasti strojového učenia, neurónových sietí.
- Skúsenosti s knižnicami ako TensorFlow, PyTorch, Scikit-learn na tréningovanie a optimalizáciu modelov AI.
- Schopnosť samostatne riešiť problémy spojené s návrhom, tréningom a testovaním AI modelov.
- Schopnosť efektívne pracovať v multidisciplinárnom tíme a komunikovať výsledky práce.

Financovanie:

--

Referencie:

- [1] Duong, H.-T., Le, V.-T., Hoang, V. T. Deep Learning-Based Anomaly Detection in Video Surveillance: A Survey. Sensors, 2023, 23(11), 5024.
- [2] Video anomaly detection: A systematic review of issues and prospects. Neurocomputing, 2024, 591, 127726.

- [3] A comprehensive review on deep learning-based methods for video anomaly detection. *Image and Vision Computing*, 2021, 106, 104078.
- [4] Deep Learning for Abnormal Human Behavior Detection in Surveillance Videos—A Survey. *Electronics*, 2024, 13(13), 2579.
- [5] Deep Learning for Video Anomaly Detection: A Review. *IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems*, 2026. Toto je veľmi dobrý aktuálny zdroj, pretože ide o najnovší prehľad problematiky.
- [6] A. Dosovitskiy et al., “An Image is Worth 16×16 Words: Transformers for Image Recognition at Scale,” *International Conference on Learning Representations (ICLR)*, 2021.
- [7] G. Bertasius, H. Wang, and L. Torresani, “Is Space-Time Attention All You Need for Video Understanding?,” *Proceedings of the 38th International Conference on Machine Learning (ICML)*, vol. 139, pp. 813–824, 2021.
- [8] A. Arnab, M. Dehghani, G. Heigold, C. Sun, M. Lučić, and C. Schmid, “ViViT: A Video Vision Transformer,” *Proceedings of the IEEE/CVF International Conference on Computer Vision (ICCV)*, pp. 6836–6846, 2021.
- [9] Z. Liu, J. Ning, Y. Cao, Y. Wei, Z. Zhang, S. Lin, and H. Hu, “Video Swin Transformer,” *Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, 2022.
- [10] H. Fan et al., “Multiscale Vision Transformers,” *Proceedings of the IEEE/CVF International Conference on Computer Vision (ICCV)*, pp. 6824–6835, 2021.
- [11] Z. Tong, Y. Song, J. Wang, and L. Wang, “VideoMAE: Masked Autoencoders are Data-Efficient Learners for Self-Supervised Video Pre-Training,” *Advances in Neural Information Processing Systems (NeurIPS)*, 2022.

2.5 Disperzné inžinierstvo optických vlnovodov na platforme oxidu gália

Pracovisko: Katedra multimédií a informačno-komunikačných technológií

Výskumná oblasť: Informačné a komunikačné vedy

Špecifická oblasť výskumu: Integrovaná fotonika

Vedúci projektu: Ing. Michaela Holá, PhD.

Kontaktné údaje:

Telefón

+421 41 513 2202

E-mail

michaela.hola@uniza.sk

Web-stránka

<https://optolab.feit.uniza.sk>

Disperzné inžinierstvo optických vlnovodov na platforme oxidu gália

Opis projektu:

Integrovaná fotonika predstavuje jednu z najprogressívnejších technologických platforiem súčasnosti a ponúka široké možnosti miniaturizácie, efektívnej integrácie a technologického rozvoja v oblasti informačných a komunikačných technológií. Jej potenciál presahuje rámec klasickej optiky a optoelektroniky a vytvára priestor pre realizáciu novej generácie fotonických integrovaných obvodov využiteľných v dátových centrách, vysokokapacitných telekomunikačných sieťach, výpočtových systémoch, senzorických platformách či kvantových technológiách. Významnou výhodou integrovanej fotoniky je možnosť realizovať kompaktné, vysokovýkonné a presne definované optické štruktúry, pričom ich výroba môže byť kompatibilná so štandardnými procesmi mikro- a nanoelektronického priemyslu [1, 2, 4].

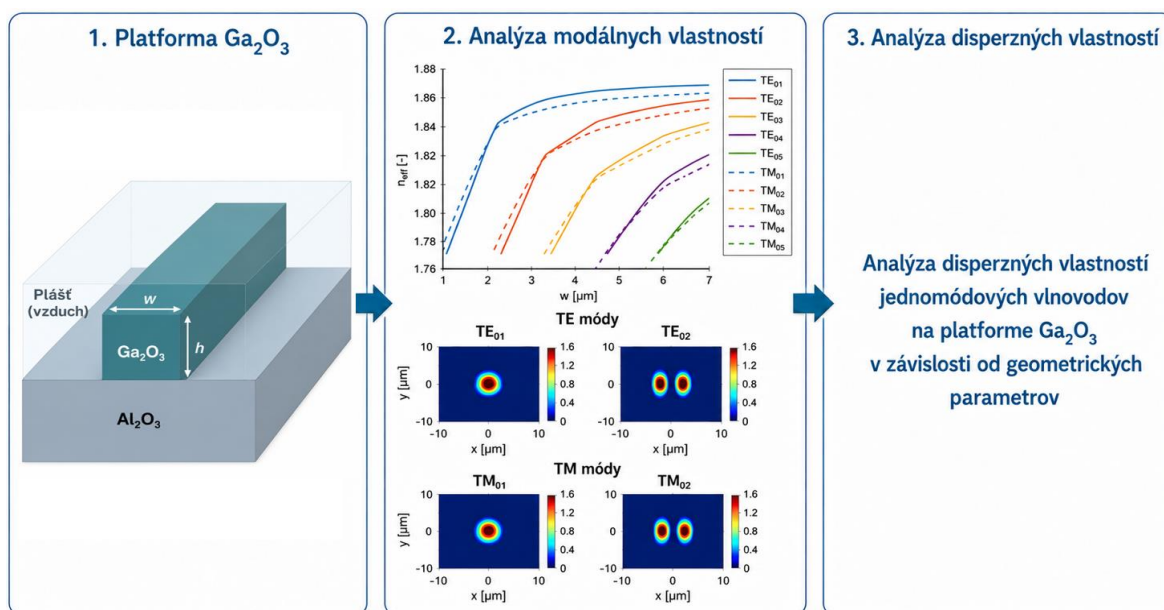
S rozširovaním aplikačných možností integrovanej fotoniky rastú aj požiadavky na fotonické platformy schopné pracovať v širokom spektrálnom rozsahu. Moderné aplikácie smerujú od tradičných telekomunikačných pásiem k oblastiam biofotoniky, optického snímania, kvantových technológií a nelineárnej fotoniky, čo vytvára potrebu materiálov s vhodnými optickými vlastnosťami, vysokou stabilitou a širokou oblasťou transparentnosti. Etablované materiálové platformy, ako kremík alebo nitrid kremíka, majú pritom z hľadiska spektrálneho rozsahu určité obmedzenia, a preto sa pozornosť výskumu sústreďuje aj na nové materiálové platformy [1, 2].

Medzi perspektívne materiály pre ďalší rozvoj integrovanej fotoniky patrí oxid gália (Ga_2O_3). Tento materiál sa vyznačuje širokým zakázaným pásmom, vysokou transparentnosťou v ultrafialovej, viditeľnej a blízkej infračervenej oblasti spektra, ako aj vysokou tepelnou a chemickou stabilitou. Tieto vlastnosti vytvárajú predpoklady pre jeho využitie pri návrhu fotonických integrovaných zariadení schopných pracovať v širokom spektrálnom rozsahu a v náročných prevádzkových podmienkach. Ga_2O_3 preto predstavuje zaujímavú platformu pre vývoj pasívnych vlnovodových štruktúr, rezonátorov, fotodetektorov a zariadení využívajúcich nelineárne optické javy [3, 6, 8, 9].

Napriek rastúcemu záujmu o platformu Ga_2O_3 sa jej výskum v oblasti integrovanej fotoniky stále nachádza v počiatočnej fáze rozvoja. Doterajšie práce sa sústreďujú najmä na vývoj technológií rastu materiálu, návrh a demonštráciu základných vlnovodových štruktúr a charakterizáciu ich optických vlastností [5-9]. Systematické využitie disperzného inžinierstva pri návrhu Ga_2O_3 optických vlnovodov však zostáva doposiaľ nedostatočne preskúmané [2, 5, 6, 8].

Riadenie disperzných vlastností je pritom nevyhnutnou podmienkou pre návrh širokopásmových lineárnych a nelineárnych fotonických komponentov. Disperzia ovplyvňuje efektívny a skupinový index lomu, modálne uväznenie, fázové prispôsobenie aj celkové spektrálne fungovanie zariadení [2].

Projekt bude preto zameraný na numerické modelovanie vybraných optických vlnovodov na platforme Ga_2O_3 a analýzu ich modálnych a disperzných vlastností. Pozornosť bude venovaná vplyvu vybraných parametrov vlnovodových štruktúr na ich vlastnosti a vyhodnoteniu získaných výsledkov z hľadiska ďalšieho výskumu integrovanej fotoniky.



Ciele projektu:

Cieľom projektu je prostredníctvom numerických simulácií skúmať materiálovú platformu oxidu gália (Ga_2O_3) so zameraním na disperzné vlastnosti optických vlnovodov, s perspektívou využitia získaných poznatkov pri vývoji fotonických integrovaných zariadení pre rozličné vlnové pásma. Špecifické ciele projektu sú:

- spracovanie teórie disperzie optických vlnovodov v oblasti integrovanej fotoniky,
- analyzovať modálne vlastnosti Ga_2O_3 vlnovodov,
- analyzovať disperzné vlastnosti páskových a rebrinových vlnovodov,
- vyhodnotiť získané výsledky z hľadiska ich využitia pri ďalšom výskume fotonických zariadení.

Výsledky projektu internej výskumnej stáže môžu byť ďalej rozpracované v rámci diplomovej práce.

Metodológia projektu:

- Štúdium odbornej literatúry v oblasti Ga_2O_3 optických vlnovodov, disperzného inžinierstva a oboznámenie sa so simulačnými nástrojmi.
- Návrh a numerické modelovanie optických vlnovodov na platforme Ga_2O_3 .
- Analýza modálnych vlastností Ga_2O_3 vlnovodov v závislosti od vybraných geometrických parametrov.
- Analýza disperzných vlastností jednomódových vlnovodov v závislosti od geometrických parametrov.
- Vyhodnotenie a porovnanie získaných výsledkov s využitím simulačného prostredia Ansys Lumerical a numerických analytických nástrojov.

Požadované kvality/znalosti študenta:

- Zvedavosť pre nové výskumné skúsenosti a úlohy.
- Kreativita a proaktivita pri hľadaní inovatívnych riešení.
- Schopnosť komunikovať a zdieľať dosiahnuté výsledky v ústnej a písomnej forme.
- Skúsenosti s programom Ansys Lumerical sú výhodou.

Financovanie:

Projekt internej stáže sa realizuje v rámci projektu: FEIT RISE-GADIS, Laboratórium vláknovej a integrovanej optiky pre informačné a komunikačné digitálne technológie, KEGA 008ŽU-4/2025, KEGA – Kultúrna a edukačná grantová agentúra Ministerstva školstva, výskumu, vývoja a mládeže Slovenskej republiky, 2025 – 2027.

Referencie:

- [1] Guo, X., Ji, X., Yao, B. et al., Ultra-wideband integrated photonic devices on silicon platform: from visible to mid-IR. *Nanophotonics*, vol. 12, no. 2, pp. 167-196, 2023.
- [2] Dutt, A., Mohanty, A., Gaeta, A. L. et al., Nonlinear and quantum photonics using integrated optical materials. *Nature Reviews Materials*, vol. 9, pp. 321-346, 2024.
- [3] Guo, D., Guo, Q., Chen, Z. et al., Review of Ga₂O₃-based optoelectronic devices. *Materials Today Physics*, vol. 11, 100157, 2019.
- [4] Li, Y., Zhang, Y., Zhang, L., Poon, A. W., Silicon and hybrid silicon photonic devices for intra-datacenter applications: state of the art and perspectives. *Photonics Research*, vol. 3, no. 5, pp. B10-B27, 2015.
- [5] Han, Y., Chen, W., Jiao, T. et al., Silicon-based gallium oxide optical waveguide fabricated by MOCVD. *Vacuum*, vol. 238, 114221, 2025.
- [6] Zhou, J., Chen, H., Fu, H. et al., Demonstration of low loss β -Ga₂O₃ optical waveguides in the UV-NIR spectra. *Applied Physics Letters*, vol. 115, no. 25, 251108, 2019.
- [7] Nepal, N., Katzer, D. S., Downey, B. P. et al., Heteroepitaxial growth of β -Ga₂O₃ films on SiC via molecular beam epitaxy. *Journal of Vacuum Science & Technology A*, vol. 38, no. 6, 063406, 2020.
- [8] Zhou, J., Chen, H., Fu, K., Zhao, Y., Gallium oxide-based optical nonlinear effects and photonics devices. *Journal of Materials Research*, vol. 36, no. 23, pp. 4832-4845, 2021.
- [9] Pearton, S. J., Yang, J., Cary, P. H. et al., A review of Ga₂O₃ materials, processing, and devices. *Applied Physics Reviews*, vol. 5, no. 1, 011301, 2018.

2.6 Návrh a implementácia webovej aplikácie na podporu certifikácie zdravotníckych pomôcok podľa EU MDR 2017/745

Pracovisko: Katedra multimédií a informačno-komunikačných technológií

Výskumná oblasť: Informačné a komunikačné vedy

Špecifická oblasť výskumu: Opto-vláknové komunikačné systémy

Vedúci projektu: prof. Ing. Róbert Hudec, PhD.

Telefón

E-mail

Web-stránka

Web-stránka

+421 41 513 2210

robert.hudec@uniza.sk

0000-0001-7543-5664

<https://optolab.feit.uniza.sk/>

Návrh a implementácia webovej aplikácie na podporu certifikácie zdravotníckych pomôcok podľa EU MDR 2017/745

Opis projektu:

Navrhovaná stáž je zameraná na návrh a implementáciu webovej aplikácie, ktorá bude slúžiť ako interaktívny sprievodca procesom prípravy zdravotníckej pomôcky na certifikáciu podľa nariadenia EU MDR 2017/745. Hlavným cieľom aplikácie je zjednodušiť orientáciu používateľa v komplexnom regulačnom procese a poskytnúť mu prehľadný postup jednotlivých krokov, ktoré je potrebné vykonať pred uvedením zdravotníckej pomôcky na trh.

Aplikácia bude používateľa postupne sprevádzať jednotlivými etapami procesu, pričom pri každom kroku poskytne informáciu o tom, čo je potrebné splniť, aké údaje alebo dokumenty je potrebné pripraviť, na základe akých požiadaviek sa daný krok vykonáva a kde je možné príslušné informácie alebo oficiálne podklady nájsť.

Základom aplikácie bude definovaný postup vychádzajúci z požiadaviek EU MDR 2017/745. Aplikácia bude obsahovať hlavné etapy procesu, ako sú definovanie intended purpose, regulačná kvalifikácia a klasifikácia zdravotníckej pomôcky, identifikácia príslušných požiadaviek, riadenie rizík, klinické hodnotenie, príprava technickej dokumentácie, výber vhodného postupu posudzovania zhody, zapojenie Notified Body, EU Declaration of Conformity, CE marking, registrácia a povinnosti po uvedení pomôcky na trh.

Dôležitou funkciou aplikácie bude navigácia používateľa k relevantným zdrojom informácií. Pri jednotlivých krokoch budú uvedené odkazy na relevantné články a prílohy MDR, metodické dokumenty, oficiálne webové stránky Európskej komisie, databázy a ďalšie relevantné zdroje. Používateľ tak nebude musieť samostatne vyhľadávať, kde sa požadovaná informácia nachádza.

Aplikácia bude zároveň umožňovať evidenciu stavu jednotlivých krokov. Používateľ bude môcť označiť splnené kroky, zaznamenať poznámky a sledovať celkový priebeh prípravy zdravotníckej pomôcky prostredníctvom jednoduchého dashboardu a progress baru.

Výsledkom stáže bude prototyp webovej aplikácie – interaktívneho sprievodcu certifikačným procesom zdravotníckych pomôcok podľa EU MDR 2017/745, ktorý používateľovi poskytne štruktúrovaný postup, kontrolný zoznam požadovaných krokov a dokumentov a navigáciu k relevantným regulačným zdrojom.

Ciele projektu:

Hlavným cieľom projektu je vytvoriť webovú aplikáciu, ktorá bude používateľa systematicky sprevádzať procesom prípravy zdravotníckej pomôcky na certifikáciu podľa EU MDR 2017/745.

Čiastkovými cieľmi sú analýza certifikačného procesu podľa MDR, návrh jeho jednotlivých krokov a rozhodovacích bodov, vytvorenie interaktívneho používateľského rozhrania.

Ďalším cieľom je vytvoriť databázu alebo štruktúrovaný súbor informácií obsahujúci požadované dokumenty, údaje, regulačné požiadavky a relevantné odkazy priradené k jednotlivým krokom procesu.

Cieľom je tiež vytvoriť mechanizmus umožňujúci používateľovi sledovať stav jednotlivých krokov a identifikovať, ktoré dokumenty alebo informácie ešte musí pripraviť.

Metodológia projektu:

Práca bude rozdelená do niekoľkých nadväzujúcich etáp.

V prvej etape študent analyzuje proces posudzovania zhody zdravotníckych pomôcok podľa EU MDR 2017/745 a identifikuje jeho hlavné kroky, požadované dokumenty, rozhodovacie body a relevantné informačné zdroje. Výsledkom bude návrh aplikácie.

V druhej etape bude navrhnutá informačná a dátová štruktúra aplikácie. Pre jednotlivé kroky budú definované informácie, ktoré musí používateľ pripraviť, požadované dokumenty, príslušné ustanovenia MDR a odkazy na oficiálne zdroje.

V poslednej etape bude implementované používateľské rozhranie webovej aplikácie. Používateľ bude môcť prechádzať jednotlivými krokmi certifikačného procesu, zobrazovať požiadavky, označovať splnené úlohy a sledovať celkový stav projektu.

Požadované kvality/znalosti študenta:

- Študent by mal mať základné znalosti programovania a tvorby webových aplikácií. Výhodou je znalosť HTML, CSS, JavaScriptu alebo Pythonu a skúsenosť s frameworkmi určenými na vývoj webových aplikácií.
- Výhodou sú základné znalosti databáz, práce s REST API a Git. Znalosť zdravotníckej legislatívy nie je nevyhnutná, pričom študent sa s relevantnými požiadavkami EU MDR oboznámi v rámci riešenia projektu.
- Od študenta sa očakáva schopnosť samostatne pracovať s odbornými a regulačnými zdrojmi, analyzovať požiadavky a transformovať ich do podoby prehľadného používateľského rozhrania a funkčného webového workflow.

Financovanie:

Výskumná stáž bude realizovaná v rámci projektu TEF-Health – Testing and Experimentation Facility for Health, financovaného v rámci programu Digital Europe Programme, podporná schéma DIGITAL-2022-CLOUD-AI-02 – Testing and Experimentation Facilities in the area of Artificial Intelligence and Robotics. Projekt je zameraný na vytvorenie a rozvoj európskej infraštruktúry pre testovanie, experimentovanie, validáciu a podporu zavádzania riešení umelej inteligencie v zdravotníctve s dôrazom na ich bezpečnosť, kvalitu, interoperabilitu, etické aspekty a súlad s príslušnými právnymi a regulačnými požiadavkami.

V rámci projektu bude výskumná stáž zameraná na návrh a implementáciu webovej aplikácie podporujúcej orientáciu v procese posudzovania zhody a certifikácie zdravotníckych pomôcok podľa nariadenia EÚ 2017/745 (MDR). Navrhované riešenie bude predstavovať digitálny podporný nástroj, ktorý používateľovi poskytne štruktúrovaný postup jednotlivých etáp regulačného procesu, prehľad požadovaných údajov a dokumentácie a navigáciu k relevantným právnym, metodickým a odborným zdrojom. Zameranie stáže tak priamo nadväzuje na ciele projektu TEF-Health v oblasti podpory bezpečného, kvalitného a regulačne vyhovujúceho využívania technológií umelej inteligencie v zdravotníctve.

Názov projektu: TEF-Health – Testing and Experimentation Facility for Health

Číslo projektu: DIGITAL-2022-CLOUD-AI-02

Program/podporná schéma: Digital Europe Programme – DIGITAL-2022-CLOUD-AI-02 – Testing and Experimentation Facilities in the area of Artificial Intelligence and Robotics

Trvanie projektu: 2023–2027

Referencie:

- [1] EUROPEAN PARLIAMENT AND THE COUNCIL OF THE EUROPEAN UNION. Regulation (EU) 2017/745 of the European Parliament and of the Council of 5 April 2017 on medical devices (Medical Device Regulation – MDR). Official Journal of the European Union, 2017. Aktuálne konsolidované znenie k 1. 1. 2026. Dostupné na: <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2017/745/2026-01-01/eng>
- [2] EUROPEAN COMMISSION. Medical Devices – Sector. Regulatory framework and information concerning medical devices. Dostupné na: https://health.ec.europa.eu/medical-devices-sector_en
- [3] EUROPEAN COMMISSION. MDCG endorsed documents and other guidance. Dostupné na: https://health.ec.europa.eu/medical-devices-sector/new-regulations/guidance-mdcg-endorsed-documents-and-other-guidance_en
- [4] EUROPEAN COMMISSION. EUDAMED – European Database on Medical Devices. Dostupné na: https://health.ec.europa.eu/medical-devices-eudamed_en
- [5] EUROPEAN COMMISSION. EUDAMED Information Centre. Dostupné na: <https://webgate.ec.europa.eu/eudamed-help/en/>

- [6] EUROPEAN COMMISSION. EUDAMED – Notified Bodies and Certificates module. Dostupné na: https://health.ec.europa.eu/medical-devices-eudamed/notified-bodies-and-certificates-module_en
- [7] MEDICAL DEVICE COORDINATION GROUP. MDCG 2019-11 rev.1. Guidance on Qualification and Classification of Software in Regulation (EU) 2017/745 – MDR and Regulation (EU) 2017/746 – IVDR. 2025. Dostupné na: https://health.ec.europa.eu/latest-updates/update-mdcg-2019-11-rev1-qualification-and-classification-software-regulation-eu-2017745-and-2025-06-17_en
- [8] MEDICAL DEVICE COORDINATION GROUP. MDCG 2021-24 rev.1. Guidance on classification of medical devices. 2026. Dostupné na: https://health.ec.europa.eu/latest-updates/update-mdcg-2021-24-rev1-guidance-classification-medical-devices-april-2026-2026-04-20_en
- [9] MEDICAL DEVICE COORDINATION GROUP. MDCG 2025-6. FAQ on Interplay between the Medical Devices Regulation (MDR) & In vitro Diagnostic Medical Devices Regulation (IVDR) and the Artificial Intelligence Act (AIA). 2025. Dostupné na: https://health.ec.europa.eu/latest-updates/mdcg-2025-6-faq-interplay-between-medical-devices-regulation-vitro-diagnostic-medical-devices-2025-06-19_en
- [10] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 14971:2019. Medical devices – Application of risk management to medical devices. Geneva: ISO, 2019. Dostupné na: <https://www.iso.org/standard/72704.html>
- [11] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 13485:2016. Medical devices – Quality management systems – Requirements for regulatory purposes. Geneva: ISO, 2016. Dostupné na: <https://www.iso.org/standard/59752.html>
- [12] INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION. IEC 62304:2006+A1:2015. Medical device software – Software life cycle processes. Geneva: IEC, 2015.
- [13] EUROPEAN PARLIAMENT AND THE COUNCIL OF THE EUROPEAN UNION. Regulation (EU) 2024/1689 of the European Parliament and of the Council of 13 June 2024 laying down harmonised rules on artificial intelligence (Artificial Intelligence Act). Official Journal of the European Union, 2024. Dostupné na: <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2024/1689/oj>
- [14] MEDICAL DEVICE COORDINATION GROUP. MDCG 2025-4. Guidance on the safe making available of medical device software (MDSW) apps on online platforms. 2025. Dostupné na: https://health.ec.europa.eu/latest-updates/mdcg-2025-4-guidance-safe-making-available-medical-device-software-mdsw-apps-online-platforms-june-2025-06-16_en
- [15] MEDICAL DEVICE COORDINATION GROUP. MDCG 2019-16 rev.1. Guidance on Cybersecurity for medical devices. 2020. Dostupné na: https://health.ec.europa.eu/system/files/2022-01/md_cybersecurity_en.pdf

2.7 Návrh a numerická analýza fotonických rozhraní pre viditeľné integrované optické systémy

Pracovisko: Katedra multimédií a informačno-komunikačných technológií

Výskumná oblasť: Informačné a komunikačné vedy

Špecifická oblasť výskumu: Integrovaná fotonika a optoelektronika

Vedúci projektu: Mgr. Anastasiia Doroshenko PhD.

Kontaktné údaje:

Telefón

+421 41 5132227

E-mail

doroshenko@uniza.sk

Web-stránka

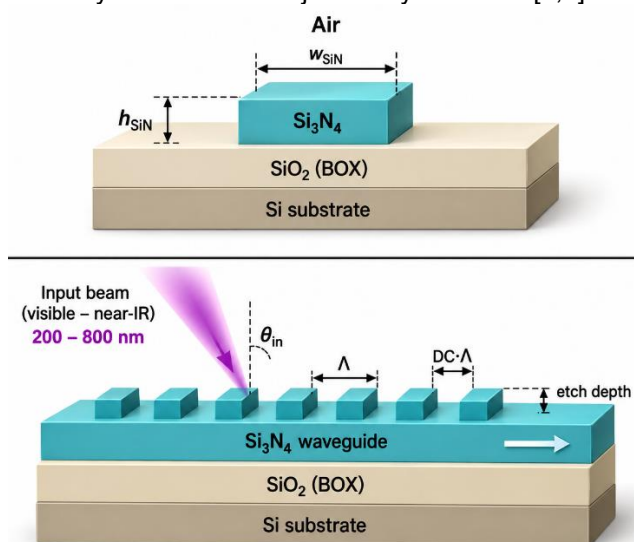
<https://optolab.feit.uniza.sk/>

Návrh a numerická analýza fotonických rozhraní pre viditeľné integrované optické systémy

Opis projektu:

Integrovaná fotonika na báze nitridu kremíka (Si_3N_4) predstavuje modernú technologickú platformu pre realizáciu fotonických integrovaných obvodov pracujúcich vo viditeľnom a blízkom infračervenom spektre. Si_3N_4 sa vyznačuje nízkymi stratami, širokým transparentným pásmom (od viditeľných vlnových dĺžok približne od 400 nm až po infračervenú oblasť) a dobrou kompatibilitou s technológiami mikroelektronickej výroby [1]. Vďaka týmto vlastnostiam je Si_3N_4 **vhodný pre aplikácie v optických komunikáciách, senzorike [2] a kvantovej fotonike [3].**

Jedným z kľúčových problémov fotonických integrovaných obvodov je efektívne zavedenie optického žiarenia z externého optického zdroja alebo optického vlákna do vlnovodovej štruktúry na čipe. Na tento účel sa využívajú fotonické rozhrania, medzi ktoré patria mriežkové väzobné členy. Ide o periodické difrakčné štruktúry vytvorené vo vlnovode alebo na jeho povrchu, ktorých úlohou je zabezpečiť väzbu optického žiarenia medzi optickým vláknom alebo voľným priestorom a fotonickým čipom [1,4,5]. Mriežkové väzobné členy umožňujú vertikálne alebo šikmé vyžarovanie svetla z roviny čipu, čím zjednodušujú optické prepojenie, experimentálne merania a charakterizáciu fotonických integrovaných obvodov. Ich vlastnosti sú výrazne ovplyvnené geometriou periodickej štruktúry, najmä periódou mriežky Λ , šírkou jednotlivých prvkov, duty cycle D , hĺbkou leptania, počtom periód, rozmermi vlnovodu a materiálovými vlastnosťami jednotlivých vrstiev [1,5].



Obr. 1 Schematické znázornenie fotonickej platformy Si_3N_4 (horná časť) s vyznačením šírky vlnovodu w_{SiN} a jeho výšky h_{SiN} a geometrie mriežkového väzobného člena (dolná časť) s vyznačením uhla dopadu θ_{in} , periód mriežky Λ , duty cycle DC a hĺbky leptania (etch depth).

Projekt internej výskumnej stáže bude zameraný na numerické modelovanie, analýzu a základnú validáciu jednoduchkej periodickej fotonickej štruktúry na báze Si_3N_4 vo viditeľnom spektre ($\approx 400\text{--}1000$ nm). Dôraz bude kladený na jednoduché technologické realizácie s jedným

leptacím krokom (tzv. *single-etch* štruktúry) a zvýšenie robustnosti návrhov voči výrobným toleranciam [1,5].

Numerické modelovanie bude realizované pomocou metódy konečných diferencií v časovej oblasti – **Finite-Difference Time-Domain (FDTD)**. Táto metóda umožňuje numerické riešenie Maxwellových rovníc v časovej a priestorovej oblasti a patrí medzi základné nástroje elektromagnetického modelovania fotonických štruktúr [6]. Praktická časť stáže bude orientovaná predovšetkým na vytvorenie a overenie numerického modelu v prostredí **OptiFDTD** [7,8].

Projekt bude nadväzovať na aktuálne výskumné aktivity pracoviska a na riešenie projektu NOVA, zameraného na fotonické integrované rozhrania pre krátke vlnové pásma. Súčasne bude čiastočne prepojený s projektom **METAFOTON** – Inverzný návrh fotonických integrovaných komponentov pomocou metaheuristických algoritmov, v rámci ktorého sa vytvára dataset prepájajúci geometrické parametre fotonických komponentov s ich optickou odozvou pre následnú AI-založenú analýzu a inverzný návrh. Parametrické simulácie realizované počas stáže tak môžu prispieť k rozšíreniu datasetu o výsledky pre mriežkové väzobné členy na platforme Si_3N_4 a vytvoriť dáta využiteľné pri vývoji a validácii modelov strojového učenia. **Takéto prepojenie umožní kombinovať numerické elektromagnetické modelovanie s modernými metódami AI-podporovaného návrhu fotonických komponentov.**

Stáž zároveň vytvorí priestor na prepojenie výskumných postupov s pedagogickou činnosťou pracoviska. **Významným výsledkom projektu bude preto nielen vytvorenie a numerické overenie vybranej fotonickej štruktúry a získanie súboru simulačných dát, ale aj spracovanie získaných poznatkov do podoby metodického materiálu pre praktické cvičenie.** Metodický materiál bude demonštrovať postup vytvorenia, nastavenia, simulácie a vyhodnotenia jednoduchej fotonickej štruktúry v prostredí OptiFDTD.

Ciele projektu:

Cieľom projektu internej výskumnej stáže je rozšíriť poznanie v oblasti mriežkových väzobných členov pre fotonické integrované obvody na báze Si_3N_4 vlnovodov pracujúcich vo viditeľnom a blízkom infračervenom spektre. Projekt sa zameriava na fyzikálne princípy väzby optického žiarenia medzi optickým vláknom a vlnovodovou štruktúrou na čipe a na identifikáciu kľúčových parametrov, ktoré ovplyvňujú účinnosť väzby, smerovosť vyžarovania a spektrálne vlastnosti mriežkových väzobných členov.

Výsledkom projektu bude overený postup numerického modelovania a analýzy vybranej mriežkovej štruktúry, súbor simulačných dát využiteľný pri ďalšej analýze a AI-podporovanom návrhu fotonických komponentov a metodický materiál využiteľný pri praktickej výučbe integrovanej fotoniky.

Z pohľadu študenta je cieľom stáže osvojiť si základné princípy fungovania mriežkových väzobných členov a porozumieť vzťahu medzi geometriou periodickej štruktúry a správaním optického poľa vo fotonickom čipe. Študent si postupne prepojí teoretický opis fyzikálnych javov s výsledkami numerických simulácií a získa praktický základ pre ďalšiu prácu s fotonickými komponentmi, numerickým modelovaním a riešením záverečných prác.

Metodológia projektu:

Projekt bude realizovaný kombináciou teoretickej analýzy, numerických simulácií a vyhodnotenia výsledkov s využitím dostupného softvérového vybavenia pracoviska.

1. Teoretická príprava. Študent sa oboznámi so základnými princípmi integrovanej fotoniky na báze Si_3N_4 a s fyzikálnymi princípmi mriežkových väzobných členov, najmä s mechanizmami difrakcie, smerovosti vyžarovania a väzby medzi vlnovodom a optickým vláknom.

2. Návrh geometrie mriežky. Návrh základnej geometrie mriežkových väzobných členov bude realizovaný s ohľadom na prevádzku vo viditeľnom a blízkom infračervenom spektre a v nadväznosti na návrhové aktivity projektu **NOVA**.

3. Numerická analýza a optimalizácia. Navrhnuté štruktúry budú analyzované pomocou elektromagnetických simulačných metód, pričom optimalizácia bude založená na systematickej zmene geometrických parametrov mriežky s cieľom maximalizácie výkonu vyžarovaného smerom k optickému vláknu a potlačenia nežiaducich strát (ANSYS Lumerical, OptiFDTD, VPIphotonics + Python).

4. Generovanie a spracovanie simulačných dát. Výsledky parametrických simulácií budú systematicky ukladané vo forme dát prepájajúcich geometrické parametre mriežkovej štruktúry s jej optickými charakteristikami. Takto vytvorený súbor dát bude možné využiť pri ďalšom rozširovaní datasetu pre AI-založenú analýzu a inverzný návrh fotonických komponentov v nadväznosti na projekt **METAFOTON**.

5. Vyhodnotenie výsledkov. Získané výsledky budú spracované, porovnané a interpretované z hľadiska fyzikálneho významu a praktickej použiteľnosti, čím sa vytvorí základ pre ďalší výskum, AI-podporovanú analýzu alebo experimentálne overovanie (MATLAB).

6. Tvorba metodického materiálu. Na základe vytvoreného a overeného numerického modelu bude spracovaný metodický materiál zameraný na postup návrhu, simulácie a vyhodnotenia vybranej mriežkovej štruktúry v prostredí OptiFDTD. Materiál bude obsahovať základný opis modelu, nastavenie simulačných parametrov, postup numerickej analýzy a interpretáciu získaných výsledkov a bude využiteľný pri praktickej výučbe integrovanej fotoniky.

Požadované kvality/znalosti študenta:

- záujem o integrovanú fotoniku, optiku a moderné technológie
- technické a analytické myslenie
- schopnosť pracovať s odborným textom v anglickom jazyku
- zodpovedný prístup k práci, časová flexibilita a motivácia pre odborný rozvoj

Financovanie:

Kultúrna a edukačná grantová agentúra Ministerstva školstva, výskumu, vývoja a mládeže Slovenskej republiky (**KEGA**), projekt č. **008ŽU-4/2025**; **Grantový systém Žilinskej univerzity** v Žiline, projekt č. **2/2025 (21230)**; **FEIT RISE 2026** – Návrh projektu pre podporu mladých vedeckých a pedagogických pracovníkov, projekt **NOVA**.

Referencie:

- [1] **KORČEK, R.**; et al. *Library of single-etch silicon nitride grating couplers for low-loss and fabrication-robust fiber–chip interconnection*. Scientific Reports, 2023.
- [2] **SUBRAMANIAN, A. Z.**; et al. *Silicon and silicon nitride photonic circuits for spectroscopic sensing on-a-chip [Invited]*. Photonics Research, 2015, roč. 3, č. 5, s. B47–B59.
- [3] **CHANANA, A.**; et al. *Ultra-low loss quantum photonic circuits integrated with single quantum emitters*. Nature Communications, 2022, roč. 13, článok 7693.
- [4] **YOON, J.**; et al. *Inverse design of Si-based high-performance vertical emitting metagrating coupler on 220 nm silicon-on-insulator platform*. Photonics Research, 2023, roč. 11.
- [5] **FRASER, W.**; et al. *High-efficiency self-focusing metamaterial grating coupler in silicon nitride with amorphous silicon overlay*. Scientific Reports, 2024.
- [6] **TAFLOVE, A.; HAGNESS, S. C.** *Computational Electrodynamics: The Finite-Difference Time-Domain Method*. 3rd ed. Artech House, 2005.
- [7] **OPTIWAVE SYSTEMS INC.** *OptiFDTD Technical Background: FDTD Design and Analysis for Photonic Components*. Optiwave.
- [8] **OPTIWAVE SYSTEMS INC.** *OptiFDTD Tutorials*. Optiwave.

2.8 IKT pre autonómnú mobilitu

Pracovisko: Katedra multimédií a informačno-komunikačných technológií

Výskumná oblasť: Informačné a komunikačné vedy

Špecifická oblasť výskumu: IKT pre autonómnú mobilitu

Vedúci projektu: Prof. Ing. Milan Dado, PhD.

Kontaktné údaje:	Telefón	E-mail	Web-stránka
	+421 41 5132212	milan.dado@uniza.sk	-

IKT pre autonómnú mobilitu

Opis projektu:

V projekte sa bude študent zaoberať hodnotením kvality komunikačnej podpory pre autonómnú mobilitu s dôrazom na využitie sietí **5G Standalone** (5G SA), prípadne aj vyšších generácií sietí o.i. pre orchestráciu dát zo senzorových, kamerových, či Lidarových systémov pre kooperatívne vnímanie. Ide o mimoriadne aktuálnu a perspektívnu tému, ktorá reflektuje súčasné trendy vo vývoji systémov **Connected, Cooperative, Autonomous and Automated Mobility** (CCAM), ako aj rastúce požiadavky na spoľahlivé komunikačné infraštruktúry.

Projekt reaguje na aktuálne technologické výzvy v oblasti prenosu veľkých objemov dát, edge computingu a integrácie umelej inteligencie do autonómnych dopravných systémov.

Zvolená problematika je významná nielen z pohľadu vedeckého výskumu, ale aj z pohľadu praktickej implementácie v inteligentných dopravných systémoch a budúcich smart city riešeniach.

Význam projektu podčiarkuje aj skutočnosť, **že študent sa bude venovať experimentálnemu hodnoteniu kvality siete v reálnych podmienkach komerčne nasadenej siete 5G SA** a analyzovať ich vo vzťahu k požiadavkám definovaným organizáciami 3GPP a 5GAA. **Téma práce preto predstavuje vysoko aktuálny interdisciplinárny výskum prepájajúci telekomunikácie, umelú inteligenciu a autonómnú mobilitu.**

Navrhovaný projekt prispeje do odbornej oblasti, ktorá je označovaná ako „**automotive engineering**“. Vzhľadom na rozsiahlosť odborností automotive disciplín, **tento projekt má za cieľ prispieť ku hodnoteniu kľúčových parametrov kvality služieb (QoS/QoE) v komerčných mobilných sieťach 5G Standalone (SA) v kontexte požiadaviek autonómnej a kooperatívnej mobility (V2X).** Komunikácie v rámci uvedenej problematiky je možné vo všeobecnosti charakterizovať ako komunikácie medzi vozidlami navzájom, vozidlami a infraštruktúrou, vozidlami a chodcami, vozidlami a sieťou a pod. Predložená stáž prispeje k témam, ktoré sú v odbornej komunite označované ako CCAM, čo vo všeobecnosti označuje „prepojenú, kooperatívnu, autonómnú a automatizovanú mobilitu“.

Téma skúmania komunikácií v automotive prostredí je vysoko-aktuálna, stále sa dynamicky vyvíjajúca a je dôležitá na sledovanie, výskum a vývoj ale v tomto prípade aj na udržanie a prehĺbovanie spolupráce s mobilnými operátormi ale aj firmami, ktoré sa zaoberajú aplikáciou IKT do týchto riešení.

Ciele projektu:

Zadanie výskumnej stáže sa zameriava na návrh, implementáciu a experimentálne overenie automatizovaného meracieho a analytického reťazca typu Network Data Only (NDO) na hodnotenie kľúčových parametrov kvality služieb (QoS/QoE) v komerčných mobilných sieťach 5G Standalone (SA) v kontexte požiadaviek autonómnej a kooperatívnej mobility (V2X).

Od študenta sa budú vyžadovať znalosti zo základné špecifikácií 3GPP (fyzická a transportná vrstva, požiadavky na služby), odporúčaní ETSI a štandardy konzorcia 5GAA pre dátové toky autonómnej mobility (URLLC, deterministická latencia, priepustnosť). Následne sa bude požadovať vyvinutie klientskeho zberného „agenta“ pre mobilné a vstavané platformy s trojvrstvovou asynchrónnou architektúrou bez nutnosti administrátorských zásahov, kde sa bude implementovať synchronizované fázové riadenie testov ako nezávislých procesov na pozadí pre periodický odber rádiových RF metrik (RSRP, RSRQ, SINR, PCI, ARFCN), ako aj kontinuálny zber GNSS údajov s algoritmickým ošetrovaním chýb lokalizácie.

V ďalšom kroku študent vykoná sériu terénnych mobilných meraní v rôznych frekvenčných a topologických scenároch siete 5G SA.

Získané dáta bude potrebné spracovať pomocou vlastného analytického jadra na čistenie, filtrovanie a fúziu rozsiahlych časových radov s využitím algoritmov časovej krížovej korelácie asynchrónnych RF a transportných udalostí, pričom bude potrebné vykonať technický audit spracovateľských algoritmov s cieľom minimalizácie vznikajúcich anomálií, ktoré nezodpovedajú stavu siete.

V nadväznosti na to študent zrealizuje hĺbkovú analýzu fyzických a linkových parametrov a posúdi pripravenosť infraštruktúry pre bezpečnú výmenu V2X správ v zmysle odporúčaní v zmysle požiadaviek autonómnej a kooperatívnej mobility (V2X) .

Výstupom stáže bude automatizovaný systém na generovanie interaktívnych analytických reportov s kumulatívnymi distribučnými krivkami a priestorovými mapami kvality, záverečná technická správa a podklady pre odbornú publikáciu prezentujúcu limity mobilnej 5G SA siete.

Metodológia projektu:

Po metodologickej a technickej stránke bude práca založená na kombinácii experimentálneho merania komunikačnej siete, analýzy požiadaviek štandardizačných rámcov a návrhu softvérového reťazca na spracovanie nameraných dát v reálnych prostrediach 5G SA sietí s cieľom ich využiteľnosti pre operátorov mobilných sietí ale aj širšom ponímaní pre budúce štandardizácie v tejto oblasti v súvislosti s požiadavkami 3GPP a 5GAA publikovanými v súčasnosti.

Práca bude založená na kombinácii experimentálneho merania komunikačnej siete, analýz požiadaviek štandardizačných rámcov a návrhu softvérového reťazca na spracovanie získaných dát. Študent bude využívať svoje merania v prostredí 5G SA siete, analyzovať výsledky merania v závislosti na rôznych parametroch siete a vyhodnocovať súlad nameraných parametrov s požiadavkami 3GPP a 5GAA.

Celá práca na projekte bude motivovaná prehĺbením spolupráce s telko operátorom a firmami, zaoberajúcimi sa aplikáciou IKT do dopravných riešení.

Predpokladám tiež publikáciu študenta zo získaných výsledkov vo vedeckom časopise alebo na vedeckej konferencii.

Požadované kvality/znalosti študenta:

- Veľmi dobré znalosti z info-komunikačných sietí;
- Znalosti o technológiách Edge and Cloud computing;
- Znalosti o komunikačných systémoch a sieťach, vhodných pre podporu autonómnej a kooperatívnej mobility;
- Znalosti z metód hodnotenia zložitých komunikačných systémov a sietí;
- Znalosti štatistických metód pre hodnotenie štatisticky náročných stacionárnych a nestacionárnych procesov;
- Excelentné znalosti anglického jazyka;

Financovanie:

- **Podpora zo strany spoločnosti Slovak Telekom, a.s., poskytnutím hardvéru pre meranie parametrov kvality 5G SA siete a prístupu k 5G SA sieti na experimentálne hodnotenie kvalitatívnych parametrov V2X komunikácie.**
- Projekt APVV-25-0566 – Modulárna inteligentná infraštruktúra pre testovanie a kalibráciu vysokorychlostných optických sietí a komponentov
 - *Pozn: Znalosti metód a metodológia vyhodnocovania štatisticky náročných komunikačných sietí z tohto projektu FEIT INTERNSHIP sa využijú pre projekt APVV-25-0566*
- V prípade potreby zdroje KMIKT z predchádzajúcich projektov, ktoré viedol prof. M.Dado

Referencie:

1. 3GPP, "5G; 5G System; Network Data Analytics Services; Stage 3," TECHNICAL SPECIFICATION, 2024. Accessed: Mar. 31, 2026. [Online]. Available: https://www.etsi.org/deliver/etsi_ts/129500_129599/129520/18.06.00_60/ts_129520v180600p.pdf

2. B. Cucor, T. Petrov, P. Kamencay, M. Simeonov and M. Dado, „Digital Infrastructure Quality Assessment System Methodology for Connected and Automated Vehicles“, Electronics, 2023
3. M. Simeonov, T. Petrov, P. Kamencay and M. Dado, „Contribution to the Analysis of Digital Infrastructure in Terms of Readiness for Cooperative, Connected and Automated Mobility“, ELEKTRO, 2024
4. M. Simeonov, P. Kamencay, M. Dado, L. Ďuriš and M. Veselovský, „Contribution to the Investigation of Infrastructure Readiness in Terms of CCAM Localization“, TSP, 2024
5. M. Simeonov, P. Kamencay and M. Dado, „An Overview of Localization Accuracy for Cooperative, Connected and Automated Mobility“, ELMAR, 2024
6. M. Simeonov, P. Kamencay and M. Dado, Investigation of urban routes for autonomous transportation using 5G communication and LIDAR data“, TRANSCOM, 2025
7. M. Simeonov, M. Dado, R. Hudec, UNIZA grant project, Development of robust localization and navigation systems for communication-supported autonomous mobility in demanding conditions" (ID 20407), UNIZA 2024-2025
8. M. Simeonov, P. Kamencay and M. Dado, "Evaluating YOLOv11's Role in Robust Real-Time Object Detection for Autonomous Driving," RadioElektronika, 2025,
9. M. Simeonov, A. Kurdiumov and M. Dado, „Real-Time 3D Scene Understanding for Road Safety: Depth Estimation and Object Detection for Autonomous Vehicle Awareness“, Vehicles, 2026
10. Manuscript in review; M. Simeonov, P. Kamencay & M. Dado, „Data Minimization and Uplink Feasibility of Camera-Based Cooperative Perception over Commercial 5G Standalone“ Wiley, IET Intelligent Transport Systems, 2026

2.9 Komparatívna analýza edge akcelerátorov Hailo, Axelera Metis a NVIDIA Jetson Orin pre aplikácie počítačového videnia v doprave

Pracovisko: Katedra riadiacich a informačných systémov

Výskumná oblasť: Informačné a komunikačné vedy

Špecifická oblasť výskumu: Počítačové videnie

Vedúci projektu: Ing. Pavol Kuchar, PhD., EUR ING

Kontaktné údaje:	Telefón	E-mail	Web-stránka
	+421 41 513 3301	pavol.kuchar@uniza.sk	-

Komparatívna analýza edge akcelerátorov Hailo, Axelera Metis a NVIDIA Jetson Orin pre aplikácie počítačového videnia v doprave

Opis projektu:

Rozvoj inteligentných dopravných systémov a moderných infraštruktúrnych riešení predstavuje jednu z významných oblastí technologického pokroku. Využívanie umelej inteligencie, počítačového videnia a automatizovanej analýzy obrazových dát umožňuje efektívnejšie monitorovať dopravu, zvyšovať bezpečnosť cestnej premávky, optimalizovať využívanie dopravnej infraštruktúry a získavať údaje potrebné na strategické rozhodovanie. Tieto technológie nachádzajú uplatnenie nielen v mestách a na diaľniciach, ale aj v okolí nemocníc, priemyselných parkov, logistických centier a ďalších významných objektov.

V súvislosti s plánovanými a realizovanými strategickými investíciami v regiónoch Slovenska vzniká potreba vytvárať moderné systémy na zber, spracovanie a vyhodnocovanie dopravných údajov. Príkladom významných infraštruktúrnych projektov je výstavba a rozvoj diaľničnej siete, napríklad úsekov diaľnice D3, ako aj rozvoj zdravotníckej infraštruktúry, medzi ktorú patrí aj modernizácia a výstavba nemocničných zariadení, napríklad v Martine. Takéto projekty môžu výrazne ovplyvniť dopravné zaťaženie, mobilitu obyvateľstva, dostupnosť služieb a celkovú organizáciu dopravy v danom území. Na kvalifikované plánovanie a hodnotenie ich vplyvu je preto potrebné disponovať relevantnými, presnými a časovo aktuálnymi dopravnými údajmi. V neposlednom rade treba aj zamedziť plytvaniu zdrojmi daňovníkov (1).

Tradičné metódy monitorovania dopravy často využívajú manuálne sčítavanie vozidiel, špecializované dopravné senzory alebo kamerové systémy, ktorých obrazové dáta sa spracúvajú na vzdialených serveroch. Hoci tieto riešenia môžu poskytovať kvalitné výsledky, ich nasadenie môže byť spojené s vysokými nákladmi na hardvér, komunikačnú infraštruktúru, prevádzku a údržbu. Pri rozsiahlejšom monitorovaní viacerých lokalít môže byť problematické aj nepretržité odosielanie veľkého množstva obrazových dát do centrálného dátového centra alebo cloudového prostredia.

Jedným z možných riešení je využitie technológie edge computingu, pri ktorej sa dáta spracúvajú priamo v mieste ich získavania alebo v jeho bezprostrednej blízkosti. V prípade dopravného monitoringu to znamená, že kamera a výpočtové zariadenie môžu byť umiestnené priamo pri ceste, križovatke, parkovisku alebo v blízkosti sledovaného objektu. Obraz sa následne analyzuje lokálne a do centrálného systému sa odosielajú iba relevantné výsledky, napríklad počet vozidiel, typy detegovaných vozidiel, čas prejazdu alebo anonymizované štatistické údaje.

Takýto prístup prináša viacero výhod. Znižuje objem prenášaných dát, obmedzuje závislosť od internetového pripojenia a umožňuje rýchlejšiu reakciu na udalosti v sledovanom priestore. Lokálne spracovanie zároveň môže prispieť k lepšej ochrane súkromia, keďže obrazové záznamy nemusia byť nevyhnutne odosielané mimo miesta ich vzniku. Významnou výhodou je aj možnosť nasadenia systému v lokalitách, kde nie je dostupná dostatočne výkonná komunikačná alebo serverová infraštruktúra.

Hlavným problémom, ktorým sa bude projekt zaoberať, je vývoj a optimalizácia modelov počítačového videnia tak, aby boli schopné spoľahlivo analyzovať dopravnú situáciu na zariadeniach s obmedzeným výpočtovým výkonom, pamäťou a energetickou spotrebou. Moderné modely hlbokého učenia, najmä modely určené na detekciu objektov a rozpoznávanie obrazových vzorov, môžu dosahovať vysokú presnosť, avšak ich výpočtová náročnosť často znemožňuje efektívne nasadenie na lacných a energeticky úsporných edge zariadeniach.

V rámci štáże sa preto bude skúmať využitie modelov počítačového videnia na detekciu a klasifikáciu dopravných objektov. Pozornosť bude venovaná najmä detekcii vozidiel, ich rozpoznávaniu podľa kategórie a podľa možností aj ďalším vlastnostiam, ktoré sú relevantné pre dopravnú analýzu. Súčasťou projektu bude aj problematika automatického rozpoznávania evidenčných čísel vozidiel (EČV), známa ako automatické rozpoznávanie evidenčných tabuliek alebo ANPR (Automatic Number Plate Recognition). Táto funkcionality môže byť využiteľná napríklad pri monitorovaní vjazdov a výjazdov, analýze pohybu vozidiel alebo pri vyhodnocovaní dopravných tokov, pričom jej použitie musí zohľadňovať platné právne predpisy a pravidlá ochrany osobných údajov.

Detekcia vozidiel bude predstavovať základnú úlohu systému. Model počítačového videnia bude identifikovať vozidlá v obraze a určovať ich polohu pomocou ohraničujúcich rámcov. Následne môže systém vykonávať klasifikáciu jednotlivých objektov, napríklad na osobné automobily, nákladné vozidlá, autobusy alebo motocykle. Takto získané informácie môžu byť využité na automatizované sčítavanie dopravy, analýzu podielu jednotlivých typov vozidiel, sledovanie intenzity premávky a hodnotenie zmien dopravného zaťaženia v čase.

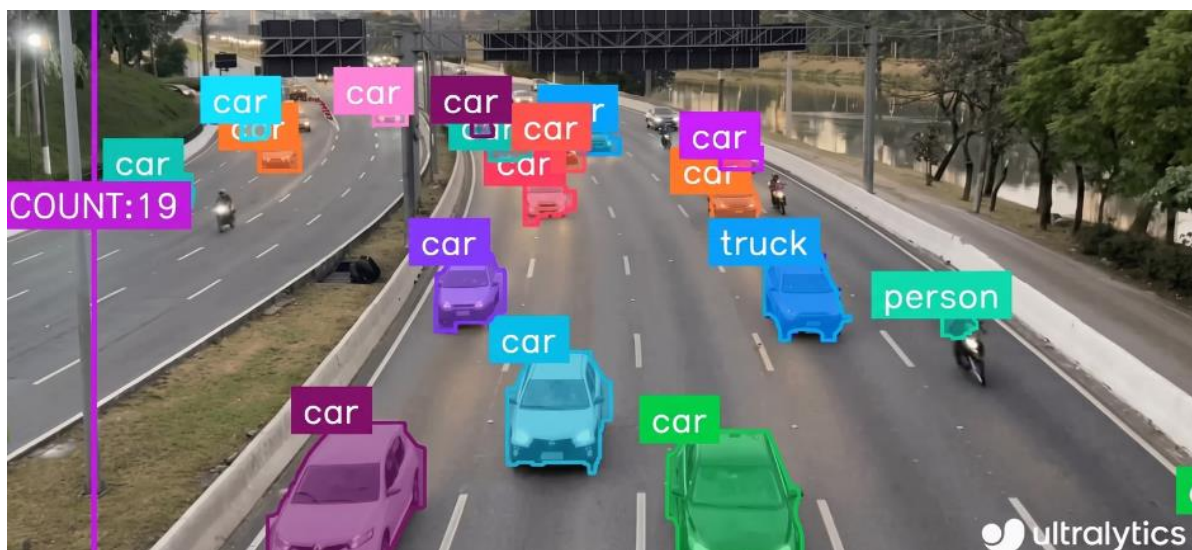
Rozpoznávanie EČV predstavuje komplexnejšiu úlohu, ktorá zahŕňa viacero krokov. Najskôr je potrebné v obraze lokalizovať evidenčnú tabuľku vozidla, následne upraviť a spracovať príslušnú oblasť obrazu a napokon pomocou optického rozpoznávania znakov (OCR) určiť textový obsah tabuľky. Úspešnosť tejto úlohy závisí od kvality obrazu, osvetlenia, uhla snímania, rýchlosti vozidla, rozlíšenia kamery a ďalších podmienok. Pri návrhu systému bude preto potrebné zohľadniť aj náročné prevádzkové situácie, napríklad nočné snímání, nepriaznivé poveternostné podmienky, zakrytie časti evidenčnej tabuľky alebo vysokú hustotu dopravy.

Osobitou výzvou bude dosiahnutie vhodného kompromisu medzi presnosťou modelov, rýchlosťou spracovania a hardvérovými nárokmi. Na tento účel budú skúmané metódy optimalizácie modelov, ako sú zmenšovanie architektúr, redukcia počtu parametrov, kvantizácia, pruning alebo využitie efektívnejších modelových architektúr navrhnutých pre zariadenia s obmedzenými zdrojmi. Zároveň bude potrebné analyzovať, ako jednotlivé optimalizačné techniky ovplyvňujú kvalitu detekcie vozidiel a rozpoznávania EČV.

Dôležitou súčasťou projektu bude aj posúdenie vhodnosti cenovo dostupných výpočtových platforiem pre nasadenie vytvorených modelov. Pri výbere edge zariadení bude potrebné zohľadniť nielen ich výpočtový výkon, ale aj cenu, spotrebu energie, dostupnosť akcelerácie neurónových sietí, možnosti pripojenia kamier a schopnosť pracovať v podmienkach reálnej prevádzky. Cieľom nebude nevyhnutne dosiahnuť maximálnu možnú presnosť za každú cenu, ale vytvoriť riešenie, ktoré poskytne dostatočne kvalitné výsledky pri prijateľných hardvérových a prevádzkových nákladoch.

Výsledkom projektu by mal byť návrh a experimentálne overenie riešenia, ktoré umožní vykonávať vybrané úlohy dopravného monitoringu priamo na edge zariadeniach s využitím hardvérovej akcelerácie neurónových sietí. V rámci projektu budú skúmané a porovnávané platformy Hailo, Axelera Metis a NVIDIA Jetson Orin (2, 3, 4), ktoré umožňujú efektívne nasadenie modelov počítačového videnia v podmienkach obmedzeného výpočtového výkonu, pamäťových nárokov a energetickej spotreby. Takéto riešenie môže v budúcnosti slúžiť ako technologický základ pre škálovateľné a cenovo dostupné systémy monitorovania dopravy a infraštruktúry. Získané poznatky môžu podporiť efektívnejšie plánovanie dopravných opatrení, hodnotenie vplyvu strategických investícií na mobilitu a návrh inteligentných systémov pre mestá, obce a regióny.

Projekt má zároveň výskumný charakter a bude realizovaný v spolupráci s priemyselnými partnermi, čo umožní prepájať akademické poznatky s praktickými požiadavkami na vývoj a nasadenie inteligentných dopravných riešení. Výskumná činnosť sa bude zaoberať experimentálnym porovnávaním modelov počítačového videnia, optimalizačných techník a hardvérových platforiem Hailo, Axelera Metis a NVIDIA Jetson Orin. Dôraz bude kladený na merateľné vyhodnotenie presnosti, výpočtovej náročnosti, latencie, energetickej efektívnosti a nákladov na nasadenie jednotlivých riešení. Výsledky môžu prispieť k lepšiemu pochopeniu možností využitia počítačového videnia v podmienkach obmedzených zdrojov, k identifikácii vhodných postupov pre jeho praktické nasadenie v dopravnej infraštruktúre a k návrhu riešení zodpovedajúcich potrebám priemyselnej praxe.



Ciele projektu:

Hlavným cieľom projektu je preskúmať možnosti využitia modelov počítačového videnia na automatizovanú analýzu dopravnej situácie s využitím cenovo dostupných edge zariadení s obmedzeným výpočtovým výkonom.

Dielčie ciele projektu sú:

- Preskúmať dostupné metódy a modely počítačového videnia vhodné na detekciu a klasifikáciu vozidiel v obrazových dátach.
- Preskúmať možnosti automatického rozpoznávania evidenčných čísel vozidiel, modelu vozidiel a typu karosérie s využitím detekcie evidenčných tabuliek a optického rozpoznávania znakov.
- Vybrať vhodné modelové architektúry a pripraviť ich na nasadenie v prostredí edge computingu.
- Optimalizovať vybrané modely s cieľom znížiť ich výpočtovú a pamäťovú náročnosť pri zachovaní prijateľnej presnosti.
- Experimentálne porovnať výkonnosť modelov na vybraných hardvérových platformách.
- Vyhodnotiť presnosť, rýchlosť spracovania, latenciu a ďalšie relevantné parametre navrhnutého riešenia.
- Navrhnuť základné odporúčania pre budúce využitie počítačového videnia pri monitorovaní dopravy v oblastiach ovplyvnených strategickými investíciami do dopravnej a verejnej infraštruktúry.

Výsledkom stáže by mal byť experimentálne overený návrh riešenia, ktoré predstavuje vhodný kompromis medzi kvalitou výstupov, výpočtovými nárokmi a cenou nasadenia. Očakáva sa publikácia v impaktovanom časopise.

Metodológia projektu:

Metodologický postup projektu bude pozostávať z viacerých na seba nadväzujúcich etáp.

1. Analýza problematiky a dostupných riešení

V úvodnej fáze bude vykonaná rešerš odbornej literatúry a existujúcich riešení v oblasti počítačového videnia, detekcie objektov, klasifikácie vozidiel, rozpoznávania evidenčných čísel a edge computingu. Pozornosť bude venovaná najmä modelom vhodným na spracovanie obrazu v reálnom čase a architektúram s nízkymi výpočtovými nárokmi.

2. Príprava dát a výber modelov

Budú identifikované a pripravené vhodné obrazové datasety obsahujúce dopravné scény, vozidlá a podľa dostupnosti aj EČV. Dáta môžu byť rozdelené na tréningovú, validačnú a testovaciu množinu. Následne budú vybrané vhodné modely na detekciu vozidiel a evidenčných tabuliek, prípadne modely alebo postupy na klasifikáciu vozidiel a OCR.

3. Implementácia a experimentálne overenie základných modelov

Vybrané modely budú implementované a otestované v štandardnom výpočtovom prostredí. V tejto fáze sa stanoví referenčná presnosť a výpočtová náročnosť modelov. Budú sledované ukazovatele,

ako sú presnosť detekcie, precision, recall, mAP, počet spracovaných snímok za sekundu a čas spracovania jednej snímky.

4. Optimalizácia modelov pre edge zariadenia

V ďalšej etape budú aplikované vybrané optimalizačné techniky, napríklad kvantizácia modelov, redukcia parametrov, pruning, zmenšenie vstupného rozlíšenia alebo využitie efektívnejších architektúr. Cieľom bude znížiť nároky na operačnú pamäť, výpočtový výkon a energetickú spotrebu pri zachovaní dostatočnej kvality výsledkov.

5. Nasadenie na cenovo dostupných hardvérových platformách

Optimalizované modely budú testované na vybraných edge zariadeniach. Hodnotená bude ich kompatibilita s dostupným hardvérom, možnosti využitia hardvérovej akcelerácie, rýchlosť inferencie, pamäťové nároky a prevádzková stabilita. V prípade dostupnosti bude realizované aj porovnanie viacerých zariadení s odlišným výpočtovým výkonom a cenou.

6. Vyhodnotenie výsledkov

Výsledky experimentov budú porovnané na základe stanovených metrík. Bude analyzovaný vzťah medzi presnosťou modelov a ich výpočtovou náročnosťou. Osobitná pozornosť bude venovaná vhodnosti modelov pre praktické dopravné aplikácie, napríklad monitorovanie intenzity dopravy, klasifikáciu vozidiel a rozpoznávanie evidenčných čísel.

7. Zhodnotenie a návrh ďalšieho rozvoja

Na základe získaných výsledkov budú formulované závery a odporúčania pre ďalší výskum a možné praktické nasadenie systému. Zohľadnené budú technické, ekonomické a prevádzkové aspekty, ako aj otázky ochrany osobných údajov pri spracovaní obrazových dát a EČV.

Požadované kvality/znalosti študenta:

- Základné znalosti programovania, predovšetkým v jazyku Python.
- Základná orientácia v oblasti umelej inteligencie, strojového učenia a neurónových sietí.
- Záujem o počítačové videnie, spracovanie obrazu a detekciu objektov.
- Základné znalosti práce s frameworkmi pre hlboké učenie, napríklad PyTorch alebo TensorFlow.
- Schopnosť pracovať s dátami, pripravovať datasety a vyhodnocovať výsledky experimentov.
- Základná orientácia v problematike embedded systémov, edge computingu alebo hardvérovej akcelerácie je výhodou.
- Analytické a logické myslenie, schopnosť samostatne riešiť technické problémy.
- Ochota učiť sa nové technológie a pracovať na experimentálnych úlohách výskumného charakteru.
- Schopnosť dokumentovať postup práce, interpretovať výsledky a prezentovať získané poznatky.
- Základná znalosť anglického jazyka na úrovni umožňujúcej štúdium odbornej literatúry a technickej dokumentácie.

Financovanie:

Referencie:

- [1] <https://coplanuje.zilina.sk/projekty/merace-rychlosti-a-intenzity-dopravy/>
- [2] <https://www.nvidia.com/en-us/autonomous-machines/embedded-systems/jetson-orin/nano-super-developer-kit/>
- [3] <https://hailo.ai/products/ai-accelerators/hailo-8-ai-accelerator/>
- [4] <https://axelera.ai/ai-accelerators/aipu/metis>
- [5] Optimizing traffic management with Ultralytics YOLO11
<https://www.ultralytics.com/blog/optimizingtraffic-management-with-ultralytics-yolo11>

2.10 Výskum odolnosti systémov GNSS voči rušeniu

Pracovisko: Katedra multimédií a informačno-komunikačných technológií

Výskumná oblasť: Informačné a komunikačné vedy

Špecifická oblasť výskumu: Informačno-komunikačné technológie

Vedúci projektu: prof. Ing. Peter Brída, PhD.

Kontaktné údaje:

Telefón

+421 41 513 2066

E-mail

peter.brida@uniza.sk

Web-stránka

-

Výskum odolnosti systémov GNSS voči rušeniu

Opis projektu:

Globálne navigačné satelitné systémy (GNSS – Global Navigation Satellite Systems) predstavujú základnú technológiu pre určovanie polohy, navigácie a presného času. Medzi najvýznamnejšie GNSS patria americký systém GPS, európsky Galileo, ruský GLONASS a čínsky BeiDou. Princíp fungovania týchto systémov je založený na prijímaní rádiových signálov vysielaných družicami, ktoré obsahujú informácie potrebné na určenie ich polohy a času vyslania signálu. GNSS prijímač na základe časového rozdielu medzi vyslaním a prijatím signálu určuje vzdialenosť od jednotlivých družíc a následne výpočtom stanovuje svoju polohu.

Pre spoľahlivé určenie trojrozmernej polohy a času je potrebné spracovať signály minimálne zo štyroch družíc. V reálnych podmienkach však prijímač spravidla využíva väčší počet družíc z viacerých konštelácií. Dostupnosť viacerých družíc a frekvenčných pásiem zvyšuje presnosť a zároveň umožňuje prijímaču lepšie reagovať na nepriaznivé podmienky príjmu. Kvalita výsledného navigačného riešenia však závisí nielen od počtu dostupných družíc, ale aj od úrovne prijímaného signálu, geometrie družíc, viacnásobného šírenia signálu, atmosférických vplyvov a prítomnosti interferencie.

Významným problémom GNSS je skutočnosť, že signály prijímané na povrchu Zeme majú veľmi nízku úroveň. To spôsobuje ich prirodzenú citlivosť na elektromagnetické rušenie. Rušenie môže byť spôsobené prirodzenými zdrojmi, technickými zariadeniami alebo úmyselne generovanými interferenčnými signálmi. Z pohľadu odolnosti GNSS je preto dôležité skúmať schopnosť prijímača zachovať navigačné riešenie aj v podmienkach zhoršenej kvality prijímaného signálu.

Jednou zo základných foriem zámerného rušenia je tzv. jamming. Pri tomto type rušenia je do prijímacieho prostredia zavedený interferenčný signál, ktorý zvyšuje úroveň nežiaducich signálov v príslušnom frekvenčnom pásme. V dôsledku toho sa znižuje pomer signálu k šumu a prijímač môže postupne strácať schopnosť detegovať, sledovať a spracovávať signály jednotlivých družíc. Pri dostatočne silnom rušení môže dôjsť až k úplnej strate navigačného riešenia.

Odolnosť GNSS prijímača voči rušeniu je možné charakterizovať viacerými parametrami. Medzi najdôležitejšie patria dostupnosť navigačného riešenia, presnosť určovania polohy, počet sledovaných družíc, stabilita navigačného riešenia a čas potrebný na obnovenie správnej funkcie po ukončení rušenia. Dôležitým parametrom je tiež úroveň rušenia, pri ktorej začne dochádzať k významnej degradácii navigačného riešenia. Porovnaním týchto parametrov medzi rôznymi prijímačmi alebo konfiguráciami možno objektívne hodnotiť ich odolnosť.

Okrem samotného rušenia je potrebné zohľadniť aj rozdiel medzi odolnosťou prijímača a odolnosťou celého navigačného systému. Moderné GNSS prijímače môžu využívať viacero frekvenčných pásiem, viacero satelitných konštelácií a rôzne algoritmy na potlačenie interferencie. Viacfrekvenčný a multikonšteláčny príjem môže zvýšiť dostupnosť navigačného riešenia v prípade, keď je ovplyvnená iba určitá časť frekvenčného spektra alebo konkrétna konštelácia. Významnú úlohu môže zohrávať aj kvalita antény, použitie filtračných prvkov a algoritmov spracovania signálu.

Pre výskum odolnosti GNSS je veľmi dôležité vytvoriť kontrolované a reprodukovateľné podmienky experimentu. Pri meraní v reálnom prostredí je totiž veľmi náročné zabezpečiť rovnaké podmienky počas jednotlivých experimentov. Do výsledkov môžu vstupovať zmeny polohy družíc, atmosférické podmienky, odrazy signálu od objektov alebo iné zdroje elektromagnetického rušenia. Simulácia preto predstavuje vhodný spôsob, ako jednotlivé vplyvy oddeliť a presne definovať podmienky testovania.

Na vytváranie a reprodukciu GNSS scenárov je možné využiť nástroj Safran MINERVA. Ten umožňuje pracovať s definovanými navigačnými scenármi a vytvárať podmienky vhodné na testovanie GNSS prijímačov. V rámci projektu môže byť nástroj využitý na vytvorenie referenčného

scenáru bez rušenia a následne scenárov s postupne sa meniacou úrovňou degradácie signálu. Výhodou je možnosť opakovať rovnaký experiment a následne porovnávať výsledky získané pri rôznych nastaveniach alebo s rôznymi prijímačmi.

Teoretické poznatky o šírení GNSS signálu, jeho spracovaní v prijímači a vplyve interferencie tak vytvárajú základ pre experimentálnu časť projektu. Kombináciou simulácie, merania a následnej analýzy dát je možné stanoviť objektívne kritériá odolnosti GNSS prijímačov a identifikovať podmienky, za ktorých dochádza k degradácii navigačného riešenia. Takto získané poznatky môžu byť využité nielen pri hodnotení samotných prijímačov, ale aj pri návrhu odolnejších PNT systémov určených pre aplikácie, v ktorých je požadovaná vysoká dostupnosť a spoľahlivosť navigačných údajov.

Významnou súčasťou projektu bude využitie nástroja Safran MINERVA na vytváranie reprodukovateľných testovacích scenárov. Namiesto vykonávania experimentov výhradne v reálnom prostredí umožní simulácia pripraviť kontrolované podmienky, v ktorých bude možné meniť jednotlivé parametre GNSS prostredia a sledovať ich vplyv na správanie testovaného prijímača. Výhodou takéhoto prístupu je najmä možnosť opakovania experimentov za rovnakých podmienok, systematického zvyšovania úrovne rušenia a porovnávania výsledkov získaných z rôznych prijímačov alebo konfigurácií.

V prvej etape projektu bude vykonaná analýza problematiky GNSS, základných princípov určovania polohy a faktorov ovplyvňujúcich kvalitu navigačného riešenia. Študent sa oboznámi s parametrami charakterizujúcimi kvalitu GNSS signálu a s ukazovateľmi používanými na hodnotenie navigačného riešenia. Pozornosť bude venovaná najmä presnosti polohy, počtu sledovaných satelitov, kvalite prijímaných signálov, dostupnosti navigačného riešenia, prípadne strate sledovania jednotlivých satelitov a času potrebného na obnovenie navigačného riešenia po skončení rušenia.

Ciele projektu:

Cieľom projektu bude návrh referenčného scenára bez prítomnosti rušenia, ktorý umožní stanoviť základné parametre správania testovaného GNSS prijímača. Následne budú vytvorené scenáre s rôznou úrovňou rušenia pre rôzne GNSS systémy. Úroveň rušivého vplyvu bude postupne meniť od miernej degradácie príjmu až po stav, pri ktorom dôjde k významnému zhoršeniu alebo strate navigačného riešenia. Takýto postup umožní stanoviť prahové hodnoty, pri ktorých dochádza k významnej zmene správania prijímača.

Simulácie budú realizované tak, aby bolo možné porovnávať jednotlivé konfigurácie a prijímače za identických podmienok. Získané údaje budú následne spracované a vyhodnotené pomocou vhodných štatistických a grafických metód. Hodnotená bude najmä zmena presnosti určovania polohy, dostupnosť navigačného riešenia, stabilita výstupov prijímača a čas potrebný na návrat do štandardného stavu po ukončení rušenia. V prípade dostupnosti relevantných meraných údajov bude možné analyzovať aj ďalšie parametre charakterizujúce kvalitu GNSS signálu a správanie prijímača. Samostatným cieľom projektu bude vytvorenie opakovateľnej metodiky testovania, ktorú bude možné využiť aj v ďalších študentských alebo výskumných projektoch. Metodika bude obsahovať definíciu testovacieho prostredia, parametre jednotlivých scenárov, spôsob realizácie experimentov, spôsob záznamu údajov a postup ich následného vyhodnotenia. Dôležitým aspektom bude zabezpečenie reprodukovateľnosti experimentov, aby bolo možné výsledky získané v rôznych časových obdobiach alebo s rôznymi zariadeniami vzájomne porovnávať.

Projekt zároveň umožní študentovi získať praktické skúsenosti s modernými metódami testovania GNSS systémov, simuláciou navigačných scenárov a analýzou odolnosti elektronických systémov voči elektromagnetickému rušeniu. Prepojenie teoretických poznatkov s experimentálnou činnosťou prispeje k rozvoju kompetencií v oblastiach satelitnej navigácie, rádiovkej komunikácie, spracovania signálov, meracej techniky a dátovej analýzy.

Hlavným výstupom projektu bude súbor experimentálne overených výsledkov charakterizujúcich odolnosť vybraného GNSS prijímača alebo skupiny prijímačov voči definovaným podmienkam rušenia. Výsledky umožnia identifikovať kritické úrovne rušenia, pri ktorých dochádza k degradácii navigačného riešenia, a zároveň posúdiť schopnosť prijímača zotaviť sa po ukončení rušenia. Na základe výsledkov bude možné formulovať odporúčania pre ďalšie testovanie a návrh odolnejších GNSS riešení.

Projekt tak prispeje k lepšiemu pochopeniu problematiky zraniteľnosti GNSS technológií a k vytvoreniu základov pre systematické hodnotenie ich odolnosti. Využitie nástroja Safran MINERVA zároveň umožní realizovať experimenty v kontrolovanom a reprodukovateľnom prostredí a vytvoriť metodický základ využiteľný pri ďalšom výskume odolnosti systémov PNT voči elektromagnetickému rušeniu.

Metodológia projektu:

Výskumná stáž bude zameraná na vytvorenie scenárov v simulačnom prostredí Skydel od spoločnosti Safran Electronics & Defense. Stáž nadväzuje na predchádzajúce stáže, v ktorých študent pracoval na jednoduchších scenároch, ktoré následne dopĺňal o hardvérové merania s využitím emulátora, ktorým je vybavené naše laboratórium. Následne by boli vytvorené scenáre spracovávané v prostredí Matlab a tiež s využitím softvérovo definovaných rádio prijímačov.

- Naštudovanie prostredia Skydel.
- Vytvorenie scenárov na testovanie odolnosti GNSS voči rušeniu v prostredí Skydel.
- Využitie skúseností získaných v predchádzajúcich semestroch.
- Zber a spracovanie dát na identifikáciu interferencií.
- Testovanie detekčných algoritmov na vygenerovaných dátach.
- Vyhodnotenie efektivity metód detekcie interferencie.

Požadované kvality/znalosti študenta:

- Záujem o oblasť rádiovkej komunikácie.
- Základné znalosti v oblasti spracovania signálov a programovania (napr. MATLAB, Python).
- Základné znalosti práce so softvérovo definovanými rádiovými prijímačmi.
- Analytické myslenie a schopnosť pracovať s vedeckou literatúrou.
- Samostatnosť a schopnosť riešiť problémy.

Financovanie:

Slovak VEGA grant agency, Project No. 1/0580/25 "Research of Effective Localization and Communication Solutions in Heterogenous Wireless Networks"

Referencie:

- [1] Kanstantsin Khmylou, Juraj Machaj, Luca De Vito, Bohumil Adamec, Peter Brida: Machine Learning-Based Detection of GNSS Spoofing Using Receiver-Level Parameters, ELEKTRO 2026
- [2] Minerva: A Safran Electronics & Defense Academic Program: <https://safran-navigation-timing.com/minerva/>
- [3] Skydel GNSS Simulation Software: <https://www.safran-group.com/products-services/skydel-gnss-simulation-software>

2.11 FEIT ProjectFlow: návrh a vývoj digitálnej platformy pre interné fakultné programy

Pracovisko: FEIT UNIZA

Výskumná oblasť: Informačné a komunikačné vedy

Špecifická oblasť výskumu: Automatizovaný web design

Vedúci projektu: doc. Ing. Marek Roch, PhD., Juraj Remenec, Mgr. Silvia Pirníková

Kontaktné údaje:

Telefón
+421 41 513 2065

E-mail
marek.roch@uniza.sk,
silvia.pirnikova@uniza.sk

Web-stránka
<https://feit.uniza.sk/>

FEIT ProjectFlow: návrh a vývoj digitálnej platformy pre interné fakultné programy

Opis projektu:

Interné fakultné programy podporujú rozvoj študentov, mladých pracovníkov a výskumných tímov. Ich administrácia však často začína dokumentom, ktorý predkladateľ vyplní, odošle e-mailom a organizátor manuálne skontroluje a zaeviduje. Pri vyššom počte podaní vznikajú paralelné verzie súborov, neúplné údaje a opakovaná komunikácia; informácie pre prehľady a hodnotenie sa následne prepisujú do tabuliek. Takýto proces zbytočne zaťažuje predkladateľov aj administrátorov.

FEIT ProjectFlow preto navrhuje jednotnú digitálnu platformu na podávanie a základnú správu interných fakultných výziev a rozvojových programov. Namiesto formulára zaslaného e-mailom vytvorí štruktúrovaný online proces: založenie a uloženie konceptu, kontrolu povinných údajov, prílohy, elektronické odoslanie, potvrdenie prijatia a administrátorský prehľad. Pilotným prípadom bude Študentská vedecko-odborná súťaž (ŠVOS), na ktorej sa overí životný cyklus prihlášky od otvorenia výzvy po export podkladov.

Od jedného formulára k opakovateľnému fakultnému procesu

Hodnota projektu nespočíva iba v digitalizácii jedného tlačiva. Systém bude mať spoločné jadro pre používateľov, oprávnenia, projekty, prílohy, termíny a stavy, zatiaľ čo konfigurácia určí polia a pravidlá konkrétnej výzvy. Po pilotnom overení tak bude možné pripraviť formuláre pre FEIT INTERNSHIP, FEIT RISE alebo FEIT BRIDGE bez vývoja samostatnej aplikácie pre každý program. Pilot nebude automatizovať odborné hodnotenie ani rozhodovať o úspešnosti projektov; vytvorí však jednotné vstupy pre prihlasovací a potenciálny hodnotiaci proces.

Čo bude študent počas stáže riešiť

Študent bude pracovať ako vývojár aj analytik reálneho fakultného procesu. Zmapuje podávanie ŠVOS, pripraví používateľské scenáre a dátový model, navrhne rozhranie a implementuje funkčný MVP (minimal viable product - minimálny životaschopný produkt). Otestuje formulár, oprávnenia a stavy prihlášky, získa spätnú väzbu malej skupiny používateľov a zapracuje prioritné zistenia. Rozsah sa bude priebežne riadiť prioritami tak, aby bol pilotný výsledok dokončiteľný počas jednej stáže.

Prínos pre FEIT a študenta

Fakulta získa overený koncept, ktorý môže znížiť administratívnu záťaž, zvýšiť úplnosť údajov a zlepšiť dohľadateľnosť podaní. Študent si osvojí celý cyklus tvorby informačného systému – od analýzy a návrhu cez databázu a implementáciu až po testovanie a dokumentáciu. Výstup bude možné ďalej rozvíjať v rámci ŠVOS, záverečnej práce alebo nadväzujúcej fakultnej aktivity.

Ciele projektu:

Hlavným cieľom projektu je navrhnuť, implementovať a používateľsky overiť minimal viable product webovej platformy pre elektronické podávanie interných fakultných projektov. Pilotná verzia bude podporovať proces prihlásenia do ŠVOS a súčasne preukáže, že rovnaké jadro možno rozšíriť na ďalšie programy FEIT.

- zmapovať súčasný proces ŠVOS a identifikovať povinné údaje, dokumenty, používateľské roly, rozhodovacie body a administratívne výstupy;
- vytvoriť špecifikáciu minimálneho produktu, používateľské scenáre, wireframy, dátový model a návrh stavového cyklu prihlášky;

- implementovať používateľskú časť: prihlásenie, zoznam otvorených výziev, založenie a uloženie konceptu, elektronický formulár, prílohy, validáciu a odoslanie;
- implementovať administrátorskú časť: zoznam prihlášok, filtrovanie, zobrazenie detailu, zmenu administratívneho stavu a export štruktúrovaných údajov;
- uplatniť základné princípy ochrany údajov, riadenia prístupu, bezpečného nahrávania súborov, použiteľnosti a prístupnosti webového rozhrania;
- overiť riešenie pomocou testovacích scenárov a používateľskej spätnej väzby a pripraviť technický roadmap pre rozšírenie na FEIT INTERNSHIP, FEIT RISE a FEIT BRIDGE.

Metodológia projektu:

Projekt bude realizovaný iteratívne. Každá etapa vytvorí samostatne overiteľný výstup a rozsah funkcií sa bude riadiť prioritami minimálne viable produkt, aby vznikol dokončený a demonštrateľný prototyp.

1. Analýza a procesný návrh – štúdium existujúcich formulárov a postupu ŠVOS, rozhovory s budúciimi používateľmi, procesná mapa súčasného a navrhovaného stavu, definovanie rolí predkladateľ/administrátor a akceptačných kritérií.
2. Analýza a technický návrh – wireframy kľúčových obrazoviek, návrh navigácie a formulára, databázových entít, oprávnení, stavov prihlášky a rozhrania medzi modulmi; výber primeraného open-source technologického rámca.
3. Implementácia základného workflow – vytvorenie používateľského účtu, otvorenej výzvy, konceptu, viacsekčného formulára, validácie povinných polí, príloh, odoslania, potvrdenia a uzamknutia finálnej verzie.
4. Administrácia a export – prehľad podaní, vyhľadávanie a filtrovanie, detail prihlášky, administratívne stavy a export údajov do CSV/XLSX alebo iného vhodného formátu pre ďalšie fakultné spracovanie.
5. Testovanie a používateľské overenie – jednotkové alebo integračné testy primerané zvolenej technológii, kontrola validačných pravidiel a oprávnení, modelové chybové scenáre a krátke používateľské testovanie bez použitia ostrých osobných údajov.
6. Vyhodnotenie a odovzdanie – zapracovanie prioritných zistení, demonštračný scenár, používateľská a technická dokumentácia, popis inštalácie, backlog ďalšieho vývoja a záverečný Elevator Pitch.

Minimálny akceptovateľný výsledok

Používateľ dokáže vytvoriť, uložiť, skontrolovať a odoslať modelovú prihlášku do ŠVOČ; systém zabráni odoslaniu neúplného návrhu, zaznamená jeho stav a identifikátor; administrátor dokáže prihlášku nájsť, skontrolovať a exportovať jej základné údaje. Riešenie bude spustiteľné v demonštračnom prostredí a odovzdané spolu so zdrojovým kódom a dokumentáciou.

Merateľné výstupy

- procesná mapa, špecifikácia požiadaviek a sada používateľských scenárov;
- funkčný responzívny minimal viable product a prototyp s používateľskou a administrátorskou časťou;
- minimálne 10 testovacích scenárov vrátane neúplného podania, nesprávneho formátu prílohy a neoprávneného prístupu;
- používateľské overenie najmenej s 5 respondentmi a stručné vyhodnotenie zistení;
- zdrojový kód, technická a používateľská dokumentácia a roadmap ďalšieho rozvoja.

Požadované kvality/znalosti študenta:

- záujem o webové aplikácie, databázy, UX, softvérové inžinierstvo alebo digitalizáciu procesov;
- základná znalosť programovania a ochota pracovať s frontendovým alebo backendovým webovým rámcom, databázou a Gitom;
- schopnosť systematicky analyzovať problém, komunikovať s používateľmi, dokumentovať rozhodnutia a priebežne prezentovať výsledky;
- skúsenosť s HTML/CSS, JavaScript/TypeScript, Python/PHP, SQL, REST API alebo návrhom používateľských rozhraní je výhodou, nie podmienkou;
- predchádzajúca znalosť procesov ŠVOS, správy serverov alebo produkčného nasadzovania sa nevyžaduje; potrebné súvislosti budú súčasťou stáže.

Financovanie:

žiadne

Referencie:

žiadne

2.12 Vývoj modulárnej platformy pre automatizované testovanie vysokorýchlostných optických systémov

Pracovisko: Katedra multimédií a informačno-komunikačných technológií

Výskumná oblasť: Informačné a komunikačné vedy

Špecifická oblasť výskumu: optické systémy

Vedúci projektu: Ing. Jozef Dubovan, PhD.

Kontaktné údaje:

Telefón

+421 41 513 2219

E-mail

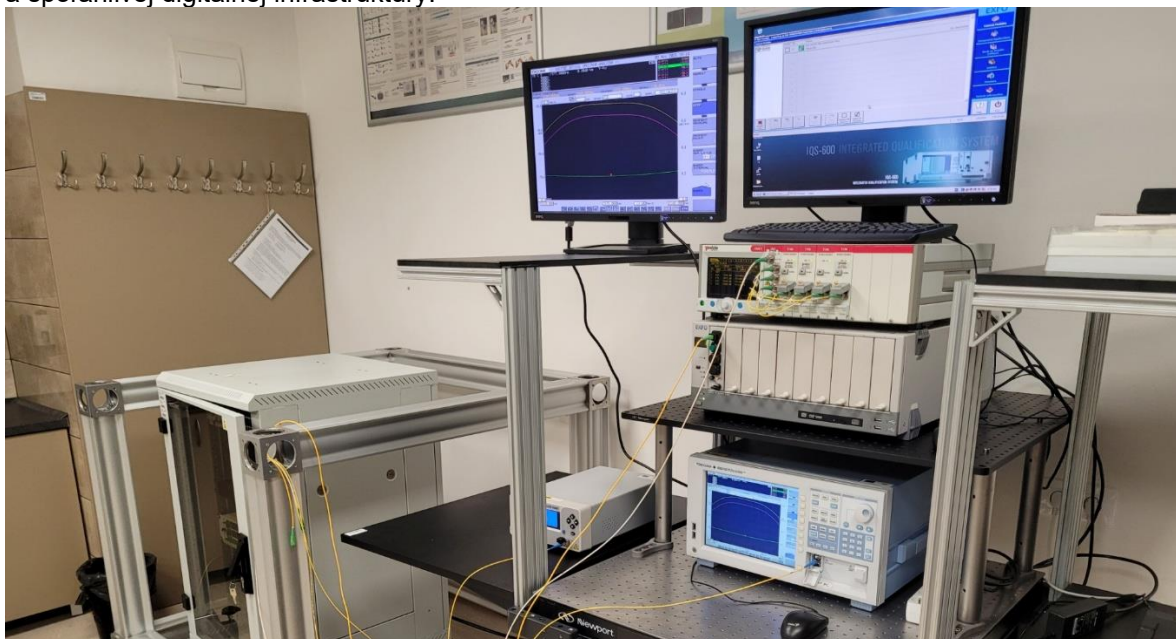
jozef.dubovan@uniza.sk

Web-stránka

Vývoj modulárnej platformy pre automatizované testovanie vysokorýchlostných optických systémov

Opis projektu:

Optické komunikácie predstavujú jednu zo základných technológií súčasnej digitálnej spoločnosti a globálnej ekonomiky. Vďaka nízkemu tlmeniu, veľkej šírke prenosového pásma a vysokej energetickej efektívnosti umožnili optické vlákna rozvoj internetu, cloudových služieb a rozsiahlych digitálnych platforiem, tak ako ich vidíme dnes. Ich význam bude ďalej rásť s rozvojom umelej inteligencie (AI), internetu vecí (IoT), služieb fungujúcich v reálnom čase a vysokovýkonných výpočtových a databázových systémov. Neustály rozvoj optických komunikačných technológií preto predstavuje jeden zo základných predpokladov budovania vysokokapacitnej, energeticke efektívnej a spoľahlivej digitálnej infraštruktúry.

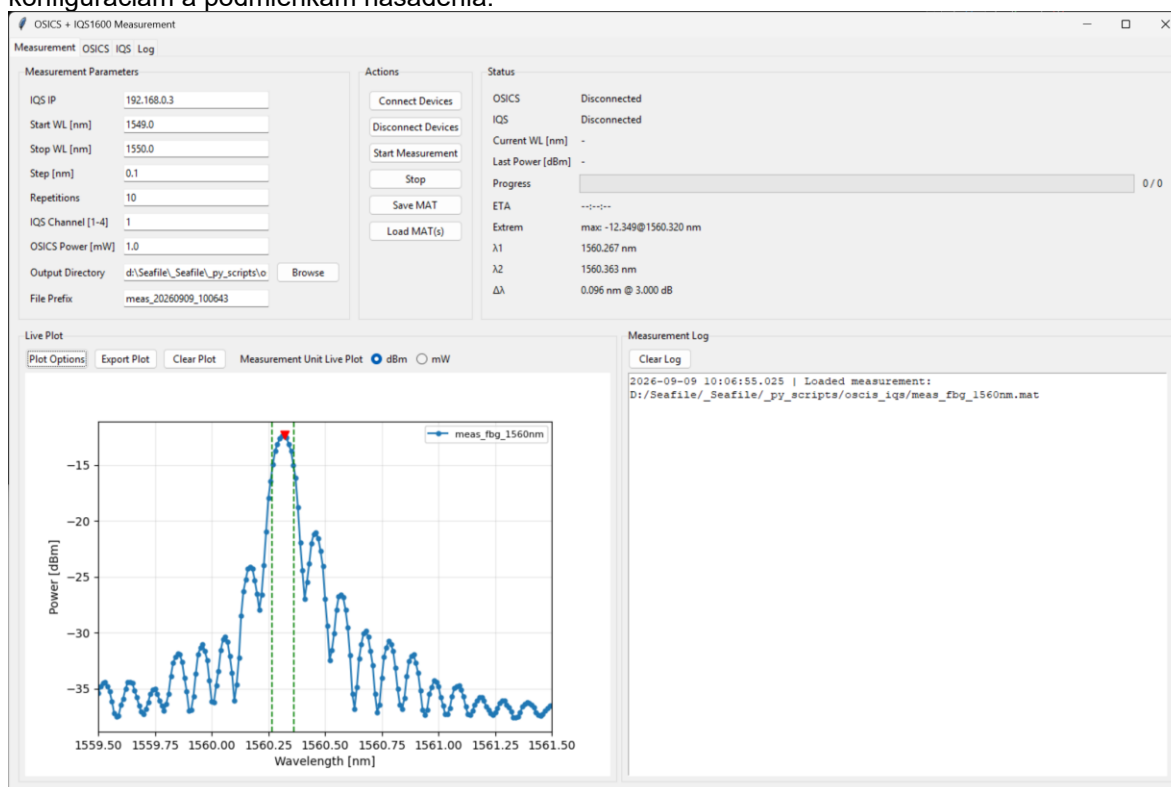


S narastajúcimi prenosovými rýchlosťami a komplexnosťou optických systémov zároveň rastú požiadavky na ich presné, reprodukovateľné a automatizované testovanie. Projekt je preto zameraný na vývoj štandardizovanej platformy pre testovanie a validáciu vysokorýchlostných optických prenosových systémov pracujúcich v integrovaných a automatizovaných prostrediach. Navrhovaná platforma vytvorí jednotné prostredie pre realizáciu testovacích postupov v rôznych integračných a prevádzkových scenároch a umožní ich systematické a reprodukovateľné vyhodnocovanie.

Súčasťou riešenia bude vývoj centrálného softvérového nástroja na štandardizovaný zber, spracovanie a vizualizáciu údajov s priamym prepojením výstupov z viacerých metrologických meraní s automatizovaným vyhodnocovaním. Umožní objektívne porovnávať komponenty a systémy v rôznych testovacích scenároch.

Dôležitým princípom navrhovaného riešenia bude modularita testovacích scenárov. Jednotlivé merania a testovacie operácie bude možné kombinovať do komplexných scenárov, pričom nebude definovaná iba ich lineárna postupnosť, ale aj procesná logika ich realizácie a spracovania.

Testovacie scenáre tak bude možné modulárne navrhovať, jednoznačne identifikovať, riadiť ich realizáciu a automatizovane vyhodnocovať. Výsledkom bude flexibilný a reprodukovateľný metrologický rámec umožňujúci prispôbiť proces testovania rôznym komponentom, systémovým konfiguráciám a podmienkam nasadenia.



Ciele projektu:

- **Návrh a vývoj platformy pre testovanie a validáciu vysokorýchlostných optických prenosových systémov pracujúcich v integrovaných a automatizovaných prostrediach.**
Pozornosť bude zameraná na možnosti štandardizácie testovacích postupov a ich využitia v rôznych integračných a prevádzkových scenároch.
- **Návrh a vývoj centrálneho nástroja na zber, spracovanie a vizualizáciu údajov s dôrazom na integráciu výstupov z viacerých metrologických meraní a možnosti ich automatizovaného spracovania a vyhodnocovania.**
Navrhnu a preskúmajú sa možnosti využitia takéhoto nástroja na objektívne porovnávanie komponentov a systémov v rôznych testovacích scenároch.
- **Návrh modulárnej koncepcie testovacích scenárov a spôsobu riadenia ich procesnej logiky.**
Preskúmajú sa možnosti modulárneho návrhu a jednoznačnej identifikácie testovacích scenárov vrátane rôznych spôsobov nadväznosti, vetvenia, opakovania a spracovania jednotlivých modulov. Pozornosť bude venovaná aj možnostiam prepojenia procesnej logiky scenára s jeho automatizovanou realizáciou a vyhodnocovaním.

Metodológia projektu:

Metodika projektu bude založená na postupnom a experimentálnom riešení jednotlivých úloh súvisiacich s návrhom modulárnej platformy pre testovanie vysokorýchlostných optických prenosových systémov. Vzhľadom na charakter projektu sa predpokladá priebežné overovanie navrhovaných riešení a ich úprava na základe dosiahnutých výsledkov.

V úvodnej fáze budú analyzované vybrané postupy a možnosti testovania vysokorýchlostných optických systémov. Na ich základe sa preskúmajú možnosti vytvorenia spoločného prístupu k realizácii jednotlivých meraní, zberu údajov a ich následnému vyhodnocovaniu.

Pozornosť bude venovaná návrhu modulárnej koncepcie testovacej platformy, v ktorej budú jednotlivé merania a testovacie operácie predstavovať samostatné funkčné moduly. Preskúmajú sa možnosti ich vzájomného prepájania a vytvárania testovacích scenárov s rôznou procesnou logikou, vrátane sekvenčného, vetveného alebo opakovaného vykonávania jednotlivých operácií.

Súčasne budú skúmané možnosti vývoja softvérového nástroja na zber, spracovanie a vizualizáciu údajov z vybraných metrologických meraní a ich prepojenia s vytvorenými testovacími scenármi. Vybrané riešenia budú podľa možností experimentálne implementované a overované na dostupných optických komponentoch a meracích systémoch.

Konkrétny rozsah implementácie a experimentálneho overenia bude prispôbovaný priebežným výsledkom projektu. Získané poznatky budú využité na ďalšie úpravy navrhovanej platformy, jej modulov a spôsobu tvorby a realizácie testovacích scenárov.

Požadované kvality/znalosti študenta:

- základné znalosti z oblasti optických komunikácií a optických prenosových systémov,
- základná orientácia v meraní parametrov optických komponentov a systémov,
- schopnosť navrhovať a vytvárať funkčné a používateľsky zrozumiteľné softvérové rozhrania; výhodou je základná orientácia v Python, Java a/alebo JavaScript,
- základná orientácia v práci s meracími prístrojmi a technickou dokumentáciou,
- základná orientácia v spôsobe spracovania a vizualizácie nameraných údajov,
- schopnosť samostatne riešiť čiastkové technické úlohy,
- ochota osvojiť si nové programovacie, softvérové a meracie nástroje.

Financovanie:

APVV-25-0566: Modulárna inteligentná infraštruktúra pre testovanie a kalibráciu vysokorychlostných optických sietí a komponentov (1.9.2026 – 31.8.2029)

Referencie:

- [1] Benedikovič, D., Litvik, J., Kuba, M., Dado, M., Dubovan, J. Influence of nonlinear effects in WDM system with non-equidistant channel spacing using different types of high-order PSK and QAM modulation formats In: Photonics Europe 2012, Brussels, Belgium, 2012,
- [2] Litvik, J., Dubovan, J. Advanced techniques to improving the transmission capacity of passive optical networks. In: Nonlinear Optics and Applications XIII. Bellingham, Washington, 2023
- [3] CISCO SYSTEMS. Cisco Annual Internet Report (2018–2023) White Paper [online]. San Jose (CA): Cisco Systems, 2020.
- [4] Aleksić, S. A Survey on Optical Technologies for IoT, Smart Industry, and Smart Infrastructures. Journal of Sensor and Actuator Networks. 2019
- [5] Cheng, Q., et al. Recent advances in optical technologies for data centers: a review. Optica [online]. 2018
- [6] Winzer, P. J. & Neilson, D. T. From scaling disparities to integrated parallelism: a decathlon for a decade. Journal of Lightwave Technology. 2017

2.13 Vplyv TDM a anonymizačných úprav obrazových dát na kvalitu textových popisov, embeddingové reprezentácie a multimodálne vyhľadávanie

Pracovisko: Katedra multimédií a informačno-komunikačných technológií

Výskumná oblasť: Informačné a komunikačné vedy

Špecifická oblasť výskumu: Výskum a vývoj

Vedúci projektu: Ing. Martina Radilová, PhD.

Kontaktné údaje:

Telefón

E-mail

Web-stránka

+421 41 513 2239

martina.radilova@uniza.sk

0000-0002-9105-4228

Vplyv TDM a anonymizačných úprav obrazových dát na kvalitu textových popisov, embeddingové reprezentácie a multimodálne vyhľadávanie

Opis projektu:

Navrhovaná výskumná stáž je zameraná na skúmanie vplyvu úprav obrazových dát vykonaných v kontexte Text and Data Mining (TDM), ochrany súkromia a compliance požiadaviek na následné spracovanie multimodálnymi modelmi umelej inteligencie.

Projekt priamo nadväzuje na interný projekt „Taxonómia licenčnej kompatibility pre AI tréning a aplikácia TDM výnimiek v SR/EÚ“, ktorý sa zaoberá podmienkami získavania a využívania dát z webových zdrojov pre potreby AI systémov. Pri príprave datasetov môže byť v závislosti od podmienok spracovania potrebné vykonať rôzne úpravy obrazového obsahu, napríklad anonymizáciu tvárí alebo evidenčných čísel vozidiel. Takéto úpravy môžu znižovať množstvo vizuálnej informácie dostupnej pre následné AI spracovanie.

Výskumným problémom stáže bude preskúmanie toho, ako sa strata alebo zmena vizuálnej informácie spôsobená anonymizačnými úpravami prenáša jednotlivými vrstvami multimodálneho spracovania. Pozornosť bude venovaná najmä automatickému generovaniu textových popisov obrazov, tvorbe embeddingových reprezentácií a následnému sémantickému vyhľadávaniu.

Pre vybrané obrazové dáta budú vytvorené pôvodné a anonymizované varianty. Anonymizácia môže zahŕňať napríklad rozmazanie tvárí, evidenčných čísel vozidiel alebo kombináciu viacerých zásahov. Pre pôvodné aj upravené obrázky budú následne pomocou vision-language alebo image-captioning modelu vytvorené textové popisy.

Tieto popisy budú porovnávané z hľadiska zachovania sémantických informácií. Osobitná pozornosť bude venovaná dvom typom chýb: omission, teda vynechaniu informácie prítomnej v obraze, a fabrication, teda pridaniu informácie, ktorá nie je obrazom podporená. Ďalej budú sledované zmeny objektov, atribútov, aktivít a vzťahov medzi objektmi.

V ďalšej fáze budú pôvodné a upravené obrazy a ich textové popisy prevedené do embeddingových reprezentácií pomocou vhodného multimodálneho embeddingového modelu. Porovnaním embeddingov bude možné určiť, či sa zmena vizuálneho obsahu a textového popisu premietajú aj do vektorového priestoru.

Následne bude vytvorené experimentálne sémantické vyhľadávanie založené na podobnosti embeddingov. Výsledky vyhľadávania nad pôvodnými a anonymizovanými dátami budú porovnané pomocou štandardných metrík. Cieľom bude zistiť, či informačná strata spôsobená TDM alebo privacy-preserving úpravou zostáva iba na úrovni obrazu a captionu, alebo sa prenáša až do embeddingovej reprezentácie a následne ovplyvňuje kvalitu vyhľadávania.

Ciele projektu:

Hlavným cieľom projektu je experimentálne charakterizovať vplyv TDM a privacy-preserving transformácií obrazových dát na zachovanie sémantickej informácie v multimodálnych AI systémoch a určiť, do akej miery sa informačná strata spôsobená úpravou obrazového obsahu prenáša naprieč jednotlivými úrovňami spracovania – od vizuálneho vstupu cez automaticky generovaný textový popis a embeddingovú reprezentáciu až po výsledky sémantického vyhľadávania.

Výskum bude založený na kontrolovanom porovnaní pôvodných obrazových dát a dát po aplikácii vybraných anonymizačných transformácií, najmä anonymizácie tvárí a evidenčných čísel vozidiel. Cieľom bude identifikovať a kvantifikovať zmeny v automaticky generovaných textových popisoch, so

zameraním na omission, teda vynechanie vizuálne podporovanej informácie, a fabrication, teda generovanie informácie bez dostatočnej opory vo vstupnom obraze. Súčasne bude sledované zachovanie objektov, atribútov, aktivít a vzťahov medzi objektmi.

Ďalším cieľom bude analyzovať, či sa zmeny v obrazovom obsahu a textových popisoch premietajú do multimodálnej embeddingovej reprezentácie. Pôvodné a transformované dáta budú reprezentované vo vektorovom priestore a ich rozdielnosť bude hodnotená pomocou vhodných metrík podobnosti.

V záverečnej fáze bude overené, či zmeny embeddingových reprezentácií ovplyvňujú kvalitu multimodálneho sémantického vyhľadávania. Výsledkom bude experimentálne overenie vzťahu medzi obrazovou transformáciou, informačnou stratou v captionoch, zmenou embeddingov a retrieval performance, ktoré vytvorí základ pre ďalší výskum robustnosti multimodálnych AI systémov pri spracovaní upravených datasetov.

Metodológia projektu:

Stáž bude realizovaná v štyroch vzájomne nadväzujúcich etapách.

Fáza 1: Analýza problematiky a príprava experimentu

V úvodnej fáze študent analyzuje aktuálne prístupy k TDM, anonymizácii obrazových dát, automatickému generovaniu textových popisov, multimodálnym embeddingom a sémantickému vyhľadávaniu. Na základe analýzy bude pripravený experimentálny dataset obsahujúci pôvodné obrazové dáta a ich kontrolovane anonymizované varianty. Súčasne budú stanovené typy sledovaných zmien a metriky použité na ich vyhodnotenie.

Fáza 2: Anonymizácia a analýza textových popisov

Na vybrané obrazové dáta budú aplikované anonymizačné zásahy, najmä anonymizácia tváří a evidenčných čísel vozidiel. Pre pôvodné aj upravené obrazy budú následne pomocou vhodného vision-language alebo image-captioning modelu vytvorené textové popisy. Ich porovnaním bude skúmané zachovanie sémantickej informácie a identifikované zmeny typu omission a fabrication, ako aj zmeny v identifikovaných objektoch, atribútoch, aktivitách a vzťahoch medzi objektmi.

Fáza 3: Embeddingové reprezentácie a sémantické vyhľadávanie

Pôvodné a anonymizované obrazy a ich textové popisy budú prevedené do embeddingových reprezentácií pomocou vhodného multimodálneho modelu, napríklad CLIP alebo OpenCLIP. Reprezentácie budú porovnané pomocou metrík podobnosti a následne využité v jednoduchom experimente sémantického vyhľadávania. Cieľom bude overiť, či zmeny spôsobené anonymizáciou a následnou zmenou captionov ovplyvňujú aj výsledky vyhľadávania.

Fáza 4: Vyhodnotenie a interpretácia výsledkov

V záverečnej fáze budú výsledky analyzované s ohľadom na vzťah medzi rozsahom obrazovej úpravy, zmenou textového popisu, posunom embeddingovej reprezentácie a kvalitou vyhľadávania. Výsledky budú vyhodnotené pomocou vhodných metrík pre podobnosť a informačné vyhľadávanie a spracované do technickej dokumentácie. Súčasťou bude formulácia záverov a návrh možností ďalšieho výskumu.

Požadované kvality/znalosti študenta:

Študent, ktorý bude projekt riešiť, by mal ovládať:

- základy umelej inteligencie a strojového učenia;
- programovanie v jazyku **Python**;
- základy počítačového videnia a spracovania obrazových dát;
- základy práce s neurónovými sieťami a vision-language modelmi;
- základné princípy tvorby textových popisov obrazov a multimodálnych embeddingov;
- základné princípy sémantického vyhľadávania a práce s vektorovými reprezentáciami;
- prácu s dátami a ich základné spracovanie a vyhodnocovanie.

Výhodou sú skúsenosti s knižnicami **PyTorch**, **NumPy**, **pandas** alebo **scikit-learn** a znalosť modelov **CLIP**, **OpenCLIP**, **BLIP** alebo obdobných multimodálnych modelov. Záujem o experimentálnu prácu, schopnosť interpretovať výsledky a samostatne pracovať s odbornou literatúrou sú nevyhnutným predpokladom úspešného riešenia projektu.

Projekt je vhodný pre študenta vyššieho ročníka študijného programu zameraného na informatiku, umelú inteligenciu, dátovú vedu alebo príbuznú oblasť.

Financovanie:

Výskumná stáž bude realizovaná s podporou interného výskumného projektu, ktorý tematicky nadväzuje na problematiku právnych, technických a etických aspektov spracovania dát pre účely

trénovania a využívania systémov umelej inteligencie. Výsledky stáže budú využité ako nadväzujúca technická a experimentálna časť riešenia problematiky TDM, licenčnej kompatibility a spracovania obrazových dát v AI systémoch.

Názov projektu: Taxonómia licenčnej kompatibility pre AI tréning a aplikácia TDM výnimiek v SR/EÚ

Identifikačné číslo: 21243

Číslo projektu: 21091/2025

Trvanie projektu: 24. 11. 2025 – 31. 12. 2026

Základné členenie projektov: Grantový systém UNIZA

Referencie:

- [1] PETRYK, Suzanne, David M. CHAN, Anish KACHINTHAYA, Haodi ZOU, John CANNY, Joseph E. GONZALEZ a Trevor DARRELL. ALOHa: A New Measure for Hallucination in Captioning Models. *Proceedings of the 2024 Conference of the North American Chapter of the Association for Computational Linguistics: Human Language Technologies*. Mexico City: Association for Computational Linguistics, 2024, s. 342–357. DOI: 10.18653/v1/2024.naacl-short.30.
- [2] BEN-KISH, Assaf, Moran YANUKA, Morris ALPER, Raja GIRYES a Hadar AVERBUCH-ELOR. Mitigating Open-Vocabulary Caption Hallucinations. *Proceedings of the 2024 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing*. Miami: Association for Computational Linguistics, 2024, s. 22680–22698. DOI: 10.18653/v1/2024.emnlp-main.1263.
- [3] FAVERO, Alessandro, Luca ZANCATO, Matthew TRAGER, Siddharth CHOUDHARY, Pramuditha PERERA, Alessandro ACHILLE, Ashwin SWAMINATHAN a Stefano SOATTO. Multi-Modal Hallucination Control by Visual Information Grounding. *Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*. 2024, s. 14303–14312.
- [4] PETRYK, Suzanne, Spencer WHITEHEAD, Joseph E. GONZALEZ, Trevor DARRELL, Anna ROHRBACH a Marcus ROHRBACH. Simple Token-Level Confidence Improves Caption Correctness. *Proceedings of the IEEE/CVF Winter Conference on Applications of Computer Vision (WACV)*. 2024, s. 5742–5752.
- [5] FENG, Mingqian, Yunlong TANG, Zeliang ZHANG a Chenliang XU. Do More Details Always Introduce More Hallucinations in LVLM-based Image Captioning? [online]. 2024. [cit. 2026-08-13]. Dostupné na: <https://arxiv.org/abs/2406.12663>
- [6] GEIGLE, Gregor, Radu TIMOFTE a Goran GLAVAŠ. Does Object Grounding Really Reduce Hallucination of Large Vision-Language Models? [online]. 2024. [cit. 2026-08-13]. Dostupné na: <https://arxiv.org/abs/2406.14492>
- [7] GUAN, Tianrui, Fuxiao LIU, Xiyang WU et al. HallusionBench: An Advanced Diagnostic Suite for Entangled Language Hallucination and Visual Illusion in Large Vision-Language Models. *Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*. 2024, s. 14375–14385. DOI: 10.1109/CVPR52733.2024.01363.
- [8] RAWTE, Vipula, Aryan MISHRA, Amit SHETH a Amitava DAS. Defining and Quantifying Visual Hallucinations in Vision-Language Models. In: *Proceedings of the 5th Workshop on Trustworthy NLP (TrustNLP 2025)*. Albuquerque: Association for Computational Linguistics, 2025, s. 501–510. DOI: 10.18653/v1/2025.trustnlp-main.32.
- [9] WANG, Ziyang, Heba ELFARDY, Markus DREYER, Kevin SMALL a Mohit BANSAL. Unified Embeddings for Multimodal Retrieval via Frozen LLMs. *Findings of the Association for Computational Linguistics: EACL 2024*. St. Julian's: Association for Computational Linguistics, 2024, s. 1537–1547. DOI: 10.18653/v1/2024.findings-eacl.105.
- [10] ZHOU, Junjie, Zheng LIU, Shitao XIAO, Bo ZHAO a Yongping XIONG. VISTA: Visualized Text Embedding For Universal Multi-Modal Retrieval. *Proceedings of the 62nd Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics (Volume 1: Long Papers)*. Bangkok: Association for Computational Linguistics, 2024.
- [11] MA, Xueguang, Sheng-Chieh LIN, Minghan LI, Wenhua CHEN a Jimmy LIN. Unifying Multimodal Retrieval via Document Screenshot Embedding. *Proceedings of the 2024 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing*. Miami: Association for Computational Linguistics, 2024, s. 6492–6505. DOI: 10.18653/v1/2024.emnlp-main.373.
- [12] CHEN, Cong, Mingyu LIU, Chenchen JING, Yizhou ZHOU, Fengyun RAO, Hao CHEN, Bo ZHANG a Chunhua SHEN. PerturboLLaVA: Reducing Multimodal Hallucinations with Perturbative Visual Training. *International Conference on Learning Representations (ICLR)*. 2025.

2.14 ErgoAgent – automatizované hodnotenie ergonomického zaťaženia pracovísk a podpora rotácie operátorov pomocou počítačového videnia

Pracovisko: Katedra priemyselného inžinierstva, Strojnícka fakulta UNIZA (v spolupráci s FEIT UNIZA a so spoločnosťou AT Digital, s.r.o.)

Výskumná oblasť: Informačné a komunikačné vedy

Špecifická oblasť výskumu: Počítačové videnie a strojové učenie pre automatizované hodnotenie ergonomického rizika na montážnych pracoviskách

Vedúci projektu: Ing. Radovan Furmann, PhD.

Kontaktné údaje:	Telefón	E-mail	Web-stránka
	+421 918 111 990	radovan.furmann@atdigital.sk	www.atdigital.sk

ErgoAgent – automatizované hodnotenie ergonomického zaťaženia pracovísk a podpora rotácie operátorov pomocou počítačového videnia

Opis projektu:

Hodnotenie ergonomického zaťaženia je na montážnych pracoviskách v automobilovom priemysle štandardnou súčasťou technickej prípravy výroby. Pracuje sa s observačnými metódami RULA a REBA, ktoré na základe uhlov v kĺboch, hmotnosti manipulovaného bremena, opakovanosti pohybu a doby zotrvania v polohe priradia pracovnej polohe rizikové skóre a odporúčanú naliehavosť zásahu. Obe metódy sú overené, medzinárodne akceptované a v praxi bežne zavedené. Problémom preto nie je samotná metodika, ale spôsob, akým sa dnes v prevádzke aplikuje.

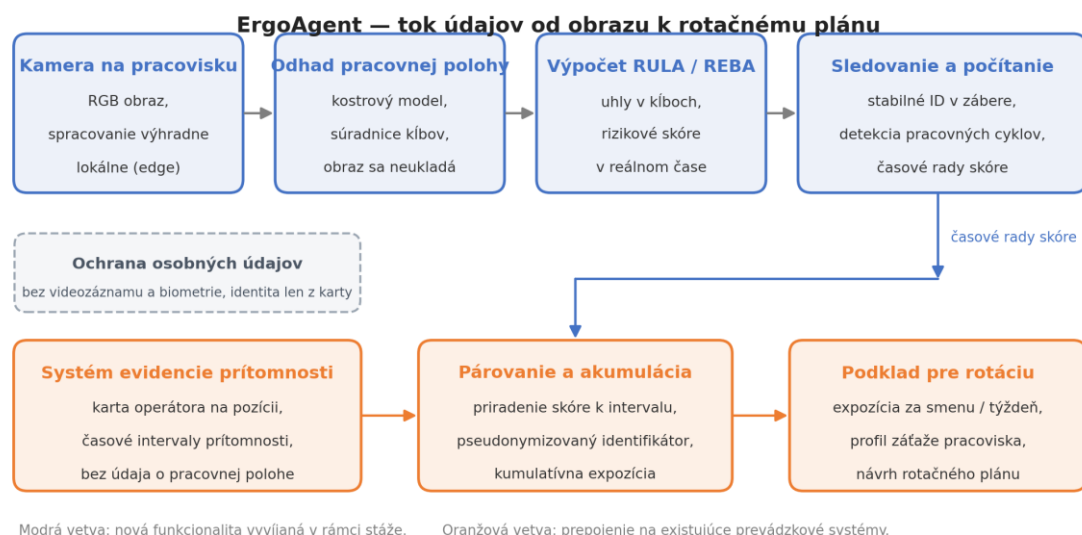
Hodnotenie prebieha manuálne. Ergonóm príde na pracovisko, sleduje priebeh práce, vyberie niekoľko reprezentatívnych snímok pracovnej polohy, odmeria uhly a priradí skóre. Jedno pracovisko takto zaberie rádovo desiatky minút kvalifikovanej práce. V prevádzke s desiatkami až stovkami pracovísk to znamená, že úplné prehodnotenie závodu je organizačne aj časovo náročná akcia. Z tohto spôsobu práce vyplývajú tri praktické obmedzenia, ktoré priamo znižujú kvalitu rozhodovania o opatreniach.

Prvým obmedzením je frekvencia. Pracovisko sa prehodnocuje raz za mesiac až roky. Zmena taktu, nábeh nového variantu výrobku alebo úprava layoutu sa v hodnotení prejaví s veľkým oneskorením, prípadne sa neprejaví vôbec, ak k novému hodnoteniu medzitým nedôjde. Rozhodnutia o úprave pracoviska sa tak opierajú o stav, ktorý už nemusí zodpovedať realite.

Druhým obmedzením je rozsah vzorky. Hodnotí sa niekoľko snímok, nie celá zmena. Výsledkom je skóre reprezentatívnej polohy, nie kumulatívne zaťaženie operátora za osemhodinovú zmenu. Práve kumulatívna expozícia je pritom veličina, ktorá súvisí so vznikom podporno-pohybových ochorení. Metodika RULA aj REBA s opakovanosťou a trvaním počítajú, no vstupné údaje o skutočnom počte cyklov a o čase strávenom v rizikovej polohe dnes chýbajú a nahrádzajú sa odhadom.

Tretím a z hľadiska tejto témy najdôležitejším obmedzením je absencia väzby na konkrétneho človeka. Rotácia operátorov medzi pracoviskami je v praxi hlavným nástrojom na rozloženie ergonomického zaťaženia. Rotačné plány sa však dnes zostavujú na základe skúsenosti majstra a kvalifikačnej matice, nie na základe nameranej expozície konkrétneho operátora. Aj keď je pracovisko A hodnotené ako rizikovejšie než pracovisko B, bez údajov o tom, koľko času a s akou intenzitou na ňom daný operátor skutočne strávil, nie je možné overiť, či rotačný plán zaťaženie naozaj vyrovnáva, alebo ho len presúva.

Predmetom výskumnej stáže je vývoj a experimentálne overenie systému, ktorý spája dva doteraz oddelené zdroje údajov a tým vytvára informáciu, ktorá nie je dostupná ani z jedného z nich samostatne. Prvým zdrojom je kamerový systém, ktorý je predmetom vývoja v rámci stáže. Poskytuje ergonomické skóre RULA a REBA v reálnom čase, počet pracovných cyklov a trvanie jednotlivých úkonov, neposkytuje však identitu osoby, pretože pracuje výhradne s anonymným kostrovým modelom. Druhým zdrojom je existujúci systém evidencie prítomnosti na pozícii, ktorý naopak vie, ktorá karta je na ktorej pozícii a v akom časovom intervale, no neobsahuje žiadnu informáciu o pracovnej polohe ani o záťaži. Spojením oboch vzniká kumulatívna ergonomická expozícia konkrétneho operátora za smenu, týždeň a mesiac, teda priamy a kvantifikovaný podklad pre plánovanie rotácie.



Obr. 1 Architektúra riešenia ErgoAgent: tok údajov od obrazu kamery cez kostrový model a skóre RULA/REBA k prepojeniu s evidenciou prítomnosti a k podkladu pre rotáciu operátorov.

Princíp fungovania navrhovaného riešenia je päťkrokový. Kamera sníma pracovisko a model počítačového videnia z obrazu extrahuje kostrový model operátora, teda súradnice kĺbov. Samotný obraz sa pritom neukladá ani neprenáša mimo zariadenia. Z kostrového modelu sa priebežne počítajú uhly v kĺboch a z nich skóre RULA a REBA podľa štandardnej metodiky. Paralelne sa z evidenčného systému číta, ktorá karta je práve na danej pozícii a v akom časovom intervale. Skóre sa následne spáruje s časovým intervalom prítomnosti a akumuluje sa na úrovni pozície aj osoby. Výstupom je prehľad záťažového profilu pracoviska v čase a kumulatívna expozícia jednotlivých operátorov ako podklad pre rotáciu.

Architektúra je navrhnutá tak, aby minimalizovala spracovanie osobných údajov už na úrovni návrhu, nie dodatočnými organizačnými opatreniami. Spracovanie obrazu prebieha lokálne na výpočtovom zariadení pri kamere, videozáznam neopúšťa pracovisko a neukladá sa. Z obrazu sa odvodzujú výhradne súradnice kĺbov, podoba tváre ani iný biometrický znak sa nespracúva. Identifikácia osoby neprichádza z kamery, ale z karty, ktorú operátor vedome a aktívne používa, teda z už zavedeného a odsúhlaseného procesu. Prepojenie kostrových údajov s identitou je možné pseudonymizovať, pretože pre plánovanie rotácie postačuje stabilný identifikátor bez znalosti mena. Súčasťou výstupu štáże bude aj podklad k posúdeniu vplyvu na ochranu údajov pre prípadné produkčné nasadenie.

Technologická základňa je zámerne postavená na otvorených nástrojoch a bežne dostupnom hardvéri, bez licenčných nákladov a bez väzby na konkrétneho dodávateľa. Výsledok je tak prenositeľný na ďalšie pracoviská a ďalšie prevádzky. Kompletne technické vybavenie zabezpečuje priemyselný partner. Ide o kamerový systém na snímanie pracoviska, výpočtové zariadenie pre lokálne spracovanie obrazu a pracovnú stanicu s grafickým akceleračným systémom pre vývoj a tréning modelov. Laboratórne pracovisko na overenie mimo výroby prevádzky poskytuje Infinity Laboratórium Katedry priemyselného inžinierstva Strojníckej fakulty UNIZA. Prístup k pilotnému pracovisku a k podnikovej metodike hodnotenia zabezpečuje priemyselný partner z automobilového priemyslu. Študent teda nastupuje na pripravenú zostavu a nerieši obstarávanie ani rozpočet.

Riešenie je zámerne koncipované ako doplnok k existujúcim prevádzkovým systémom, nie ako ich náhrada. Nezasahuje do riadenia výroby, nemení spôsob evidencie prítomnosti a nevyžaduje úpravu pracoviska. Pridáva k nim vrstvu, ktorá doteraz chýbala, a to priebežné a objektívne meranie ergonomického zaťaženia. Vďaka tomu je možné systém nasadiť postupne, pracovisko po pracovisku, a jeho prínos overovať na obmedzenom rozsahu ešte pred rozhodnutím o širšom zavedení. Práve táto vlastnosť je pre priemyselného partnera kľúčová, pretože znižuje riziko investície aj mieru zásahu do zabehnutej prevádzky.

Vedeckým jadrom témy je otázka, s akou presnosťou je možné odvodiť skóre RULA a REBA z monokulárneho obrazu bez hĺbkového senzora a bez markerov, v podmienkach reálneho montážneho pracoviska, teda pri čiastočnom zakrytí tela, meniacom sa osvetlení a prítomnosti viacerých osôb v zábere. Referenciou pre validáciu bude hodnotenie vykonané ergonomom priemyselného partnera na tých istých pracovných cykloch. Druhou otvorenou otázkou je spoľahlivosť automatickej detekcie hraníc pracovného cyklu z priebehu uhlov v kĺboch, pretože práve tá určuje, či je možné kumulatívnu expozíciu počítať bez manuálneho zásahu. Obe otázky sú aktuálne a majú reálny publikačný potenciál.

Očakávaným merateľným výstupom je zníženie času potrebného na ergonomické hodnotenie jedného pracoviska z desiatok minút manuálnej práce na priebežný a prakticky bezobslužný záznam,

ďalej pokrytie celej zmeny namiesto niekoľkých vybraných snímok a napokon kvantifikovaná expozícia na úrovni jednotlivého operátora, ktorá dnes nie je dostupná vôbec. Za úspech sa považuje zhoda automatického hodnotenia s hodnotením ergonóma na úrovni rizikovej kategórie RULA a REBA na reprezentatívnej vzorke pracovných cyklov spolu so spoľahlivou detekciou začiatku a konca cyklu.

Prínosom riešenia pre prevádzku je posun od bodového a subjektívneho hodnotenia k priebežnému a kvantifikovanému. Ergonóm prestáva byť zberačom údajov a stáva sa interpretom výsledkov, hodnotenie prestáva byť jednorazovou akciou a stáva sa priebežnou informáciou a rotačný plán prestáva byť odhadom a stáva sa rozhodnutím podloženým meraním. Téma nie je koncipovaná ako jednorazová aktivita. Prirodzene nadväzuje na bakalársku alebo diplomovú prácu, na študentskú vedecko-odbornú súťaž, na spoločnú vedeckú publikáciu a na ďalšiu spoluprácu s priemyselným partnerom formou odbornej praxe alebo pracovného vzťahu.

Ciele projektu:

Hlavným cieľom stáže je vyvinúť a v reálnom prostredí overiť funkčný prototyp systému, ktorý z obrazu kamery automaticky vyhodnocuje ergonomické riziko pracovnej polohy metódami RULA a REBA a spája ho s evidenciou prítomnosti operátora na pozícii do údajov o kumulatívnej ergonomickej expozícii konkrétnej osoby.

Čiastkové ciele:

- Sprevádzkovať kamerový vstup a model na odhad pracovnej polohy na výpočtovom zariadení pracujúcom lokálne, bez ukladania videozáznamu.
- Implementovať výpočet uhlov v kĺboch a skóre RULA a REBA podľa platnej metodiky a overiť ho na laboratórnom pracovisku.
- Doplniť sledovanie osoby v zábere so stabilným identifikátorom a automatické počítanie pracovných cyklov z priebehu uhlov v kĺboch.
- Navrhnuť a implementovať rozhranie na existujúci systém evidencie prítomnosti na pozícii a výpočet kumulatívnej expozície za smenu, týždeň a mesiac.
- Vyhodnotiť presnosť automatického hodnotenia oproti referenčnému hodnoteniu ergonóma a pripraviť podklad k posúdeniu vplyvu na ochranu údajov.

Rozsah cieľov je nastavený tak, aby bol v trojmesačnom termíne reálne zvládnuteľný a aby aj čiastočné splnenie prinieslo samostatne použiteľný výsledok.

Metodológia projektu:

Stáž je členená do troch mesačných etáp s jasne definovaným priebežným výstupom po každej z nich. Postup vychádza z princípu inkrementálneho prototypovania, keď je po každej etape k dispozícii funkčný a overiteľný medzivýsledok.

Etapa 1 (15. 10. – 15. 11.) Kostrový model a ergonomické skóre Sprevádzkovanie kamerového vstupu a modelu na odhad pracovnej polohy na výpočtovom zariadení, implementácia výpočtu uhlov v kĺboch a skóre RULA a REBA podľa platnej metodiky, overenie na laboratórnom pracovisku Infinity Laboratórium. Výstupom je funkčný modul, ktorý zo živého obrazu vracia ergonomické skóre.

Etapa 2 (15. 11. – 15. 12.) Sledovanie v čase a počítanie úkonov Doplnenie sledovania osoby v zábere so stabilným identifikátorom po dobu jej prítomnosti, automatické počítanie pracovných cyklov z priebehu uhlov v kĺboch, záznam časových radov do databázy a jednoduché webové rozhranie na ich zobrazenie. Výstupom je záťažový profil pracoviska v čase a počet zrealizovaných cyklov.

Etapa 3 (15. 12. – 15. 1.) Prepojenie na evidenciu prítomnosti a rotácia Návrh a implementácia rozhrania na existujúci systém evidencie prítomnosti na pozícii, priradenie ergonomického skóre k intervalom prítomnosti a výpočet kumulatívnej expozície, prehľad expozície za smenu s podkladom pre rozhodovanie o rotácii. Výstupom je integrovaný prototyp a záverečná správa s vyhodnotením presnosti oproti manuálnemu hodnoteniu ergonóma.

Validácia prebieha dvojstupňovo. Najprv na laboratórnom pracovisku mimo výrobnú prevádzku, kde je možné pracovné polohy riadene opakovať, následne na pilotnom pracovisku priemyselného partnera. Referenciou je hodnotenie vykonané ergonómom na tých istých pracovných cykloch. Predpokladajú sa pravidelné týždenné konzultácie a formálne vyhodnotenie po každej etape.

Požadované kvality/znalosti študenta:

- Programovanie v jazyku Python na úrovni samostatnej práce.
- Základná orientácia v strojovom učení a v spracovaní obrazu.
- Samostatnosť a ochota overovať riešenie v reálnej prevádzke, nielen v laboratóriu.

- Víťaná, nie však podmienkou, je skúsenosť s knižnicami pre detekciu objektov alebo odhad pracovnej polohy a skúsenosť s vývojom webových rozhraní.
- Víťaný je záujem o priemyselné prostredie a výrobné procesy.
- Znalosť ergonómie sa nevyžaduje. Metodiku RULA a REBA aj priemyselný kontext zabezpečí odborné vedenie zo strany AT Digital, Katedry priemyselného inžinierstva a ergonóma priemyselného partnera.

Financovanie:

Interná výskumná stáž FEIT UNIZA 2026/2027, téma predložená priemyselným partnerom AT Digital, s.r.o., trvanie 15. október 2026 – 15. január 2027.

Technické vybavenie, priemyselné vedenie a prístup k pilotnému pracovisku financuje a zabezpečuje AT Digital, s.r.o. z vlastných zdrojov. Spoločnosť je pripravená podporiť študenta aj finančne nad rámec podpory poskytovanej fakultou.

Odborné vedenie v oblasti ergonómie, metodiky a priemyselného inžinierstva zabezpečuje Katedra priemyselného inžinierstva Strojníckej fakulty UNIZA vrátane prístupu do Infinity Laboratória. Akademické vedenie a formálne zastrešenie stáže zabezpečuje príslušné pracovisko FEIT UNIZA.

Referencie:

- [1] McATAMNEY, L., CORLETT, E. N. RULA: a survey method for the investigation of work-related upper limb disorders. *Applied Ergonomics*, 1993, 24(2), s. 91–99.
- [2] HIGNETT, S., McATAMNEY, L. Rapid Entire Body Assessment (REBA). *Applied Ergonomics*, 2000, 31(2), s. 201–205.
- [3] CAO, Z., HIDALGO, G., SIMON, T., WEI, S.-E., SHEIKH, Y. OpenPose: Realtime Multi-Person 2D Pose Estimation Using Part Affinity Fields. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 2021, 43(1), s. 172–186.
- [4] BAZAREVSKY, V., GRISHCHENKO, I., RAVEENDRAN, K., ZHU, T., ZHANG, F., GRUNDMANN, M. BlazePose: On-device Real-time Body Pose Tracking. *arXiv:2006.10204*, 2020.
- [5] LI, L., XU, X. A deep learning-based RULA method for working posture assessment. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 2019, 63(1), s. 1090–1094.
- [6] CHANDER, D. S., CAVATORTA, M. P. An observational method for Postural Ergonomic Risk Assessment (PERA). *International Journal of Industrial Ergonomics*, 2017, 57, s. 32–41.

2.15 Architektúra a federácia digitálnych dvojčiat mesta

Pracovisko: Katedra multimédií a informačno-komunikačných technológií

Výskumná oblasť: Informačné a komunikačné vedy

Špecifická oblasť výskumu: Architektúra Smart City, IoT, dátová federácia a šandardizácia

Vedúci projektu: Ing. Martin Šinko, PhD.

Externý partner (zadávateľ): Mesto Žilina

Kontaktné údaje:

Telefón

+421 905 837 942

E-mail

martin.sinko@zilina.sk

Web-stránka

www.zilina.sk

Architektúra a federácia digitálnych dvojčiat mesta

Opis projektu:

Zavádzanie konceptu inteligentných miest (Smart City) prináša prudký nárast objemu dát pochádzajúcich z rôznorodých senzorov a mestských systémov. Samosprávy pritom čelia otázke, ako tieto dáta efektívne agregovať a zdieľať so vzdelávacími inštitúciami, regionálnymi partnermi a tretími stranami bez toho, aby museli budovať centralizované dátové sklady s vysokými nárokmi na prevádzku a na správu prístupových práv. Tento projekt sa zameriava na návrh a experimentálne nasadenie decentralizovanej architektúry digitálnych dvojčiat postavenej na otvorenom rozhraní a informačnom modeli ETSI NGSI-LD [1], [2].

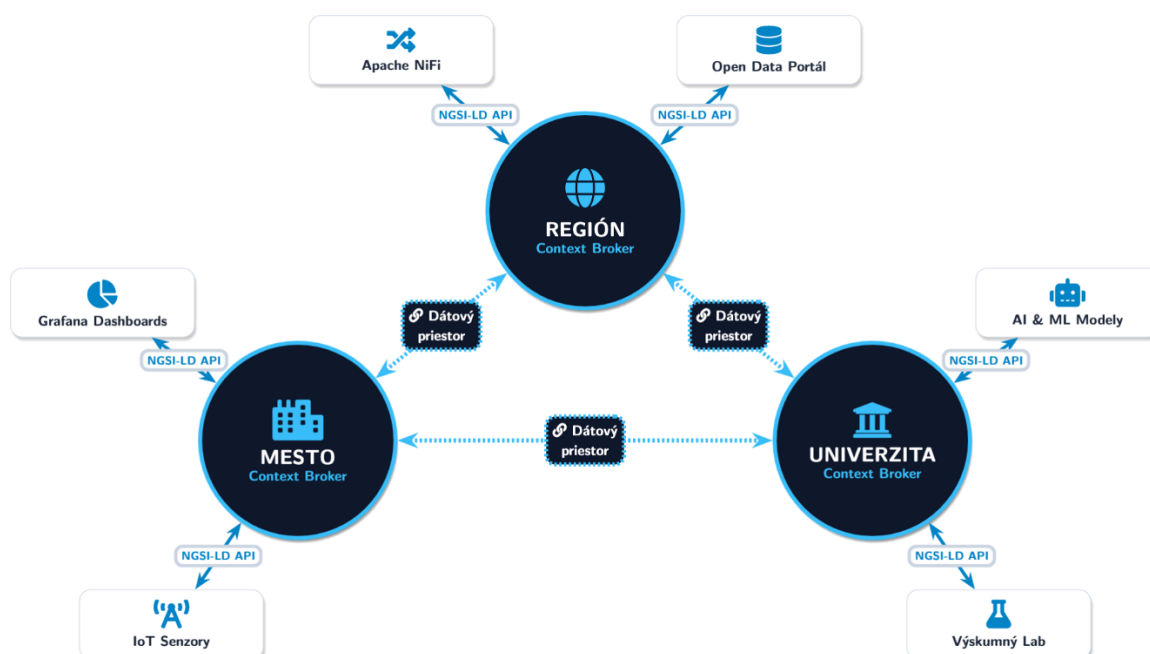
Východisko: prečo NGSI-LD

NGSI-LD je skupinová špecifikácia ETSI ISG CIM (Context Information Management), ktorá definuje otvorené API a informačný model na výmenu kontextových informácií; aktuálnou verziou je ETSI GS CIM 009 V1.9.1 z júla 2025 [1]. Dáta sú reprezentované ako entity s vlastnosťami (Property) a vzťahmi (Relationship) a serializované v JSON-LD, čo znamená, že každý atribút má explicitnú sémantiku odkazom do zdieľaného kontextu (@context). Prijímajúca strana tak nemusí poznať lokálne konvencie odosielateľa – údaj je strojovo interpretovateľný bez predchádzajúcej dohody nad dokumentáciou. Práve táto vlastnosť odlišuje federáciu kontextových dát od bežného exportu súborov alebo od bodového rozhrania REST.

Od verzie V1.8.1 špecifikácia zavádza distribuované operácie a registrácie zdrojov kontextu, ktoré umožňujú, aby broker odpovedal na dopyt dátami, ktoré fyzicky nevlastní, ale vie, kde sa nachádzajú [1]. Vznikajú tak dva konkurenčné federačné vzory – replikácia prostredníctvom odberov (subscriptions) a distribuovaný dopyt – ktorých porovnanie tvorí výskumné jadro tejto stáže.

Cieľová architektúra

Navrhovaná architektúra (obr. 1) nahrádza hviezdicové centrálné úložisko sieťou spolupracujúcich uzlov. Každá organizácia – mesto, univerzita, región – prevádzkuje vlastný Context Broker, ktorý je jediným vlastníkom svojich dát a jediným miestom, kde sa rozhoduje o tom, čo a komu sprístupní. Medzi uzlami vzniká dátový priestor, v ktorom sa vymieňajú len dohodnuté entity. Lokálne aplikácie – vizualizačné nástroje, analytické modely, portál otvorených dát – prístupujú k dátam jednotným rozhraním NGSI-LD bez ohľadu na to, z ktorého uzla údaj pochádza.



Obrázok 3 Dátová prepojitelnosť organizácií prostredníctvom lokálnych kontextových brokerov (Context Broker).

Jadrom mestského uzla je Context Broker FIWARE Orion-LD [3], ktorý implementuje rozhranie NGSI-LD a je prevádzkovaný v kontajnerizovanom prostredí on-premise na Mestskom úrade (obr. 2). Do brokera vstupujú dáta z mestských systémov a zo senzorických sietí prostredníctvom FIWARE IoT agentov; tie zabezpečujú abstrakciu komunikačných protokolov a mapovanie prichádzajúcich surových správ na atribúty NGSI-LD. Pre zariadenia komunikujúce vo formáte JSON alebo UltraLight nad protokolmi MQTT či HTTP sa používa IoT Agent JSON, resp. IoT Agent UL [4]; pre siete LoRaWAN existuje samostatný IoT Agent LoRaWAN. Sémantika atribútov sa preberá z otvorených dátových modelov iniciatívy Smart Data Models, ktorú spoločne vedú FIWARE Foundation, TM Forum, IUDX a OASC a ktorá predstavuje de facto štandard pre doménové modely v oblasti inteligentných miest [5].

Riešený problém a rola stáže

Prakticky nie je možné dať partnerskej organizácii prístup do produkčného prostredia samosprávy. Akákoľvek spolupráca s univerzitou preto naráža na rovnakú prekážku: dáta sú k dispozícii, ale prostredie, v ktorom sa nachádzajú, nie je určené na experimentovanie. Riešením je vývojárske testovacie prostredie (sandbox), do ktorého sa dáta prenášajú jednosmerne – z nadradeného mestského uzla do izolovanej inštancie – a v ktorom môže študent slobodne pracovať bez rizika spätného zásahu do produkčnej prevádzky.

Úlohou študenta je toto prostredie navrhnuť, nasadiť a overiť. Prvým krokom je inštalácia a konfigurácia lokálneho uzla vo virtualizovanom prostredí a jeho naplnenie dátami prostredníctvom mechanizmu odberov NGSI-LD, ktorý zabezpečí, že každá zmena entity v nadradenom uzle je notifikovaná lokálnemu uzlu. Druhým krokom je napojenie koncových zariadení cez IoT agentov a overenie, že prichádzajúce merania sa korektne mapujú na atribúty definované v Smart Data Models. Tretím, výskumným krokom je kvantitatívne porovnanie oboch federačných vzorov: meranie latencie doručenia notifikácie, priepustnosti a chybovosti v závislosti od počtu entít a frekvencie ich aktualizácie, a porovnanie s variantom distribuovaného dopytu.

Overenie integrity replikácie

Samostatnou a často podceňovanou úlohou je overenie, že replikované prostredie skutočne zodpovedá zdroju. Vizualizačné nástroje typu Grafana alebo Node-RED umožňujú sledovať priebeh hodnôt, integritu však nepotvrdzujú. Súčasťou stáže je preto návrh a implementácia kontrolného mechanizmu, ktorý porovnáva počty entít, ich typy a časové značky poslednej zmeny medzi nadradeným a lokálnym uzlom a identifikuje stratené alebo oneskorené notifikácie. Výsledkom je merateľné vyjadrenie konzistencie replikácie, nie len vizuálny dojem, že dáta prichádzajú.

Riadenie prístupu a správa dátového priestoru

Decentralizovaný model presúva otázku bezpečnosti z ochrany jedného veľkého úložiska na správu vzťahov medzi uzlami. Každý uzol musí vedieť, ktoré entity a ktoré atribúty sprístupňuje ktorému partnerovi, v akej granularite a na aký čas. Súčasťou analytickej fázy stáže je preto aj posúdenie mechanizmov riadenia prístupu dostupných v ekosystéme FIWARE – od oddelenia prostredníctvom viacnájomnosti (tenancy) až po nastavbové komponenty identity a autorizácie – a formulácia odporúčania pre mestský uzol. Rovnako je potrebné vymedziť, ktoré dáta môžu byť replikované vôbec: údaje zo senzorov prostredia alebo agregovaná dopravná telemetria predstavujú iné riziko než údaje umožňujúce nepriamu identifikáciu osôb, ktoré do vývojárskeho prostredia nepatria.

Organizácia práce a rozsah

Stáž je členená do troch fáz. Analytická fáza je venovaná štúdiu špecifikácie NGSI-LD, dátových modelov a bezpečnostných požiadaviek a končí návrhom rozsahu replikovaných entít, ktorý schvaľuje zadávateľ. Implementačná fáza zahŕňa nasadenie lokálneho uzla, sprevádzkovanie odberov a integráciu IoT agentov a je uzavretá funkčným testovacím prostredím naplneným reálnymi dátami. Experimentálna fáza je venovaná meraniam a porovnaniu federačných vzorov. Prístup do produkčného prostredia mesta sa študentovi neudeľuje; komunikácia prebieha výhradne smerom z nadradeného uzla do izolovanej inštancie. Záverečným výstupom je sprevádzkovaný uzol, dokumentácia nasadenia vo forme reprodukovateľnej konfigurácie (Docker Compose alebo Helm) a správa s nameranými výsledkami a odporúčaním pre zadávateľa.

Prepojenie na ďalšie témy a očakávaný prínos

Architektúra opísaná v tomto projekte je určená na to, aby prijímala dáta z rôznorodých zdrojov vrátane videoanalytiky prevádzkovej na mestských križovatkách. Ak výstupy videoanalytických tém budú zodpovedať modelom domény Transportation iniciatívy Smart Data Models, stanú sa priamo použiteľnými entitami v tomto dátovom priestore. Predchádza sa tak vzniku ďalšieho izolovaného dátového modelu a mesto získava jednotnú sémantickú vrstvu nad heterogénnymi systémami.

Pre mesto Žilina je výstupom stáže overený a zdokumentovaný postup, ako sprístupniť mestské dáta akademickému partnerovi bez prevádzkového rizika, a podklad pre rozhodnutie o ďalšom smerovaní dátovej architektúry samosprávy v súlade s národným rámcom informačných technológií verejnej správy [6] a s princípmi interoperability presadzovanými iniciatívou Open & Agile Smart Cities [7]. Pre študenta ide o prácu s otvorenými platformami, kontajnerovou orchestráciou, sémantickými dátovými modelmi a reálnymi kontextovými dátami mesta – teda s technológiami, ktoré tvoria základ súčasných riešení pre inteligentné mestá [8].

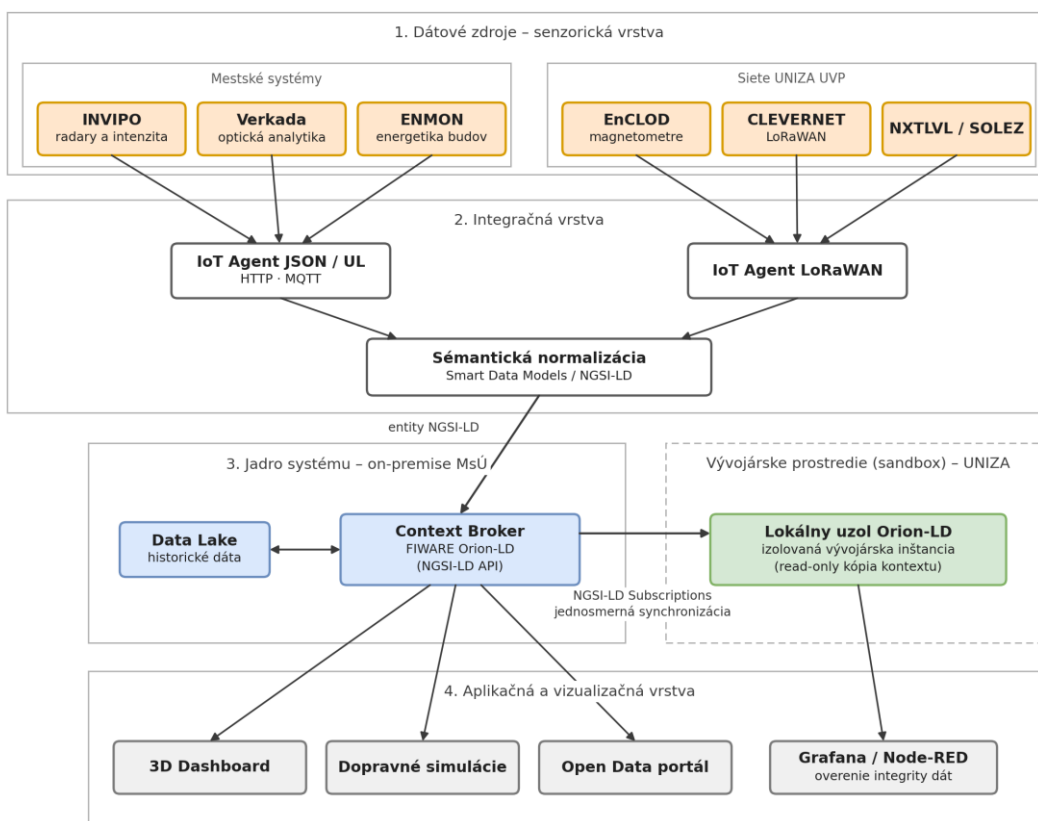
Ciele projektu:

Hlavným cieľom projektu je navrhnuť, nasadiť a experimentálne overiť decentralizovaný uzol digitálneho dvojčata mesta postavený na rozhraní a informačnom modeli ETSI NGSI-LD a kvantitatívne posúdiť vhodnosť dostupných federačných vzorov pre potreby samosprávy (obr. 2).

Čiastkovými cieľmi projektu sú:

1. Vytvorenie izolovaného testovacieho prostredia (sandbox) pre študentov a vývojárov, do ktorého sa jednosmernou synchronizáciou prenášajú dáta z produkčného prostredia mesta do lokálneho uzla Context Brokera.
2. Overenie integrácie koncových zariadení a senzorov prostredníctvom FIWARE IoT agentov (IoT Agent JSON/UL nad protokolom MQTT, IoT Agent LoRaWAN) vrátane mapovania prichádzajúcich správ na atribúty podľa dátových modelov iniciatívy Smart Data Models.
3. Implementácia kontrolného mechanizmu na overenie úplnosti a konzistencie replikovaných dát medzi nadradeným a lokálnym uzlom.
4. Kvantitatívne porovnanie dvoch federačných vzorov NGSI-LD – replikácie prostredníctvom odberov a distribuovaného dopytu prostredníctvom registrácií zdrojov kontextu – z hľadiska latencie, priepustnosti a konzistencie pri rastúcom počte entít.
5. Formulácia odporúčania pre ďalšie smerovanie dátovej architektúry mesta vrátane posúdenia mechanizmov riadenia prístupu.

Vzdelávacie výstupy: študent si osvojí prácu so štandardizovaným rozhraním a informačným modelom ETSI NGSI-LD, s kontajnerovou orchestráciou a s princípmi sémantickej interoperability v ekosystéme inteligentných miest.



Obrázok 4 Logická architektúra a dátové toky digitálneho dvojčata mesta Žilina.

Požadované kvality/znalosti študenta:

- Základná znalosť operačného systému Linux a kontajnerových technológií (Docker).
- Porozumenie princípom REST API a dátovým formátom JSON; znalosť JSON-LD výhodou.
- Znalosť základov sieťovej komunikácie a IoT protokolov; znalosť protokolu MQTT výhodou.
- Základná zručnosť v skriptovaní (Python alebo JavaScript) na tvorbu kontrolných a meracích nástrojov.
- Schopnosť pracovať s technickou dokumentáciou v anglickom jazyku.
- Analytické myslenie a záujem o dátové integrácie a sémantickú interoperabilitu.

Financovanie:

-

Referencie:

- [1] ETSI. ETSI GS CIM 009 V1.9.1 (2025-07): Context Information Management (CIM); NGSI-LD API. Sophia Antipolis: ETSI ISG CIM, 2025. Dostupné na: https://www.etsi.org/deliver/etsi_gs/CIM/001_099/009/01.09.01_60/gs_CIM009v010901p.pdf [cit. 2026-09-15].
- [2] MRÁZ, M., MICHALÍKOVÁ, A. Architektúra a možnosti federácie digitálnych dvojčiat v koncepte Smart City. Banská Bystrica: Univerzita Mateja Bela v Banskej Bystrici, 2024. [doplňte typ publikácie, rozsah strán a ISBN/DOI]
- [3] FIWARE FOUNDATION. Orion-LD Context Broker (verzia 1.12.0). GitHub, 2026. Dostupné na: <https://github.com/FIWARE/context.Orion-LD> [cit. 2026-09-15].
- [4] TELEFÓNICA I+D / FIWARE FOUNDATION. FIWARE IoT Agent for JSON. GitHub, 2025. Dostupné na: <https://github.com/telefonicaid/iotagent-json> [cit. 2026-09-15].
- [5] SMART DATA MODELS INITIATIVE. Smart Data Models – oficiálny repozitár dátových modelov. FIWARE Foundation, TM Forum, IUDX, OASC. Dostupné na: <https://github.com/smart-data-models> [cit. 2026-09-15].
- [6] Zákon č. 95/2019 Z. z. o informačných technológiách vo verejnej správe a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov.
- [7] OPEN & AGILE SMART CITIES. Minimal Interoperability Mechanisms (MIMs). Dostupné na: <https://oascities.org> [cit. 2026-09-15].
- [8] CIRILLO, F., SOLMAZ, G., BERZ, E. L. et al. A Standard-Based Open Source IoT Platform: FIWARE. IEEE Internet of Things Magazine, 2019, roč. 2, č. 3, s. 12 – 18. DOI: 10.1109/IOTM.0001.1800022.

2.16 Vývoj pokročilých AI algoritmov pre videoanalytiku a návrh interaktívneho reportovacieho dashboardu nad reálnymi dátami mestskej infraštruktúry

Pracovisko: Katedra multimédií a informačno-komunikačných technológií

Výskumná oblasť: Informačné a komunikačné vedy

Špecifická oblasť výskumu: Web design

Vedúci projektu: Ing. Martin Šinko, PhD.

Externý partner (zadávateľ): Mesto Žilina

Kontaktné údaje:	Telefón	E-mail	Web-stránka
	+421 905 837 942	martin.sinko@zilina.sk	www.zilina.sk

Vývoj pokročilých AI algoritmov pre videoanalytiku a návrh interaktívneho reportovacieho dashboardu nad reálnymi dátami mestskej infraštruktúry

Opis projektu:

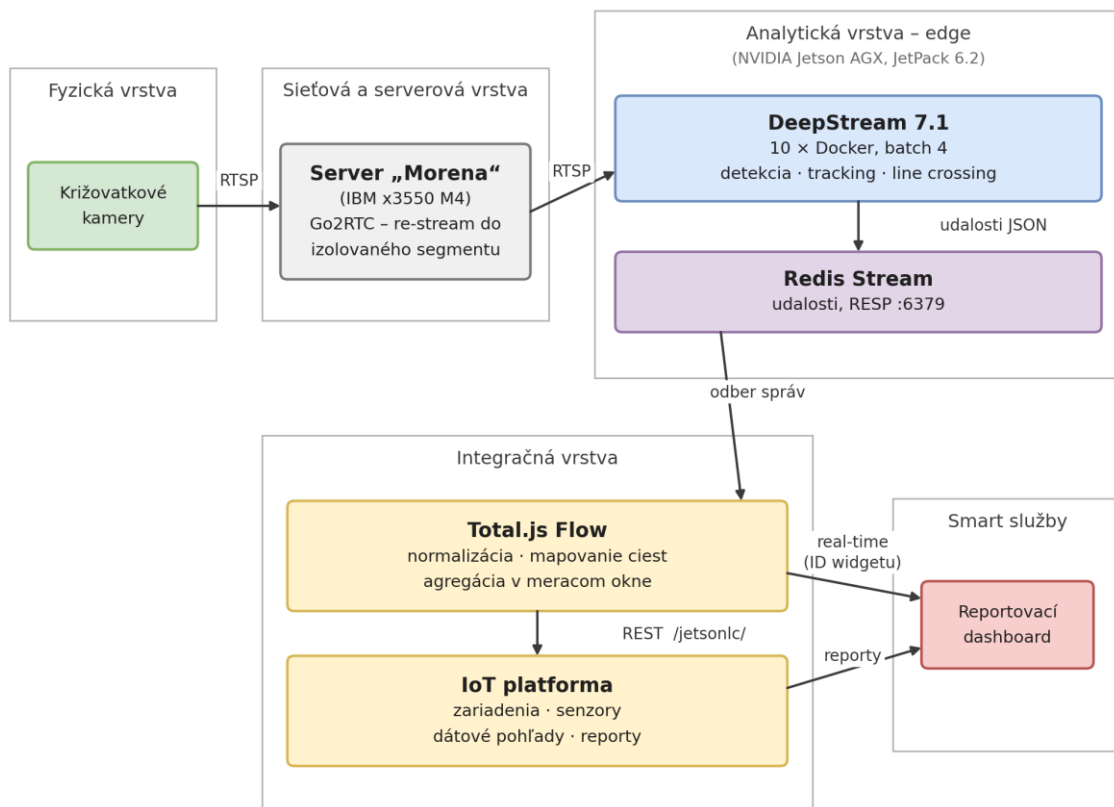
Mesto Žilina prevádzkuje rozsiahlu kamerovú infraštruktúru rozmiestnenú na kľúčových dopravných uzloch, predovšetkým na svetelne riadených križovatkách. Obrazový signál sa už dnes spracúva automatizovane, analytické možnosti nasadeného hardvéru však zostávajú využívané čiastočne. Cieľom tejto výskumnej stáže je uzavrieť práve túto medzeru a rozšíriť existujúci spracovateľský reťazec o analytické funkcie z kategórie Traffic Intelligence, teda o videoanalytiku zameranú na bezpečnosť a plynulosť cestnej premávky v takmer reálnom čase [1], [12].

Existujúca technologická základňa

Stáž nezačína na zelenej lúke. Mesto má vybudovaný a prevádzkovo overený spracovateľský reťazec, do ktorého študent vstupuje ako do referenčného prostredia (obr. 1). Videotoky z križovatkových kamier prichádzajú na samostatné sieťové rozhranie servera (IBM System x3550 M4, Ubuntu 24.04 LTS), kde ich komponent Go2RTC opätovne publikuje do izolovaného sieťového segmentu. Práve toto oddelenie zabezpečuje, že experimentálna práca nemôže ovplyvniť produkčnú prevádzku dohľadového systému.

Inferencia prebieha na okraji siete (edge) na zariadení NVIDIA Jetson AGX s distribúciou JetPack 6.2, ktorá poskytuje CUDA, TensorRT a DeepStream SDK [2]. Na zariadení beží desať nezávislých kontajnerizovaných inštancií aplikácie NVIDIA DeepStream 7.1, pričom každá spracúva dávku štyroch videotokov, čo umožňuje paralelné spracovanie viac ako štyridsiatich kanálov [1]. Pipeline každej inštancie je zložený zo štandardných modulov – zdroj, streammux, primárny a sekundárny inferenčný engine, tracker, on-screen display a sink – a je rozšírená o vlastnú knižnicu, ktorá vyhodnocuje prechody cez definované línie (line crossing).

Detegované udalosti sa zapisujú do Redis Streamu [3], ktorý plní úlohu rozvázovacieho medzičlánku medzi inferenčnou a integračnou vrstvou: umožňuje reštartovať ktorúkoľvek zo strán bez straty správ. Z tohto streamu číta komponent prostredia Total.js Flow [4], [5]. Prvý tok normalizuje surové detekcie na jednotnú štruktúru (identifikátory sledovaných objektov, ohraničujúce obdĺžniky, identifikátor línie, časová značka, identifikátor senzora), mapuje identifikátory línií na logické cesty križovatkou a agreguje počty podľa zvoleného kľúča. Periodický časovač uzatvára meracie okno a odosiela agregované počty prostredníctvom rozhrania REST do mestskej IoT platformy; druhý tok pripravuje predspracované štatistiky priamo pre widgety dashboardu. IoT platforma prijaté správy páruje so zariadeniami podľa identifikátora, ukladá ich do senzorov podľa kategórií objektov (osoba, bicykel, osobné vozidlo, autobus, nákladné vozidlo) a nad nimi vytvára dátové pohľady, reporty a vizualizácie (obr. 2).



Obrázok 5 Architektúra spracovateľského reťazca – od videotokov RTSP cez inferenciu na okraji siete a integračnú vrstvu až po reportovací dashboard.

Riešený problém

Opísaný reťazec dnes spoľahlivo poskytuje kvantitatívne údaje o intenzite dopravy – počty prejazdov podľa kategórií, smerové matice a podiely jednotlivých ciest križovatkou. Nedokáže však odpovedať na otázky, ktoré sú pre samosprávu z hľadiska bezpečnosti a plánovania najcennejšie: ako dlho čakajú chodci na priechode, aká je dĺžka radu vozidiel pred stopčiarou, či dochádza k opakovaným rizikovým manévrom v konkrétnom ramene križovatky a v ktorých miestach sa koncentruje pohyb zraniteľných účastníkov cestnej premávky. Ide o prechod od bodovej analytiky nad líniou k zónovej a trajektóριοvej analytike, ktorá pracuje s priestorom a s časovým priebehom, nie len s okamihom prekročenia čiary. Tento posun je predmetom stáže.

Navrhované rozšírenie analytiky

Práca je členená do troch úrovní podľa rastúcej výskumnej náročnosti, aby mala stáž garantovaný výstup aj v prípade, že najambicióznejšie úlohy narazia na obmedzenia dát.

Prvú úroveň tvorí zónová a zdržná analytika zraniteľných účastníkov premávky. Nad existujúcimi predtrénovanými detektormi a sledovačom objektov [6], [7] sa definujú polygonálne zóny čakacích plôch a priechodov a vyhodnocuje sa obsadenosť zóny, počet čakajúcich osôb a rozdelenie času zdržania. Do tej istej úrovne patrí odhad dĺžky kolóny vyjadrený ako obsadenosť radiaceho pruhu, ako aj pravidlová detekcia nedovolených odbočení; tá je realizovateľná bez nového modelu, pretože mapovanie identifikátorov trajektórií na logické cesty križovatkou je v existujúcej konfigurácii už zavedené.

Druhú úroveň predstavuje dotrénovanie detektora na obrazových dátach zo žilinských kamier. Zahŕňa zostavenie a anotovanie vzorky, augmentáciu, prenosové učenie (transfer learning), optimalizáciu modelu pre inferenciu (ONNX → TensorRT) a jeho kvantitatívne vyhodnotenie štandardnými metrikami detekcie a sledovania [6], [7].

Tretiu, výskumnú úroveň tvoria javy, ktoré si vyžadujú geometrickú kalibráciu obrazu a temporálne uvažovanie: nezastavenie na značke STOP a jazda v protismere. Obe úlohy predpokladajú homografické mapovanie obrazovej roviny na rovinu vozovky a prácu so zriedkavými javmi, teda so silne nevyváženými triedami. Táto úroveň je definovaná ako ambiciózny cieľ, nie ako podmienka úspešného ukončenia stáže.

Integračná vrstva a vizualizácia

Analytické výstupy nemajú hodnotu, kým sa nedostanú k používateľovi. Druhá polovica stáže je preto venovaná integračnej vrstve v prostredí Total.js Flow [4], [5], ktorá nové typy udalostí normalizuje, doplní o kontext (lokalita, rameno križovatky, meracie okno) a odošle do mestskej IoT platformy existujúcim rozhraním. Aby boli výstupy použiteľné aj mimo mestskej platformy, odporúča sa navrhnuť schému správ kompatibilnú s otvorenými dátovými modelmi iniciatívy Smart Data Models, konkrétne s modelmi domény Transportation [8]. Tým sa vytvorí priame prepojenie na paralelne riešenú tému federácie digitálnych dvojčiat mesta a predíde sa vzniku ďalšieho izolovaného dátového modelu.

Poslednou časťou je návrh a nasadenie reportovacieho dashboardu, ktorý agreguje nové ukazovatele do zrozumiteľnej podoby – časové priebehy, smerové matice, priestorové heatmapy pohybu a prehľad rizikových udalostí – a slúži ako podklad pre rozhodovanie mesta v oblasti dopravného inžinierstva a bezpečnosti.

Ochrana osobných údajov a etické hľadisko

Predmetom spracúvania je obraz z verejného priestranstva, teda osobné údaje. Stáž sa preto realizuje v režime, v ktorom študent pracuje výhradne s odvodenými metadátami a s obrazovými dátami len v nevyhnutnom rozsahu a výlučne v rámci izolovaného prostredia. Biometrická identifikácia osôb ani rozpoznávanie evidenčných čísel vozidiel nie sú predmetom riešenia. Postup rešpektuje usmernenia Európskeho výboru pre ochranu údajov k spracúvaniu osobných údajov prostredníctvom videozariadení [9] a povinnosti vyplývajúce z nariadenia (EÚ) 2016/679 a zo zákona č. 18/2018 Z. z. [10], [11]. Systém má poskytovať agregované ukazovatele o doprave, nie sledovať jednotlivcov; výstupom nie sú záznamy o osobách, ale štatistické ukazovatele viazané na priestor a čas.

Organizácia práce a rozsah

Stáž je organizovaná ako iteratívna práca v dvoch fázach. Prvá fáza je venovaná analýze prostredia, zostaveniu dátovej sady a implementácii úrovne P1, ktorá musí byť ukončená funkčným a odovzdaným prototypom; druhá fáza sa venuje úrovni P2 a P3 podľa toho, aké javy sa v dostupných záznamoch podarí zachytiť v dostatočnom počte. Výpočtové prostriedky na tréning modelov poskytne zadávateľ alebo pracovisko fakulty samostatne – inferenčná jednotka Jetson AGX je vyťažovaná produkčnou prevádzkou a nie je určená na tréning. Priebežné výstupy sa konzultujú s vedúcim projektu a s konzultantom zadávateľa; záverečným výstupom je funkčný prototyp, technická dokumentácia reťazca a vyhodnotenie dosiahnutej presnosti na kontrolnej vzorke.

Očakávaný prínos

Pre mesto predstavuje stáž overenie, či je možné z už vybudovanej infraštruktúry získať údaje o bezpečnosti chodcov a plynulosti dopravy bez investície do nových senzorov, a zároveň podklad pre rozhodnutie o ďalšom rozvoji mestskej dátovej architektúry. Pre študenta ide o prácu s reálnym, nie laboratórnym dátovým tokom, s akceleráciou na okraji siete a s celým reťazcom od snímky až po vizualizáciu – teda o skúsenosť, ktorú laboratórne zadanie nedokáže nahradiť.

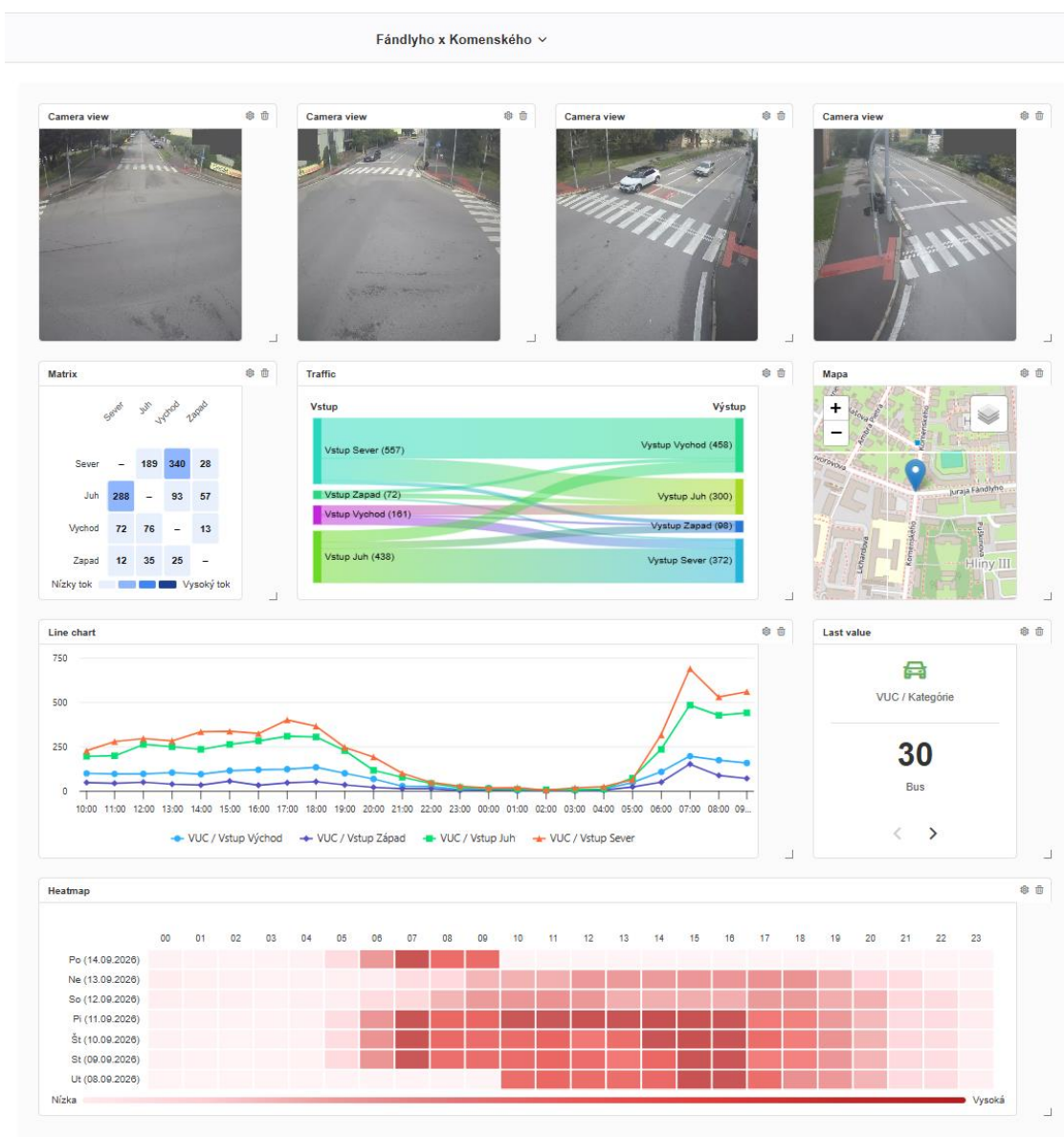
Ciele projektu:

Hlavným cieľom projektu je navrhnuť, implementovať a experimentálne overiť prototyp videoanalytického reťazca, ktorý z obrazu mestskej križovatky automaticky odvodzuje ukazovatele bezpečnosti a plynulosti dopravy, a sprístupniť tieto ukazovatele v reportovacom rozhraní mesta (obr. 2).

Čiastkové ciele sú členené podľa priority:

1. **P1 – zónová a zdržná analytika:** implementácia detekcie a vyhodnotenia správania zraniteľných účastníkov premávky – počet čakajúcich chodcov na priechode, rozdelenie času zdržania a sčítavanie cyklistov nad definovanými polygonálnymi zónami.
2. **P1 – plynulosť a rizikové manévry:** odhad dĺžky kolóny prostredníctvom obsadenosti radiaceho pruhu a pravidlová detekcia nedovolených odbočení nad existujúcim mapovaním trajektórií na logické cesty križovatkou.
3. **P1 – integrácia a vizualizácia:** vytvorenie integračnej vrstvy v prostredí Total.js Flow, ktorá zabezpečí normalizáciu, obohatenie a odoslanie nových typov udalostí do mestskej IoT platformy, a nasadenie reportovacieho dashboardu vrátane priestorovej heatmapy pohybu.

4. **P2 – vlastný model:** dotrénovanie detekčného modelu na obrazových dátach zo žilinských kamier, jeho optimalizácia pre inferenciu na platforme Jetson AGX a kvantitatívne vyhodnotenie na kontrolnej vzorke.
5. **P3 – výskumný presah:** experimentálne overenie detekcie jazdy v protismere a nezastavenia na značke STOP vrátane homografickej kalibrácie obrazu.



Obrázok 6 Referenčný vizuál očakávaného reportovacieho rozhrania na agregáciu a vizualizáciu telemetrických dát z križovatky.

Metodológia projektu:

1. **Analýza a príprava dát:** oboznámenie sa s izolovaným testovacím prostredím a s jednosmerným sprístupnením videotokov RTSP z križovatkových kamier v režime read-only prostredníctvom komponentu Go2RTC; analýza existujúcej konfigurácie DeepStream a štruktúry udalostí v Redis Stream [1], [3].
2. **Zostavenie a anotovanie dátovej sady:** výber reprezentatívnych časových úsekov, anotovanie vzorky pre cieľové javy a rozdelenie na tréningovú, validačnú a testovaciu množinu.
3. **Vývoj a tréning modelov:** nasadenie metód počítačového videnia a hlbokých neurónových sietí, prenosové učenie, optimalizácia modelu (ONNX → TensorRT) a jeho nasadenie do pipeline DeepStream [2], [6], [7].

4. **Spracovanie dátových tokov:** implementácia integračnej logiky v prostredí Total.js Flow – normalizácia, agregácia v definovanom meracom okne a odoslanie výsledkov rozhraním REST do mestskej IoT platformy [4], [5].
5. **Návrh používateľského rozhrania (UI/UX):** vývoj a nasadenie interaktívneho dashboardu nad dátovými pohľadmi a reportmi IoT platformy.
6. **Validácia a vyhodnotenie:** porovnanie automaticky získaných ukazovateľov s manuálnym sčítaním na kontrolnej vzorke, vyhodnotenie štandardnými metrikami detekcie a sledovania (napr. mAP, MOTA, IDF1) a posúdenie latencie celého reťazca.

Požadované kvality/znalosti študenta:

- Znalosť programovania v jazyku Python; základná znalosť jazyka JavaScript.
- Základný prehľad v oblasti spracovania obrazu, počítačového videnia a hlbokých neurónových sietí.
- Základná znalosť operačného systému Linux, kontajnerových technológií (Docker) a systému na správu verzií (Git).
- Schopnosť pracovať s technickou dokumentáciou v anglickom jazyku.
- Zručnosti v oblasti návrhu UI/UX a tvorby prehľadných dátových vizualizácií.
- **Výhodou:** skúsenosť s platformou NVIDIA Jetson, so sadou DeepStream SDK alebo s platformou Total.js. Znalosť týchto technológií sa nevyžaduje vopred; predpokladá sa ochota osvojiť si ich v priebehu stáže.

Financovanie:

-uvedte názov, číslo, trvanie projektu a podpornú schému, v rámci ktorej bude výskumná stáž realizovaná-. Fakultné projekty štrukturálnych fondov sa neuvádzajú

Referencie:

- [1] NVIDIA CORPORATION. NVIDIA DeepStream SDK Developer Guide, Release 7.1. Santa Clara: NVIDIA, 2024. Dostupné na: <https://docs.nvidia.com/metropolis/deepstream/dev-guide/> [cit. 2026-09-15].
- [2] NVIDIA CORPORATION. NVIDIA JetPack SDK 6.2 – Documentation. Santa Clara: NVIDIA, 2025. Dostupné na: <https://developer.nvidia.com/embedded/jetpack> [cit. 2026-09-15].
- [3] REDIS LTD. Redis Streams. In: Redis Documentation. 2025. Dostupné na: <https://redis.io/docs/latest/develop/data-types/streams/> [cit. 2026-09-15].
- [4] TOTAL.JS PLATFORM. Total.js Flow – Documentation. 2025. Dostupné na: <https://docs.totaljs.com/flow/> [cit. 2026-09-15].
- [5] TOTAL.JS PLATFORM. Total.js Flow – zdrojový kód a komponenty. GitHub, 2025. Dostupné na: <https://github.com/totaljs/flow> [cit. 2026-09-15].
- [6] JOCHER, G., CHAURASIA, A., QIU, J. Ultralytics YOLO – Documentation. 2023 – 2025. Dostupné na: <https://docs.ultralytics.com/> [cit. 2026-09-15].
- [7] ZHANG, Y., SUN, P., JIANG, Y. et al. ByteTrack: Multi-object Tracking by Associating Every Detection Box. In: AVIDAN, S. et al. (ed.) Computer Vision – ECCV 2022. Lecture Notes in Computer Science, vol. 13682. Cham: Springer, 2022, s. 1 – 21. DOI: 10.1007/978-3-031-20047-2_1.
- [8] SMART DATA MODELS INITIATIVE. Smart Data Models – doména Transportation (model TrafficFlowObserved). FIWARE Foundation, TM Forum, IUDX, OASC. Dostupné na: <https://github.com/smart-data-models/dataModel.Transportation> [cit. 2026-09-15].
- [9] EUROPEAN DATA PROTECTION BOARD. Guidelines 3/2019 on processing of personal data through video devices, Version 2.0. Brusel: EDPB, 2020.
- [10] Nariadenie Európskeho parlamentu a Rady (EÚ) 2016/679 z 27. apríla 2016 o ochrane fyzických osôb pri spracúvaní osobných údajov a o voľnom pohybe takýchto údajov (všeobecné nariadenie o ochrane údajov).
- [11] Zákon č. 18/2018 Z. z. o ochrane osobných údajov a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov.
- [12] BERNAS, M., PŁACZEK, B., KORSKI, W. et al. A Survey and Comparison of Low-Cost Sensing Technologies for Road Traffic Monitoring. Sensors, 2018, roč. 18, č. 10, článok 3243. DOI: 10.3390/s18103243.

2.17 FEIT International Web: Modernizácia webovej prezentácie vedy, výskumu a medzinárodných vzťahov

Pracovisko: FEIT

Výskumná oblasť: Rozvoj infraštruktúry, marketing a diseminácia

Špecifická oblasť výskumu: Web design

Vedúci projektu: Mgr. Silvia Pirníková, Juraj Remenec

Kontaktné údaje:	Telefón	E-mail	Web-stránka
	+421 41 513 2065	silvia.pirnikova@uniza.sk, juraj.remenec@uniza.sk	https://feit.uniza.sk/

FEIT International Web: Modernizácia webovej prezentácie vedy, výskumu a medzinárodných vzťahov

Opis projektu:

Ako má vyzerať webová prezentácia modernej technickej fakulty, aby návštevník v priebehu niekoľkých minút pochopil, **čomu sa fakulta venuje, aké výskumné príležitosti ponúka, s kým spolupracuje a ako sa môže zapojiť?**

Webová stránka fakulty dnes nepredstavuje iba miesto na zverejňovanie oznamov a dokumentov. Je jedným z hlavných komunikačných kanálov smerom k študentom, zamestnancom, uchádzačom o doktorandské štúdium, zahraničným výskumníkom, partnerským univerzitám, priemyselným partnerom a grantovým agentúram. Kvalita, aktuálnosť a dostupnosť informácií preto priamo ovplyvňuje obraz fakulty navonok a jej schopnosť rozvíjať vedeckú spoluprácu a internacionalizáciu.

Cieľom stáže je **zapojiť študenta do modernizácie webovej prezentácie FEIT UNIZA v oblasti vedy, výskumu a medzinárodných vzťahov**. Študent bude spolupracovať s Oddelením pre vedu, výskum a medzinárodné vzťahy pri analýze existujúceho obsahu, návrhu novej informačnej štruktúry, harmonizácii dokumentov a príprave slovenských a anglických informačných materiálov.

Osobitná pozornosť bude venovaná **internationalizácii webového obsahu**. Zahraničný návštevník by mal byť schopný bez znalosti vnútorného fungovania UNIZA jednoducho nájsť základné informácie o výskumnom profile fakulty, pracoviskách a laboratóriách, doktorandskom štúdiu, možnostiach vedeckej spolupráce, mobilitách, projektových aktivitách a kontaktných osobách.

Druhou časťou projektu bude **harmonizácia dokumentov a informačných materiálov**. Študent zmapuje dokumenty dostupné na webovej stránke, ich jazykové verzie, aktuálnosť, vizuálnu konzistentnosť a spôsob publikovania. Následne sa vytvorí návrh jednotného systému dokumentov a šablón pre oblasti vedy, výskumu, projektov a medzinárodných vzťahov.

Čo bude študent reálne robiť. Stáž nebude spočívať iba v administratívnom prepisovaní existujúceho webu. Študent dostane konkrétny priestor analyzovať súčasný stav, porovnávať riešenia, navrhovať zmeny a podieľať sa na ich praktickej implementácii. Bude pracovať s reálnym obsahom fakulty a komunikovať s ľuďmi zodpovednými za jednotlivé oblasti.

Projekt môže zahŕňať aj **benchmarking webových prezentácií vybraných zahraničných technických univerzít a fakúlt**. Cieľom nebude ich kopírovanie, ale identifikácia dobrej praxe v prezentácii výskumu, doktorandského štúdia, medzinárodnej spolupráce a služieb pre zahraničných návštevníkov.

Výsledkom stáže nebude iba analýza alebo záverečná správa, ale **konkrétny súbor návrhov a implementovaných zlepšení**, ktoré zostanú súčasťou komunikačnej infraštruktúry FEIT UNIZA.

Ciele projektu:

Hlavným cieľom stáže je zapojiť študenta do **modernizácie digitálnej prezentácie FEIT UNIZA v oblasti vedy, výskumu a medzinárodných vzťahov** a vytvoriť prehľadnejšie, aktuálnejšie a medzinárodne zrozumiteľné informačné prostredie.

Čiastkové ciele projektu:

- analyzovať súčasnú štruktúru webového obsahu pre vedu, výskum a medzinárodné vzťahy;
- identifikovať neaktuálny, duplicitný, chýbajúci alebo používateľsky nevhodne organizovaný obsah;
- navrhnuť logickú a používateľsky orientovanú informačnú architektúru jednotlivých sekcií;

zlepšiť prezentáciu výskumných oblastí, projektov, laboratórií, doktorandského štúdia a možností spolupráce;
posilniť **anglickú jazykovú verziu webu** a dostupnosť informácií pre zahraničných študentov, výskumníkov a partnerov;
zmapovať a harmonizovať dokumenty publikované v oblasti vedy, výskumu a medzinárodných vzťahov;
pripraviť návrhy jednotných dokumentových a in formačných šablón;
vytvoriť odporúčania pre dlhodobú správu, aktualizáciu a jazykovú konzistentnosť obsahu;
prakticky implementovať vybrané zmeny v spolupráci s fakultou.

Metodológia projektu:

Stáž bude realizovaná ako praktický rozvojový projekt s jasným pracovným postupom a konkrétnymi výstupmi.

1. Analýza súčasného stavu – WEB & CONTENT AUDIT Študent zmapuje existujúce sekcie webovej stránky súvisiace s vedou, výskumom, projektmi a medzinárodnými vzťahmi. Identifikuje obsah, jeho umiestnenie, aktuálnosť, jazykové mutácie, duplicity a chýbajúce informácie.

2. Benchmarking – LEARN FROM BEST PRACTICE Vyberie sa niekoľko relevantných zahraničných technických univerzít alebo fakúlt a porovná sa spôsob, akým prezentujú výskum, PhD. štúdium, laboratóriá, projekty, medzinárodnú spoluprácu a kontaktné informácie.

3. Informačná architektúra – DESIGN Na základe auditu a benchmarkingu študent navrhne novú alebo upravenú štruktúru informácií. Dôraz bude kladený na jednoduchú navigáciu a rozdielne potreby domácich a zahraničných návštevníkov.

4. Internacionalizácia – INTERNATIONAL FEIT Bude identifikovaný obsah, ktorý musí byť prioritne dostupný v angličtine. Študent sa bude podieľať na príprave a harmonizácii anglických verzií kľúčových informačných stránok a dokumentov.

5. Harmonizácia dokumentov – ONE FEIT Existujúce dokumenty budú kategorizované podľa účelu, cieľovej skupiny, jazyka a aktuálnosti. Následne vznikne návrh jednotného systému ich označovania, publikovania a aktualizácie vrátane vybraných šablón.

6. Implementácia – MAKE IT REAL Vybrané návrhy budú v spolupráci s fakultou postupne implementované. Študent tak bude môcť sledovať celý proces od identifikácie problému cez návrh riešenia až po jeho praktické nasadenie.

7. Dokumentácia a odovzdanie – KEEP IT SUSTAINABLE Na záver vznikne stručný manuál obsahujúci odporúčania pre správu obsahu, pravidiel aktualizácie, jazykové verzie a harmonizáciu dokumentov tak, aby výsledky stáže zostali využiteľné aj po jej skončení.

Výsledkom projektu bude prakticky využiteľný výstup pre FEIT UNIZA, pozostávajúci z:

- auditu existujúceho webového obsahu,
- návrhu optimalizovanej informačnej architektúry,
- návrhu modernizácie sekcií vedy, výskumu a medzinárodných vzťahov,
- návrhu anglickej informačnej štruktúry pre potreby internacionalizácie,
- harmonizovaného systému dokumentov a základných šablón,
- implementácie vybraných zmien na webovej stránke,
- stručného manuálu pre ďalšiu správu a aktualizáciu obsahu,
- záverečného Elevator Pitch, v ktorom študent predstaví pôvodný stav, realizované zmeny a výsledný prínos pre fakultu.

Čo si zo stáže odnesieš

Projekt je vhodný pre študenta, ktorého zaujíma web, digitálna komunikácia, UX/UI, marketing, obsahový manažment, grafika alebo medzinárodné prostredie univerzity.

Študent nebude pracovať na modelovej školskej úlohe. Bude spolupracovať priamo s fakultou na riešení, ktoré má reálnych používateľov a reálny dopad.

Počas stáže si osvojí základy obsahového auditu, informačnej architektúry a UX, naučí sa pracovať s webovým obsahom a dokumentmi, získavať požiadavky od rôznych používateľov a premieňať ich na konkrétne riešenia. Získa tiež skúsenosť s profesionálnou komunikáciou, tímovou spoluprácou a fungovaním univerzity v oblasti vedy a medzinárodných vzťahov.

Výsledky projektu bude možné uviesť aj ako konkrétny výstup v osobnom portfóliu študenta.

Požadované kvality/znalosti študenta:

- záujem o webové technológie, digitálnu komunikáciu, marketing alebo UX/UI
- schopnosť systematicky pracovať s informáciami a textovým obsahom
- základná znalosť anglického jazyka, ideálne minimálne na úrovni B2

- cit pre prehľadnú vizuálnu a informačnú prezentáciu
- samostatnosť, spoľahlivosť a ochota komunikovať s pracovníkmi fakulty
- základná znalosť CMS, HTML/CSS, grafických nástrojov alebo webovej analytiky je **výhodou, nie podmienkou**
- skúsenosti s tvorbou webových stránok nie sú nevyhnutné – konkrétny rozsah technickej práce sa prispôsobí schopnostiam vybraného študenta

Financovanie:

Projekt bude realizovaný v rámci programu FEIT INTERNSHIP 2026/2027 v spolupráci s vedením FEIT UNIZA a Oddelením pre vedu, výskum a medzinárodné vzťahy.

Fakulta poskytne študentovi prístup k potrebným informačným podkladom, existujúcim webovým a dokumentovým materiálom a odborné konzultácie potrebné na realizáciu projektu.

Hlavnou hodnotou projektu je jeho priama implementácia do komunikačnej a informačnej infraštruktúry FEIT UNIZA a možnosť študenta podieľať sa na konkrétnej zmene fungovania a prezentácie fakulty.

Referencie:

žiadne