



## Téma dizertačnej práce (DzP)

**Akademický rok**      **2026/2027**

Názov	Digitálne dvojča mestských systémov s implementáciou metód umelej inteligencie pre včasnú detekciu kybernetických útokov.		
Inštitúcia	Fakulta elektrotechniky a informačných technológií Žilinská univerzita v Žiline		
Miesto	Žilina, Slovensko		
PhD. program	Riadenie procesov		
Školiteľ	prof. Ing. Rastislav Pirník, PhD., Katedra riadiacich a informačných systémov		
Školiteľ špecialista	Ing. Pavol Kuchár, PhD.,		
Forma štúdia	Denná		
Dĺžka štúdia	3 roky		
Jazyk štúdia	Slovenský		
Dátum nástupu	1.9.2026		
Výskumná oblasť	Kybernetika		
Kontakt zadávateľa	Tel. číslo:	E-mail:	Web stránka:
	+421 41 513 3351	rastislav.pirnik@uniza.sk	link

### Anotácia témy DzP

Dizertačná práca sa zameriava na návrh a implementáciu bezpečnostne orientovaného digitálneho dvojčaťa (Digital Twin) vybraných subsystémov inteligentného mesta s využitím metód umelej inteligencie na detekciu a predikciu kybernetických hrozieb. Výskum bude orientovaný na modelovanie a simuláciu kyber-fyzikálnych systémov v oblastiach dopravy, mestskej energetiky a odpadového hospodárstva.

Cieľom práce je vytvoriť formálny model digitálneho dvojčaťa ako dynamického systému so spätnou väzbou medzi fyzickou a kybernetickou vrstvou, navrhnúť metriky kybernetickej odolnosti a implementovať algoritmy strojového učenia umožňujúce včasnú detekciu anomálií a útokov. Digitálne dvojča bude súčasne slúžiť ako experimentálne a tréningové prostredie (cyber range) na simuláciu incidentov a validáciu obranných mechanizmov.

Výstupom práce bude matematicky podložený model digitálneho dvojčaťa mestských subsystémov, implementovaný experimentálny framework a validačné výsledky preukazujúce zvýšenie schopnosti včasnej detekcie kybernetických hrozieb.

### Rozšírené informácie, výskumné zodpovednosti a úlohy doktoranda

Doktorand bude riešiť interdisciplinárny výskumný problém na rozhraní kybernetickej bezpečnosti, modelovania dynamických systémov a umelej inteligencie.

#### Hlavné výskumné úlohy:

Analýza súčasného stavu poznania

- štúdium modelovania kyber-fyzikálnych systémov (CPS),
- analýza architektúr digitálnych dvojčiat,
- prehľad AI/ML metód aplikovaných v kybernetickej bezpečnosti,
- analýza bezpečnostných rámcov (napr. NIST Cybersecurity Framework).

Návrh matematického modelu digitálneho dvojčaťa

formálna reprezentácia mestského subsystému ako:

- stavového priestoru,
- grafového modelu infraštruktúry,
- hybridného dynamického systému,

modelovanie interakcie medzi:

- fyzickou vrstvou (senzory, akčné členy),
- komunikačnou vrstvou,
- riadiacou vrstvou,

definovanie metrik:

- kybernetickej odolnosti,
- stability systému pri útoku,
- času detekcie a obnovy.

Implementácia experimentálneho frameworku

- návrh simulačného prostredia digitálneho dvojčata,
- integrácia dátových tokov (syntetické a reálne dáta),
- implementácia útokových scenárov,
- meranie výkonnostných parametrov algoritmov.

Digitálne dvojča bude navrhnuté aj ako výskumný kybernetický polygón pre:

- testovanie bezpečnostných mechanizmov,
- tréning študentov,
- validáciu bezpečnostných stratégií.

Experimentálna validácia a vyhodnotenie

- porovnanie klasických detekčných prístupov s AI metódami,
- vyhodnotenie robustnosti modelov pri zmene podmienok,
- štatistická analýza výsledkov,
- návrh optimalizačného modelu bezpečnostnej architektúry.

Publikačná a vedecká činnosť:

- publikovanie výsledkov vo vedeckých časopisoch a na medzinárodných konferenciách,
- aktívna účasť na grantových projektoch a výskumných aktivitách pracoviska.

Doktorand bude zodpovedný za samostatné riešenie vedeckých úloh, návrh metodických postupov, realizáciu experimentov, analýzu výsledkov a formulovanie vedeckých záverov.

## Profil uchádzača

Odborné znalosti:

- matematické modelovanie dynamických systémov,
- základy teórie riadenia alebo teórie grafov,
- kybernetická bezpečnosť sieťových systémov,
- základy umelej inteligencie a strojového učenia.

Technické zručnosti:

- pokročilá znalosť sieťových technológií,
- skúsenosti s virtualizáciou alebo laboratórnym testovaním,
- programovanie (napr. Python, MATLAB, alebo iný analytický nástroj),
- schopnosť pracovať s dátovou analýzou a štatistickými metódami.

Vedecké predpoklady:

- schopnosť samostatnej vedeckej práce,
- analytické a kritické myslenie,
- schopnosť formulovať výskumné otázky a hypotézy,
- dobrá znalosť anglického jazyka (písomná aj ústna forma),
- predpoklad publikovania vo vedeckých časopisoch.

Výhodou je:

- skúsenosť s modelovaním CPS alebo digitálnych dvojčiat,
- znalosť smart grid alebo inteligentných dopravných systémov,
- skúsenosť s experimentálnym výskumom alebo projektovou činnosťou.

Požadované vstupy vo forme HW a SW boli zabezpečené z projektu MATCHING (prvá fáza). Predpokladané náklady na disemináciu výsledkov plánujeme pokryť aktívnym zapojením do rôznych projektov, či už na úrovni fakulty, univerzity, alebo neskôr podaných projektov VEGA, KEGA, APVV, respektíve HORIZON Europe.