

Raziskovalni program Informacijski sistemi (P2-0057)

Program dela raziskovalnega programa za obdobje od 1. 1. 2024 do 31. 12. 2027

Besednjak

AI – Umetna inteligenca (Artificial intelligence)	DPKI – Distribuirana infrastruktura javnih ključev (Distributed public key infrastructure)	PKI – Infrastruktura javnih ključev (Public key infrastructure)
API – Programski vmesnik (Application programming interface)	HCI – Interakcija človek-računalnik (Human-computer interaction)	RP – Raziskovalni program
BPM – Upravljanje poslovnih procesov (Business process management)	IKT – Informacijsko-komunikacijska tehnologija	SME – Majhna in srednja podjetja (Small and medium enterprises)
CJM – modeliranja potovanja strank (Customer journey mapping)	IS – Informacijski sistem	SSI – Samozadostna identiteta (Self-sovereign identity)
CMMN – Modeliranje in upravljanje primerkov (Case management model and notation)	IT – Informacijske tehnologije	SQA – Zagotavljanje kakovosti IS (Software quality assurance)
DMN – Modeliranje in zapis odločitev (Decision model and notation)	XAI – Razložljiva umetna inteligenca (Explainable artificial intelligence)	UI – Uporabniški vmesnik (User interface)
	ML – Strojno učenje (Machine learning)	UX – Uporabniška izkušnja (User experience)

1. Vizija in izhodišče raziskovalnega programa

S popularizacijo inteligentnih rešitev bodo računalniki neizogibno začeli opravljati številne naloge, ki so bile do sedaj rezervirane izključno za ljudi (Enholm et al., 2022). Hiter tempo razvoja IS v smislu novih pristopov in storitev, ki v zadnjem desetletju niso bili predvideni, poraja nove zahteve na področju iz vidika družbenih in poslovnih sistemov, organizacij in njihovih uporabnikov. Raziskave in razvoj na tem področju postajajo vse bolj neodvisni od tehnološkega in/ali organizacijskih dejavnikov in namesto tega postajajo središče ne le storitev, ki temeljijo na IKT, ampak tudi, pomembneje, digitalizacija, kot jo razumemo v najširšem možnem smislu.

V zadnjem desetletju so bile naše raziskave usmerjene predvsem v trajnostni razvoj dobro zasnovanih IS z visoko ali vsaj obvladljivo notranjo in zunanjo kakovostjo. Naši pretekli prispevki pri obvladovanju kompleksnosti in zagotavljanju kakovosti so se izkazali za pravilne in vizionarske. Ukvarjali so se z izzivi, povezanimi z uspešnim razvojem, uvajanjem, upravljanjem, delovanjem in sprejemanjem IT rešitev in inovativnih storitev, ki temeljijo na IKT. Pospeden razvoj pa je razkril ne le izjemen napredek, temveč tudi pojav novih izzivov na področjih, ki so kritična za trajnostni razvoj IS z zahtevami po vgrajeni kakovosti, varnosti in varni uporabi, ob hkratnem zasledovanju stroškovno učinkovitih IT rešitev. Nekateri dejavniki za hitro rast rešitev in storitev IKT so se izkazali kot visoka stopnja avtomatizacije (Azad et al., 2023) v glavnih vidikih načrtovanja in razvoja IS ter velik obseg podatkov (Sestino et al., 2020), ki bi jih lahko in jih tudi hranimo, visoke zmogljivosti obdelave, ter njihova uporaba v smislu povratnih informacijah, s ciljem sistematične izboljšave več vidikov razvoja in uvajanja IS.

V predstavljenem kontekstu so IS bolj kot kdaj koli prej postavljeni v povezovalno vlogo med IKT in zahtevami poslovnih procesov (Plekhanov et al., 2022). Zato je IS ključna komponenta, ki omogoča nove poslovne modele z vgrajenimi možnostmi za visoko avtomatizirano sprejemanje informiranih odločitev in posledično omogočanje uporabnikom, podjetjem in širši javnosti, da izboljšajo svoje poklicno in vsakdanje življenje. Zato je vloga naše raziskovalne skupine pomembna s smislu prispevkov v **dveh smereh**. Prva se osredotoča na omogočanje podatkovno usmerjenih pristopov k vsem vidikom razvoja in uvajanja IS. Kot bomo pokazali v besedilu, naši raziskovalni sklopi obsegajo celoten cevovod dostave, kjer informirane odločitve povezujejo tehnične vidike IS z razvojem in pravilno uporabo varno zgrajenih inteligentnih rešitev z dobro izbranimi in izvedenimi organizacijskimi pristopi razvoja IS in nenazadnje zagotavljanjem rešitev in storitev, ki ustrezajo najvišjim standardom uporabniške izkušnje z zahtevami informiranih odločitev pri digitalizaciji in upravljanju poslovnih procesov. **Prva smer (podatkovno podprto odločanje)** je neločljiva z **drugo smerjo**, ki bo v prihodnjih letih ključna v industriji: **avtomatizirana dostava s povratnimi podatkovnimi zankami** kot način nenehnega izboljševanja. Dostava IS končno postaja bolj poslovno usmerjena, kar je cilj, ki ga poskušamo doseči že dolga leta. Posledično bodo vpogledi v podatke postali vgrajena komponenta v avtomatiziranih povratnih zankah od poslovanja, upravljanja procesov do tehničnih vidikov zagotavljanja IS.

Oblikovanje takšnih pristopov in avtomatizacije se je že začelo v sklopu industrijsko preizkušenih praks, pristopov in podpornih orodij (Gartner, 2021): **DevOps** in **GitOps** (združuje razvojne in operativne ekipe), **NoOps** (minimiziranje potrebe in intervencije operativnih skupin), **(Dev)SecOps** (zagotavljanje avtomatizirane in vgrajene varnosti in zaščite), **DataOps** (prakse in orodja pri upravljanju in uvajanju podatkovnih cevovodov in analitičnih delovnih tokov), **AIOps** in **MLOps** (avtomatizirani pristopi pri gradnji ML modelov iz posodobljenih podatkov, odkrivanje anomalij itd.), **BizDevOps** (vključevanje dejavnosti poslovnega razvoja v procese **DevOps**) in končno – **XOps**, katerega cilj je integracija praks, ki temeljijo na filozofiji *Ops, da bi optimizirali življenjski cikel razvoja programske opreme z integracijo dodatnih praks in vidikov, kot je domena razvoja.

Združeni prispevki obeh smeri (**nenehne izboljšave na podlagi podatkovnih povratnih zank, informiranih odločitev in avtomatizirane dostave IS**), ki tvorijo dolgoročno vizijo naše raziskovalne skupine, sta usklajeni z našo srednjeročno vizijo. To je v razvoju, prilagajanju in uveljavljanju celostnega pristopa k trajnostnemu razvoju inteligentnih IS, s poudarkom na obvladovanju kompleksnosti in upravljanju kakovosti. Žal ugotavljamo, da osredotočenost industrije na rešitve, ki temeljijo na AI, zanemari temeljna vprašanja: nekritično uvajanje novih in (morda) nezrelih tehnologij, rešitev in orodij lahko dodatno negativno vpliva na kompleksnost in dolgoročno vzdržnost rešitev. V tem kontekstu želimo poudariti, da so vprašanja in izzivi preteklosti še vedno (ali celo bolj) pomembni tudi v današnji industriji. Med njimi je pri razvoju novih inteligentnih IS verjetno najpomembnejša kompleksnost programske opreme. To, kar uporabniki razumejo kot enostavnejšo interakcijo z računalniškim sistemom, zahteva nova razvojna znanja, kar posledično povzroča tudi potrebo po novih pristopih in dodatnih kompleksnostih. Le skrbno uravnotežene metodologije, pristopi, paradigme, orodja in algoritmi lahko zagotovijo trajnostni razvoj kakovostnih IS. Iz tega razloga mora vsaka raziskava celostno obravnavati obvladovanje kompleksnosti in zagotavljanje kakovosti pri načrtovanju, razvoju, izvajanju, uvajanju in upravljanju IS. V sodobnih IS razumemo uporabo tehnik AI kot enega izmed temeljnih načel, kljub temu, da se zavedamo in obravnavamo morebitne nevarnosti, ki jih prinaša (Gov.si, 2023; EC-AIWatch, 2023). Če povzamemo, je glavna vizija raziskovalnega programa podpora **nenehnemu izboljševanju trajnostnega razvoja inteligentnih IS**, ki temelji na **avtomatiziranih cevovodih dostave in podatkovnih povratnih zankah**, s hkratno **obravnavo kompleksnosti in kakovosti IS**.

V besedilu bomo predstavili, kako bodo naše raziskovalne usmeritve sledile viziji RP »Informacijski sistemi. **Glavni vidiki** našega raziskovanja so razčlenjeni na niz koherentno povezanih **raziskovalnih področij** in **ciljev**. Predstavljene raziskovalne metode in časovni načrti dosledno, relevantno in dosegljivo začrtajo naše nadaljnje raziskave.

2. Vsebina in obseg raziskovalnega programa

Raziskave bodo osredotočene na več medsebojno povezanih raziskovalnih sklopov, ki obravnavajo vizijo RP. Obsegajo raziskave in razvoj na celotnem spektru od tehničnih ukrepov raziskovalnega področja, do raziskav, povezanih z uporabniško izkušnjo in poslovnimi procesi. Z napredovanjem raziskovalnih sklopov »*Arhitekture IS*« in »*Inteligentni sistemi*« bomo dodatno podpirali raziskovalna sklopa »*Sodobni pristopi k razvoju IS*« in »*Kibernetska varnost in zasebnost*«, kar bo posledično vplivalo na sklopa »*Kakovost uporabniške izkušnje*« in »*Upravljanje procesov*«. Z obvladovanjem kompleksnosti in omogočanjem podatkovnih povratnih zank bomo omogočali informirane odločitve, ki bodo omogočene na vseh ravneh razvoja in uvajanja IS. Povzetek raziskav v posameznih medsebojno povezanih raziskovalnih področjih je naslednji: (1) V okviru **arhitektur IS** bodo raziskave usmerjene v sodobne arhitekture informacijskih rešitev in z njimi povezane vzorce, vključno z decentraliziranimi, na oblaku temelječimi, velepodatkovnimi, mikrostoritvenimi in brezstrežniškimi arhitekturami; podatkovne prostore, podatkovna jezera in kolišča, sodobne tehnike upravljanja podatkov na podlagi dogodkov; sodobne pristope za upravljanje podatkov in identitet v verigah blokov in zunaj njih; (2) Raziskovalni sklop **Inteligentni sistemi** bo poleg dobro znanih vprašanj vedno večjega obsega, kompleksnosti in večmodalnosti podatkov (upoštevajoč DataOps) obravnaval predvsem nastajajoče izzive nepreglednih napovednih modelov, nepoštenih odločitev AI, potrebo po prilagojenih rešitvah strojnega učenja, visoke zahteve glede računalniške moči za treniranje modelov strojnega učenja (upoštevajoč AIOps) in neučinkovito uvedbo modelov AI (v skladu z MLOps); (3) V sklopu **naprednih**

pristopov k razvoju IS bo poleg organizacijskih vidikov trajnostnega razvoja IS poseben poudarek raziskav na praksah DevSecOps, vključno z avtomatizacijo cevodov dostave ob zagotavljanju nenehnega testiranja, zagotavljanje kakovosti z avtomatiziranimi dinamičnimi ciljnimi nivoji kakovosti, uveljavljanju praks varne kode in ocene kakovosti na podlagi meritev za doseganje zavarovanih in varnih IS. V tem sklopu bo delno obravnavan tudi razvoj za in s pomočjo inteligentnih komponent v oblaku; (4) Raziskave, povezane s **kibernetsko varnostjo in zasebnostjo**, bodo v veliki meri skladne s SecOps in se bodo osredotočale na znanja in veščine s področja kibernetske varnosti, ki bi jih bilo treba tudi poučevati, vrednotenje pristopov za izboljšanje zasebnosti in varnosti uporabnikov ter napredovanje obsega sodobnih metod overjanja (centraliziranih in decentraliziranih) in proaktivne in inteligentne kibernetske obrambe; (5) **Kakovost uporabniške izkušnje** je raziskovalni sklop, ki se bo osredotočal na nove modele in metode za raziskovanje kakovosti UX, z uporabo sodobnih naprednih inteligentnih orodij in pristopov v novih situacijah, vključno z uporabniki z različnimi posebnimi potrebami, vključujočim UX, UX v razločljivih rešitvah AI, in napredne vzorce za UX v več vrstah uporabniških vmesnikov; in končno (6) **Upravljanje procesov** je sklop, kjer bodo raziskovalni cilji obravnavali dinamičen pogled na sodobne informacijske rešitve, ki jih poganjajo pristopi naprednega modeliranja procesov, kot je »Modeliranje potovanja strank (CJM)«, odkrivanje in modeliranje nestrukturiranih procesov ter napredovanje procesnega rudarjenja v organizacijah.

	Izzivi	Vir kompleksnosti	Skrb glede kakovosti	Rezultati bodo omogočili	Vpliv RP
Neprestano izboljševanje					
Arhitekture IS	nove platforme, raznolikost podatkov, decentralizirane / brezstreežne rešitve, standardizacija, realnočasovna obdelava	porazdeljena okolja, decentralizacija, integracija / upravljanje IS, kombiniranje arhitektur, upravljanje glavnih podatkov	razširljivost, interoperabilnost, nesinhronizirani sistemi, kakovost podatkov, integracijska ozka grla	demokratizacija AI, izboljšani arhitekturni vzorci, realnočasovna obdelava, decentralizirane funkcionalnosti / upravljanje, razširljivi cevovodi dostave	decentralizirana AI, arhitekture več-agentnih sistemov, inteligentna validacija kakovosti, inteligentno procesiranje podatkov, zaznavanje anomalij
Inteligentni sistemi	nepregledni modeli, nepošteno odločitve, dolgoročne napovedi, prilagoditve ML, zanesljiva namestitve, računska zahtevnost	kopleksni podatki, pristranski podatki, spremembe trendov, netransparentni modeli AI, arhitekture AI, personalizirane napovedi	napovedna uspešnost, kakovost modelov, razločljivost, poštenost odločitev, učinkovitost učenja, avtomatizacija	izbira modelov/metod, pregledni proxy modeli, razločljivi pristopi, obdelava pristranskih podatkov, optimizacija gradnje modelov AI	personalizirane rešitve, zanesljivi modeli AI, samoprilagodljive storitve, optimizirani modeli, zaupanja vredni modeli, trajnostne rešitve AI
Sodobni pristopi k razvoju IS	razvoj inteligentnih IS, samodejna neprestana QA, stroškovno učinkovite rešitve, cevovodi samodejne dostave	Dev*Ops pristopi, akumuliran tehnični dolg, orodja in storitve v oblaku, porazdeljene ekipe	notranja kakovost procesov ali izdelkov, verifikacija AI komponent na osnovi črne škatle, kakovost cevovodov neprekinjene dostave	verificiran razvoj na osnovi AI, inteligentno upravljanje cevovodov dostave, neprestan SQA, dinamični ciljni nivoji kakovosti, novi pristopi k testiranju	optimizirani cevovodi s samodejno SQA, predikcija kakovosti, inforirane razvojne odločitve, inteligentna prioritizacija zahtev
Kibernetska varnost in zasebnost	decentralizirana avtentikacija, nadomestitev gesel, privzeta zasebnost, človeški dejavnik, uravnoteženo izobraževanje, inteligentna kibernetska obramba	zaupanja vredna varnost, decentralizirani sistemi, človeška narava, širina znanja, pridobivanje in kompleksnost podatkov	ena točka odpovedi / šibka avtentikacija, sprejetost s strani uporabnikov, kakovost znanja, šibki mehanizmi kibernetske obrambe	napredni mehanizmi avtentikacije, izboljšano izobraževanje o kibernetski varnosti, ML podprta kibernetska obramba, zmanjšanje varnostne utrujenosti	inteligentna avtentikacija, inteligentna kibernetska obramba, prilagodljiva varnost, prilagojene privzete nastavitve
Kakovost uporabniške izkušnje	HCI v IS, razumevanje potreb uporabnikov, dostopna HCI na osnovi AI sprejetost IS	dostopni/univerzalni novi stili HCI za vse uporabnike, dojetanje kakovosti UX, naravna interakcija na osnovi AI	kakovost HCI v sodobnih IS, uporabniški vmesniki na osnovi AI, dostopnost sodobnih uporabniških vmesnikov, sprejetost sodobnih IS	nove metode in modeli raziskovanja UX, ocenjevanje dostopnosti / sprejetosti / vključenosti, učinkovito vključevanje vseh uporabnikov	inteligentna UX, personalizirana UX, optimizirani modeli UX v uporabniških vmesnikih na osnovi AI
Upravljanje procesov	celovito upravljanje procesov, nizka uporaba tehnologij (CMMN), nekonsolidirano modeliranje (CJM), človeški faktor	arhitekture procesov, nestrukturirani procesi, neprestano upravljanje sprememb procesov, kognitivna kompleksnost	sintaktična/semantična kakovost procesov, pragmatična kakovost procesnih modelov, učinkovitost / skladnost procesov	konsolidiran CJM, modeliranje nestrukturiranih procesov, aplicirano rudarjenje procesov, optimizacija procesov na osnovi AI	optimizirani procesi, obogatani BPM, digitalni dvojniki procesov, hiperavtomatizacija, "journey mapping", konvergenca procesnih modelov

Slika 1: Sklopi raziskovalnega programa

Predstavljenih šest soodvisnih raziskovalnih sklopov sestavlja povezano celoto pri učinkovitem in trajnostnem zagotavljanju dobro zasnovanih in implementiranih varnih inteligentnih IS, osredotočenih na uporabnika in podjetja. Poleg inteligentnega (tj. podatkovno vodenega) in domensko prilagojenega IS bomo v raziskovalni skupini celostno naslavljali tudi enega od glavnih ciljev IS: podporo odločanju. Naše raziskave bodo prispevale tudi k natančnim in časovno utemeljenim informacijam razvojnim ekipam z namenom sprejemanja pravih odločitev. To bomo dosegli z na dokazih temelječimi podatki, vključenimi v cevovode nenehne dostave IS. Na takšen način bo RP prispeval k zagotavljanju informiranih odločitev razvojnim skupinam.

2.1 Raziskovalni sklopi

Z namenom izpolnjevanja glavne vizije RP ter za reševanje ključnih nalog, obsega vsebina šest sklopov. Slika 1 poleg njihovih medsebojnih povezav predstavlja oris glavnih **izzivov**, **virov kompleksnosti**, glavnih **pomislov glede kakovosti** ter glavnih **rezultatov** in **potencialnih vplivov** raziskovalnih sklopov. Ob predstavitvi trenutnega stanja posameznih raziskovalnih področij, orisu vrzeli v obstoječem znanju, ki jih ocenjujemo kot ključne z vidika glavne vizije našega RP, in predlaganju izvirnih raziskovalnih tem, predstavljamo tudi načrtovane cilje. Ko bodo cilji izpolnjeni, bodo celovito obravnavali glavno vizijo RP.

2.1.1 Raziskovalni sklop: Arhitekture IS. Napredek v razvoju IS je v zadnjem desetletju postavil programsko opremo ter arhitekture IS in IT pred nove izzive. Poleg osnovnega cilja arhitektur IS (zagotavljanje učinkovitega delovanja, preverjenega nabora funkcionalnih in nefunkcionalnih lastnosti sistema itd.) ima spreminjajoče se okolje arhitektur IS številne posledice. Skozi desetletja preizkušeni pristopi k shranjevanju, obdelavi in pridobivanju podatkov, so izpostavljeni novim nefunkcionalnim zahtevam, ki izhajajo iz novih konceptualnih ali tehničnih pristopov, ter normativnih omejitev v sodobnem IT. Tradicionalni porazdeljeni arhitekturni stili so v upadanju, medtem ko sodobne decentralizirane rešitve (Ouyang et al., 2022), ki temeljijo na oblakih in mikrostoritvah, ponujajo nove priložnosti in posledično nove izzive, ki jih je potrebno obravnavati s teoretičnim in empiričnim raziskovanjem, da se zagotovi dolgoročna vzdržnost v arhitekturi IS (Podgorelec et al., 2020 - A). Eden glavnih izzivov, s katerimi se soočajo sodobne IT/programske arhitekture, izhajajoč iz sodobnih razvojnih praks, usmerjenih k funkcionalnostim, je potreba po večji agilnosti, razširljivosti in prilagodljivosti. Medtem, ko informacijski sistemi postajajo bolj kompleksni in porazdeljeni, je težje izvajati spremembe, zagotavljati integracijo in uvajati nove funkcionalnosti, ne da bi bilo ogroženo njihovo delovanje. V porazdeljenem in povezanem okolju postaja sledenje preverjenim praksam in implementacija preizkušenih arhitekturnih stilov še pomembnejše (Gašparič et al., 2020).

Velika količina strukturiranih in nestrukturiranih podatkov se poraja izjemno hitro (Šestak et al., 2021). Obdelava in shranjevanje (v smislu trajnega stanja ali trajne spremembe) se dogaja predvsem v razpršenih shrambah, ki temeljijo na veriženju blokov na in zunaj verige (Turkanović et al., 2018), hrambah v oblaku, podatkovnih centrih, različnih tipih podatkovnih platform (Armbrust et al., 2021) in porazdeljenih aplikacijah (Keršič et al., 2022). Posledično obstaja več izzivov, ki jih je potrebno obravnavati z raziskavami o upravljanju sodobne decentralizirane umetne inteligence (Montes & Goertzel, 2019) (cilj 1.1), upravljanju podatkovnega prostora (cilj 1.2) in arhitekturah velepodatkovnih cevovodov, ki vključujejo sodobna podatkovna jezera in kolišča (cilj 1.3).

Vodilo naših nadaljnjih raziskav na področju bodo tudi vzorci ne le sodobnih brezstrešniških in porazdeljenih informacijskih sistemov, ki temeljijo na oblakih (cilji 1.5 in 1.6), temveč tudi omogočanje mehanizmov, kot je decentralizacija upravljanja identitet (Čučko et al., 2022) (cilj 1.4), kar je ključno v današnjih porazdeljenih IS. Ideja naših raziskav v sklopu arhitektur IS je podkrepiti sprejemanje odločitev pri razvijanju, vrednotenju in upravljanju arhitektur IS. Zato naši raziskovalni cilji vključujejo nove pristope k razširljivosti in zmogljivosti sodobnih IS. Le-ti vključujejo sodobne koncepte shranjevanja podatkov, kot je beleženje dogodkov (cilj 1.7) ter posredno upravljanje, omejevanje, izpostavljanje in združevanje storitev s pomočjo upravljanja programskih vmesnikov (cilj 1.8). Cilji tega raziskovalnega sklopa so naslednji:

- **Cilj 1.1:** Zasnovati izboljššan model upravljanja **decentralizirane AI** in s tem povezane arhitekturne vzorce. [‘26 – ‘29]
- **Cilj 1.2:** Razviti model **upravljanja s podatkovnimi prostori**, temelječ na **decentraliziranih sistemih**. [‘24 – ‘26]
- **Cilj 1.3:** Predlagati **arhitekturo (vele)-podatkovnih cevovodov** za integracijo podatkov v **podatkovnih prostorih** in **podatkovnih kolišč**. [‘24 – ‘26]
- **Cilj 1.4:** Zasnovati rešitev orkestracije **upravljanja identitet**, temelječih na **decentraliziranih arhitekturah**. [‘24 – ‘25]
- **Cilj 1.5:** Analizirati in ovrednotiti **arhitekturne vzorce** oblačnih rešitev na osnovi **arhitekture brez strežnika**. [‘24]

- Cilj 1.6: Razviti model za merjenje kakovosti **oblačno domorodnih mikrostoritvenih IS**. ['25 – '27]
- Cilj 1.7: Definirati sodobno **arhitekturo hranjenja podatkov** na osnovi **trajne spremembe**. ['27 – '29]
- Cilj 1.8: Izboljšati **skalabilnost** in **učinkovitost** informacijskih rešitev s pomočjo **upravljanja API-jev** in **oblačnih arhitektur**. ['27 – '29]

2.1.2 Raziskovalni sklop: Inteligentni sistemi. Uporaba metod strojnega učenja (ML) in zagotavljanje visokokakovostnih rešitev umetne inteligence (AI) postajata ključni dejavnosti pri razvoju IS. Poleg že sprejetih izzivov vedno večjega obsega, kompleksnosti in večmodalnosti podatkov, se pojavljajo še izzivi nepreglednih modelov, nepoštenih odločitev AI, rastoče potrebe po zelo prilagojenih rešitvah ML, visokih zahtev glede računalniške moči in neučinkovite namestitve modelov AI (Paley et al., 2022). Medtem ko smo se že uspešno spoprijeli z izzivi analize in napovedovanja kompleksnih, nestrukturiranih podatkov v obsežnih besedilih (Flisar & Podgorelec, 2019), vizualnih podatkih (Vrbančič et al., 2022) in programski kodi (Karakatič et al., 2022), želimo raziskati preizkušene metode obdelave z naprednimi vektorskimi predstavitvami podatkov (cilj 2.1), da bi poenostavili učenje in izboljšali modele ML z novimi metodami inženirstva podatkov in značilnic (cilj 2.6) z uporabo optimizacijskih pristopov po vzoru narave (Brezočnik et al., 2018). Ker se hibridni ansambli (Vrbančič & Podgorelec, 2022) in prilagajanje globokih nevronske mreže specifični nalogi (Vrbančič & Podgorelec, 2020) pojavljajo kot vodilni pristopi za doseganje visoke napovedne uspešnosti (Oreshkin et al.), nameravamo prilagoditi meta-hevristične metode za hibridizacijo modelov AI in ML (cilj 2.2) in oceniti njihov potencial za splošno umetno inteligenco. Pričakujemo (Podgorelec et al., 2022), da bo takšen pristop deloval tudi na najzahtevnejših tipih pol-strukturiranih podatkov in bistveno izboljšal dolgoročno napovedno uspešnost na multivariatnih časovnih vrstah (cilj 2.3). Čeprav so tovrstni kompleksni pristopi že izkazali visoko napovedno uspešnost v nadzorovanih okoljih, so taki modeli tudi zelo zapleteni in nerazumljivi, zaradi česar je zelo težko ali celo nemogoče potrditi odkrite vzorce in zakonitosti, pridobiti vpogled v postopke odločanja (Fister & Fister, 2021) in jih učinkovito uvesti v realnem okolju (Arrieta et al., 2020). Zato se bomo osredotočili na raziskovanje razložljivih in pravičnih (Colakovic & Karakatič, 2022) modelov in cevovodov AI (cilj 2.4), ki jih bomo z načrtovanjem inteligentnih sistemov približali domenskim strokovnjakom in programskim inženirjem (Ooge et al., 2022) z uporabo inženirskih tehnik za zagotavljanje kakovosti v celotnem življenjskem ciklu IS v realnem okolju (cilj 2.5). Da bi se približali ciljem zelene umetne inteligence, bomo obravnavali še zmanjšanje visokih zahtev glede računalniške moči pri učenju kompleksnih modelov ML z algoritmi, ki jih navdihuje narava (cilj 2.7).

- Cilj 2.1: Razviti in ovrednotiti metode **hibridnega strojnega učenja** za analizo **kompleksnih podatkov** in **vektorskih predstavitev**. ['24 – '27]
- Cilj 2.2: Zasnovati in ovrednotiti **meta-hevristične algoritme** za gradnjo in optimizacijo modelov umetne inteligence in strojnega učenja. ['26 – '29]
- Cilj 2.3: Analizirati, razviti in ovrednotiti inovativne pristope za **učenje globokih nevronske mreže**, ki izboljšajo **dolgoročno napovedovanje časovnih vrst podatkov**. ['24 – '25]
- Cilj 2.4: Razviti, izboljšati in ovrednotiti pristope **razložljive in poštene umetne inteligence** pri modelih in cevovodih strojnega učenja. ['26 – '27]
- Cilj 2.5: Zasnovati in ovrednotiti tehnike **inženirstva inteligentnih sistemov** za zagotavljanje **kakovosti napovednih modelov** v realnem okolju. ['26 – '28]
- Cilj 2.6: Prilagoditi in oblikovati nove metode za izboljšanje kakovosti modelov strojnega učenja z **inženirstvom značilnic**, **tehnikami obdelave podatkov** in **sistemskim pristopom**. ['24 – '26]
- Cilj 2.7: Razviti in oceniti inovativen pristop za **zmanjšanje računske kompleksnosti** pri učenju kompleksnih modelov strojnega učenja z **algoritmi po vzoru narave** za doseganje vidikov zelene umetne inteligence. ['27 – '29]

2.1.3 Raziskovalni sklop: Sodobni pristopi k razvoju IS. Sodobni razvojni pristopi IS se v primerjavi z organizacijskimi in tehničnimi vidiki razvoja v preteklih desetletjih precej razlikujejo. Medtem ko so tradicionalne razvojne prakse večinoma temeljile na dolgoročnih načrtih, osredotočenosti na podrobne zahteve in podrobne specifikacije, smo danes usmerjeni v hiter razvoj uporabniško osredotočenih, dobro zasnovanih in stroškovno učinkovitih informacijskih rešitev. Zanašamo se predvsem na avtomatizacijo, storitve v oblaku, stranko ob strani, iterativni razvoj in druge prakse agilnega razvoja, kot so DevSecOps (vključno z GitOps, DataOps itd.) z neprekinjenimi cevovodi dostave IS. Medtem ko so kratkoročne koristi takega pristopa v industriji za stranke jasne (Marnewick in Marnewick, 2022), lahko le-te povzročijo tudi dolgoročne težave (Sumit et al., 2017), ki negativno vplivajo na kakovost, nakopičen tehnični dolg, nevzdržno arhitekturno zasnovo in podobno. Zato se je razvoja treba lotiti sistematično in z ustreznimi ukrepi, ki vključujejo ustrezne organizacijske vidike, prakse in podporna orodja.

Z orodji podprta avtomatizacija je že napredovala na raven zrele vsakodnevne uporabe. Z napredkom AI so se pojavila nova orodja, ki lahko pomagajo tudi med razvojem IS. Njihov vpliv sicer še potrebuje določene teoretične in empirične raziskave, preden jih bo mogoče v celoti uporabiti pri razvoju IS. Po drugi strani pa je AI kot močno orodje na več področjih celo dvignila kompleksnost razvoja in s tem izpostavila že uveljavljena področja (npr. testiranje, vgrajena varnost itd.) novim izzivom. V tem kontekstu AI podprt razvoj IS potrebuje nove pristope in orodja za podporo dejavnostim, kot so testiranje, napovedovanje vedenja IS v več kontekstih ipd. Nenehno zagotavljanje kakovosti torej postaja temelj uspešnega razvoja IS z visoko notranjo in zunanjo kakovostjo.

Preteklo delo v raziskovalni skupini vključuje več vidikov razvoja IS, vključno z napovedovanjem kakovosti IS (Gradišnik et al., 2020) in raziskavami v zgodnji fazi razvoja storitev s pomočjo in za AI. Naše raziskave so že obravnavale obvladovanje kakovosti, ki temelji na sistematičnem testiranju in metrikah (Pavlič et al., 2020, 2021). Zato nadaljnje delo ne bo samo nadaljevanje dobro uveljavljenih raziskav na tem področju, temveč bo tudi globlje raziskalo razvoj IS s storitvami AI (cilj 3.1) in z uporabo ustreznih pristopov in orodij, zgrajenih na modelih AI, ki omogočajo boljše in zmogljivejše IS (cilj 3.2), npr. orodja v cevovodu dostave DevSecOps. Bolj avtomatizirani in hitrejši pristopi k razvoju IS porajajo tudi nove izzive. Naše raziskave se bodo osredotočile na nadaljnji razvoj in sprejetost metrik programske opreme (cilj 3.3) za vzpostavitev zanesljivih in sprejetih dinamičnih ciljnih nivojev kakovosti. Sodobni pristopi testiranja IS, zlasti tisti, ki preverjajo sisteme z AI komponentami, so komaj v zgodnjih fazah raziskav. Zato se bo naša RS pridružila prizadevanjem v smislu preverjanja, vpeljevanje in izboljšave sodobnih pristopov testiranja v okviru kontinuirane dostave (cilj 3.4). Cilji v tem raziskovalnem področju vključujejo naslednje:

- **Cilj 3.1:** Oblikovati in oceniti pristope za razvoj rešitev s **storitvami, podprtimi z umetno inteligenco**. ['24 – '26]
- **Cilj 3.2:** Razviti nove, na **umetni inteligenci temelječe** pristope, za podporo DevSecOps **cevovodom neprekinjene dostave** informacijskih rešitev. ['24 – '27]
- **Cilj 3.3:** Razviti model in **prilagojene metrike** za neprestano zagotavljanje kakovosti in obvladovanje tveganj z **dinamičnim ciljnim nivojem kakovosti**. ['27 – '29]
- **Cilj 3.4:** Preveriti sodobne pristope **samodejnega neprestanega testiranja** v cevovodu za dostavo rešitev. ['26 – '29]

2.1.4 Raziskovalni sklop: Kibernetika varnost in zasebnost. Razvoj IKT, vključno s kibernetsko varnostjo in zasebnostjo, vpliva na kakovost IS (in posledično na zaupanje). Obvladovanje zapletenosti kibernetske varnosti ostaja eden največjih izzivov za uporabnike. Gesla ostajajo najpogostejše uporabljena metoda overjanja, predvsem zaradi svoje preprostosti, enostavne implementacije in cenovne dostopnosti (Davinson in Sillence, 2014). Vendar uporabniki običajno izberejo šibka gesla, kar vodi v razvoj alternativnih metod avtentikacije (Papathanasakis et al., 2022). Analiza, razvoj in vrednotenje alternativnih metod avtentikacije bodo eden od naših raziskovalnih ciljev (cilj 4.1). Uporabniki se istočasno soočajo s številnimi odločitvami glede varnosti in zasebnosti. Krmarjenje po težko obvladljivi množici nastavitvev varnosti in zasebnosti, ki so jim uporabniki izpostavljeni pri navidezno vsaki storitvi, postaja preobremenjujoče, kar povzroča negativen pritisk nanje in jih sili, da ukrepe za varnost/zasebnost ignorirajo (Acquisti et al., 2017). V ta namen bomo analizirali in ocenili različne pristope za izboljšanje zasebnosti in varnosti uporabnikov (cilj 4.2). Decentralizacija je postala

eno glavnih orodij za boj proti pomanjkanju zaupanja v centralizirane entitete, kar se prenaša tudi na mehanizme avtentikacije. Na podlagi rezultatov naše trenutne raziskave (Čučko et al., 2022) na temo decentralizirane in samozadostne identitete (SSI) je naš cilj (cilj 4.5) zasnovati nov model za pooblastila in postopke prenosa, ki bo temeljil na načelih SSI in bo usklajen s centralizirano infrastrukturo javnih ključev. Model bo uporabljal osnovne komponente IT in osnovne kriptografske elemente, ki se že uporabljajo v okviru PKI in DPKI. Strojno učenje in umetna inteligenca lahko dodobra spremenita področje kibernetske varnosti. Zgodnje odkrivanje usklajenih napadov na kibernetske sisteme je pomemben del mehanizmov kibernetske obrambe (Shaukat et al., 2020). Analizirali in ovrednotili bomo modele strojnega učenja, ki uporabljajo podatkovne artefakte, dnevniške zapise omrežne opreme in beležene dogodke končnih točk omrežja ter tako prepoznajo poskus napada in v realnem času ustvarijo ustrezna opozorila (cilj 4.4). Čeprav so vsi cilji v tem raziskovalnem področju lahko povezani s SecOps ali PrivacyOps, imajo raziskave, povezane s ciljem 4.4, največji potencial za izboljšanje avtomatizacije varnostnih operacij. Medtem pa postajajo znanja in veščine s področja kibernetske varnosti vse bolj iskane ob hkratnem pomanjkanju strokovnjakov za kibernetsko varnost ((ISC)2, 2022)). Načrtujemo, da bomo analizirali in ocenili pomen znanja in veščin s področja kibernetske varnosti (cilj 4.3). Pomembnost posameznih enot znanja o kibernetski varnosti bo izboljšala posodabljanje starih in oblikovanje novih učnih načrtov za programe kibernetske varnosti, s čimer bomo podprli ustvarjanje kompetentne in dobro razvite delovne sile za področje kibernetske varnosti.

Naše raziskave v okviru področja bodo zato sledile več ciljem:

- Cilj 4.1: Evalvirati obstoječe in razviti novo **alternativno avtentikacijsko metodo**. ['26 – '28]
- Cilj 4.2: Analizirati in evalvirati **pristope za izboljšanje uporabniške zasebnosti in varnosti**. ['26 – '29]
- Cilj 4.3: Evalvirati pomembnost znanj in **kompetenc kibernetske varnosti**. ['24 – '25]
- Cilj 4.4: Analizirati in evalvirati **metode, podprte s strojnim učenjem**, za razvrščanje in **naslavljanje usklajenih kibernetskih napadov**. ['27 – '29]
- Cilj 4.5: Razviti nov model za upravljanje **decentraliziranih in samoupravljanih identitet**. ['24 – '27]

2.1.5 Raziskovalni sklop: Kakovost uporabniške izkušnje. (ang. User eXperience – UX) - Sodobna družba se opira na interakcijo človek-računalnik (ang. Human-Computer Interaction - HCI), tako v tradicionalnih informacijskih sistemih (IS) in rešitvah kot tudi v rešitvah, ki temeljijo na AI. Ali bo določen IS dobro sprejet, dejansko uporabljen ali celo opuščen, je v veliki meri odvisno od UX. Zato je potrebno skrbno preučiti vse dejavnike, ki lahko vplivajo na UX že pri samem razvoju IS, da se zagotovi optimalno delovanje in rezultat. Medtem ko večinoma poznamo glavne dejavnike, ki vplivajo na sprejetost in uporabo tradicionalnih IS, to ne velja za hitro rastoče rešitve, ki temeljijo na AI. Potrebne so dodatne raziskave na področju razvoja in vrednotenja rešitev, ki na osnovi metod AI, algoritmov in senzorske tehnologije omogočajo razvoj vmesnikov s človeškimi komunikacijskimi zmogljivostmi (Šumak, Brdnik in Pušnik, 2021). Prav tako so potrebne dodatne raziskave na področju HCI in UX, ki bodo pripeljale do razvoja nove generacije bolj uporabnih inteligentnih uporabniških vmesnikov z izboljšano HCI (Brdnik, Heričko in Šumak, 2022). Kljub prizadevanju za spodbujanje digitalne vključenosti, da bi vsakemu posamezniku zagotovili dostop do informacijsko komunikacijskih tehnologij (IKT), je nedavna raziskava pokazala, da je digitalna dostopnost še vedno izziv tudi v primeru tradicionalnih spletnih mest (Kous, Kuhar, Pavlinek, Heričko in Pušnik, 2021); (Kous & Polančič, 2021); (Marco, Alonso in Quemada, 2019). Komunikacija med AI in ljudmi z invalidnostmi je prav tako v veliki meri še neraziskano raziskovalno področje. Pojav sodobnih IS in storitev, ki temeljijo na AI (npr. ChatGpt), zahteva nove raziskave za preučevanje neraziskanih faktorjev, ki vplivajo na sprejemanje in vključujočo uporabo tovrstnih tehnologij in storitev na različnih področjih kot so izobraževanje, učenje, raziskovanje, vodenju projektov, razvoj programske opreme itd., in preučevanje kako njihova uporaba vpliva na UX pri ustvarjanju učnih vsebin, uspešnosti poučevanja, pisanju raziskovalnih člankov itd. (cilji 5.1, 5.3 in 5.4). Razvoj uporabniku prijaznih in dostopnih rešitev zahteva testiranje s končnimi uporabniki. Še posebej v primeru uporabnikov z invalidnostmi je pristop, osredotočen na uporabnika, bistvenega pomena za vključitev teh uporabnikov v proces, ki zagotavlja, da je izdelek uporaben in dostopen vsem (Nair, Olmschenk, Seiple in Zhu, 2022). Pri vključevanju uporabnikov z invalidnostmi v

uporabniško testiranje je treba dodatno zagotoviti, da so testi načrtovani in izvedeni tako, da omogočajo uspešno in učinkovito integracijo uporabnikov z invalidnostmi (cilj 5.2). Med izvajanjem raziskav povezanih s HCI je potrebno upoštevati vse previdnostne ukrepe in vključiti najboljše prakse in predpise glede raziskovalnega načrta in zasebnosti, ne glede na raziskovalno populacijo (cilj 5.3). Potrebne so prav tako nadaljnje raziskave na področju razvoja in vrednotenja rešitev, ki lahko izboljšajo kakovost UX pri uporabi sodobnih rešitev uporabniških vmesnikov, ki temeljijo na AI (cilja 5.4 in 5.5). Na podlagi predhodnih izkušenj, poglobljenega pregleda referenc in nepredvidljivih prihodnjih tehnologij so raziskovalni cilji zastavljeni na naslednji način.

- **Cilj 5.1:** Razviti in preveriti nove modele in metode za raziskovanje **kakovosti UX, sprejetosti in namena nadaljnje uporabe** sodobnih orodij in storitev v različnih vidikih človeških življenj z različnimi **interesi uporabe**. ['24 – '28]
- **Cilj 5.2:** Razviti in ovrednotiti **vključujoče metode uporabniškega testiranja** uporabnosti in UX. ['25 – '26]
- **Cilj 5.3:** Razviti in ovrednotiti metode za ocenjevanje **stopnje vključujoče UX** v specifičnih **kontekstih**. ['28 – '29]
- **Cilj 5.4:** Identificirati izzive uporabnosti in UX v sodobnih rešitvah, ki **temeljijo na AI**. ['26 – '29]
- **Cilj 5.5:** Razviti in oceniti rešitve za **izboljšanje kakovosti UX in interakcije HCI v rešitvah AI**. ['27 – '29]

2.1.6 Raziskovalni sklop: Upravljanje procesov. Ključni namen raziskav na področju upravljanja poslovnih procesov (angl. Business Process Management, BPM) je izboljšanje uspešnosti organizacije, kar pomeni, da ključni izzivi BPM ostajajo analiza, načrtovanje in upravljanje delovnih procesov v in med organizacijami, kar pogosto vključuje uporabo rešitev IT (Reijers, 2021). Z optimizacijo in usklajevanjem procesov lahko organizacije izboljšajo ustvarjanje izdelkov ali storitev, na primer s pospešitvijo procesa, njegovo večjo učinkovitostjo ali zmanjšanjem njegovega ekološkega odtisa. Izzive pri upravljanju procesov nameravamo obravnavati v fazah načrtovanja in izvajanja procesov. V skladu z enim izmed ključnih izzivov BPM, tj. "ekspanzivnim BPM" (Beerepoot et al., 2023) nameravamo nadaljevati raziskave na področju upravljanja arhitekture procesov preko statičnih (Polančič, 2020) in dinamičnih (Polančič in Orban, 2023) vidikov procesa. Osredotočili se bomo na opredelitev učinkovite tehnike za upravljanje kompleksnih procesnih arhitektur in empirično preizkusili učinkovitost zasnov procesnih (po)krajin (cilj 6.1). Na podlagi izkušenj, pridobljenih pri sistematični zasnovi (angl. design science) in empiričnem raziskovanju kognitivne učinkovitosti notacij, si bomo prizadevali konsolidirati tehniko "modeliranja potovanja strank" (angl. customer journey mapping, CJM) in jo povezati z modeliranjem poslovnih procesov. Tehnika CJM je v zadnjih letih postala zelo priljubljena, vendar je ostala nestandardizirana in nekonsolidirana. Zato bomo pregledali obstoječe tehnike in orodja CJM ter na njihovi podlagi določili standardni vizualni zapis s pripadajočim metamodelom. Poleg tega bomo notacijo CJM povezali s standardnimi notacijami za modeliranje procesov, kot sta BPMN in "Decision Model and Notation" (DMN). (Heuchert, 2019)(cilj 6.2). Zaradi stalnega in vseprisotnega povečevanja avtomatizacije strukturiranih procesov so v zadnjih letih postali priljubljeni procesi, ki temeljijo na "znanju in človeku" (tj. nestrukturirani, na delavca osredotočeni procesi). V skladu s tem je bil za standardizacijo področja uveden model in zapis za upravljanje primerkov (CMMN), vendar nedavna industrijska poročila in trendi raziskav kažejo, da CMMN ni pridobil potrebnega zagona. Naša prizadevanja bodo zato usmerjena v ugotavljanje vzrokov in predlaganje izboljšav na področju upravljanja procesov, osredotočenih na delavca (cilj 6.3). V obstoječih poslovnih procesih obstaja neizkoriščen potencial za optimizacijo medtem, ko je preoblikovanje procesov večinoma ostalo ročno, kognitivno zahtevno, zamudno in delovno intenzivno opravilo (Beerepoot et al., 2023). Raziskovanje hiperavtomatizacije bodo usmerjena v preučevanje možnosti, kako obstoječi okvir za optimizacijo poslovnih procesov razširiti z rešitvami AI (cilj 6.4).

Tehnični napredek na področju podatkovne znanosti in ML ter tretji val AI so povečali pričakovanja glede preoblikovanja poslovanja (Beerepoot et al., 2023), ki se močno opira na napredna orodja in tehnike rudarjenja procesov. Procesno rudarjenje postaja del rutine sodobnih podjetij (Kerremans et al., 2020), medtem ko je v našem lokalnem poslovnem okolju še vedno podcenjeno. V skladu s tem je cilj razviti in preizkusiti z dokazi podprto metodologijo za merjenje, vrednotenje in optimizacijo poslovnih procesov na podlagi procesnega rudarjenja operativnih podatkov, ko bo prilagojena tipičnim

slovenskim podjetjem majhne in srednje velikosti (cilj 6.5). Cilji raziskovalnega področja so torej naslednji:

- Cilj 6.1: Oblikovati in oceniti tehniko za učinkovito **upravljanje kompleksnih procesnih arhitektur**. ['24 – '26]
- Cilj 6.2: Konsolidacija tehnik "**modeliranja poti strank**" in integracija z modeliranjem poslovnih procesov. ['26 – '29]
- Cilj 6.3: Zasnova in vrednotenje tehnike modeliranja **nestrukturiranih procesov, osredotočenih na delavce**. ['24 – '28]
- Cilj 6.4: Zasnovati in ovrednotiti razširjen okvir za **optimizacijo poslovnih procesov**. ['28 – '29]
- Cilj 6.5: Razviti in preizkusiti metodo za **procesno rudarjenje v malih in srednje velikih podjetjih**. ['29]

3. Metodološki vidik raziskovalnega programa

Metodologija raziskovalnega programa vključuje za namen objektivizacije odločanja pri razvoju, ovrednotenju in upravljanju kakovosti ter kompleksnosti inteligentnih IS teoretično in empirično raziskovanje, vključno z induktivno in deduktivno povezavo obeh ravni. Program bo z rezultati prispeval k zagotavljanju novih metod in rešitev za izzive, ki jih prinašajo sodobni pristopi IT in spreminjajoče okolje razvoja IS. Nadaljevali bomo z metodološkim pristopom, ki je bil uspešno uporabljen in izpopolnjen v prejšnjih obdobjih financiranja, pri čemer večinoma izhajamo iz splošnih raziskovalnih metod v okviru znanstvenega področja računalništva, informacijskih tehnologij, programskega inženirstva ter podatkovne znanosti. Poleg temeljnih teoretičnih raziskav sem spadajo tudi opisne raziskave in evalvacije, raziskave področij, pregledi literature in ankete, empirične metode, vključno z izgradnjo modelov in implementacijo prototipov, empirične induktivne in deduktivne raziskave, simulacije akcijskih raziskav, eksperimenti, študije primerov in raziskave oblikovalske znanosti (angl. design science).

Večina naših raziskav v smeri predstavljenih ciljev se bo začela s teoretičnim raziskovanjem (npr. sistematični pregled literature, konceptualna analiza, razvoj predlogov) in se nadaljevala z opisnimi (npr. ankete, opazovanja) ter empiričnimi raziskavami (npr. korelacije, študije primerov, eksperimenti). Sistematični pregledi literature bodo uporabljeni predvsem kot ocena trenutnega stanja raziskav ter za namen identifikacije možnih razlogov za različne ugotovitve raziskovalnih rezultatov. Pregledali bomo npr. arhitekturne vzorce naprednih brezstrežniških arhitektur, pristope za izboljšanje zasebnosti in varnosti uporabnikov, metode za ublažitev koordiniranih kibernetских napadov in drugo.

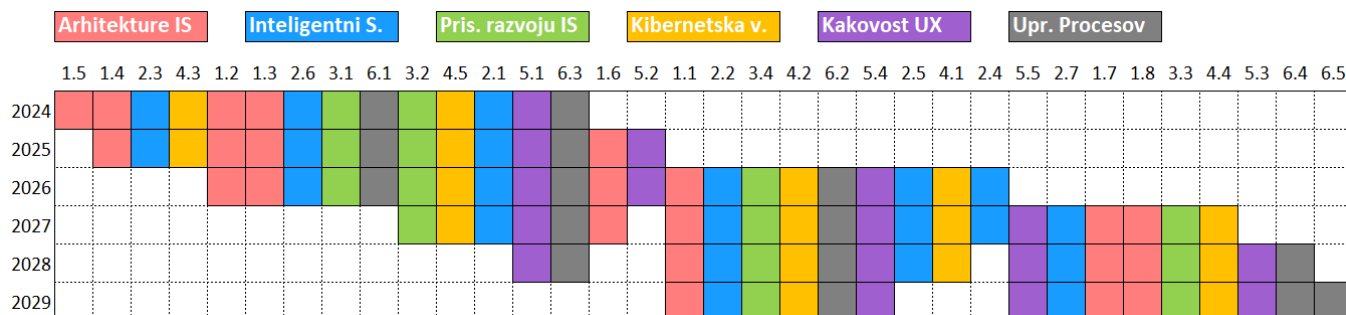
Osrednje faze naših raziskav bodo izvedene s pomočjo izgradnje modelov in implementacije prototipov za preizkušanje novih pristopov in rešitev na področjih IS. Nekateri primeri vključujejo avtomatizirane in kontinuirane pristope k testiranju, model za upravljanje podatkovnega prostora na podlagi decentraliziranih sistemov, metodo za rudarjenje procesov v malih in srednje velikih podjetjih in druge. Raziskovalni proces bo temeljil na konceptih oblikovalske znanosti, zato bodo podatki zbrani s pomočjo opazovanj, anket, intervjujev ter morebitnih sodelovalnih procesov s ključnimi deležniki. Kot običajno bodo sledile empirične raziskave, pri čemer bomo uporabili uveljavljene empirične metode (npr. eksperimentalne in kavzalno-neeksperimentalne metode), preverjene modele in konstrukte (npr. uspešnost, sprejemljivost, celovitost in kakovost), za namen določanja potencialnih koristi predlaganih rezultatov. Za doseganje več ciljev bo uporabljeno sistematično ali nesistematično zbiranje empiričnih podatkov (npr. s pomočjo anket, opazovanj in metrik), pospremljeno s teoretičnimi evalvacijami in analizami. Med njimi so ocena stopnje vključujoče UX, ocena pomembnosti znanja in izkušenj kibernetiske varnosti, preverjanje prilagojenih metrik v okviru dinamičnih ciljnih nivojev kakovosti, ocena pristopov za razvoj rešitev s pomočjo storitev, podprtih z AI, ocena tehnik inženiringa inteligentnih sistemov za zagotavljanje kakovosti, ocena pristopov za razložljivo AI in druge.

Nenazadnje, za spodbujanje naših rešitev, sploh tistih, ki predstavljajo preboj na področjih, hkrati pa za preizkušanje njihovih uporabnosti, bomo pripravili tudi demonstracijske (angl. proof-of-concept) rešitve. To bomo naredili tudi s pomočjo simulacij in študij primerov ter implementacije v realnih okoljih, povsod kjer bo to mogoče. Kot primer načrtujemo izgradnjo celovitih avtomatiziranih kontinuiranih cevovodov za dostavo informacijskih sistemov, izdelavo prototipa platforme za

podatkovni prostor na podlagi decentraliziranih sistemov in arhitektur, izdelavo prototipov specifičnih cevovodov za strojno učenje za namen vrednotenja konceptov razložljive in poštene umetne inteligence itd.

4. Časovnica raziskav

Rezultate raziskovalnega dela zadnjega obdobja financiranja bomo v prihajajočem obdobju nadgradili z novimi vpogledi in spoznanji. Slika 2 prikazuje časovnico RP s prikazanim časovnim razponom doseganja postavljenih ciljev. Razvidna je tudi medsebojna povezanost ciljev tako znotraj raziskovalnih sklopov kot tudi njihova soodvisnost med sklopi. Kjer je to možno in primerno, sta koraka analize in gradnje tipično že v zreli fazi, še preden rezultati privedejo do npr. nove metode, pri čemer rezultat predhodnega cilja predstavlja pomemben vhod ali usmeritev povezanega cilja.



Slika 2: Časovnica raziskovalnega programa - doseganje ciljev skozi leta s ciljnim časovnim razponom

Primer medsebojno povezanih ciljev znotraj raziskovalnega sklopa sta cilja 1.5 in 1.6, kjer pričakujemo, da bodo arhitekturni vzorci modernih oblračnih rešitev na osnovi arhitekture brez strežnika igrali pomembno vlogo v modelu, zasnovanem za merjenje kakovosti oblračno domorodnih mikrororitvenih informacijskih rešitev. Podobne soodvisnosti je mogoče zaslediti tudi med delom na ciljih 4.5 in 4.4, ciljih 2.6 in 2.4 in drugih.

Primer soodvisnosti, ki se razteza preko meje raziskovalnega sklopa, predstavlja cilj 2.1, ki bo, glede na časovnico, zaključen pred začetkom cilja 6.5 (razvite in ovrednotene metode za analizo kompleksnih podatkov bodo uporabljene v novo razvitih in ovrednotenih metodah za procesno rudarjenje). Dodaten primer je cilj 2.4 (razvijanje, izboljšanje in ovrednotenje pristopov razložljive umetne inteligence) za katerega se pričakuje, da bo med delom na cilju 5. 4 (identifikacija izzivov uporabniške izkušnje v rešitvah, temelječih na razložljivi umetni inteligenci) na zreli ravni.

Naša časovnica je trajnostno uravnotežena iz vidika sklopov in RP, pri čemer je trud enakomerno razporejen skozi celotno obdobje financiranja. Glede na načrt bosta skoraj dve tretjini ciljev doseženi še pred zadnjim letom financiranja, kar nam omogoča pravočasne zaključke posameznih ciljev tudi v primeru nepričakovanih dogodkov, ki bi utegnili porušiti plane.

Na podlagi izkušenj zadnjega obdobja financiranja, bodo odobrena sredstva omogočala izvedbo temeljnega raziskovalnega dela, predstavljenega v tej vlogi. Kot tudi do sedaj, pa bomo za namen preseganja načrtovanih raziskovalnih ciljev še naprej pridobivali dodatno financiranje na podlagi institucionalnih, nacionalnih in mednarodnih razpisov, tudi v sodelovanju z industrijo. Na ta način bomo lahko ne samo razširili raziskave, temveč tudi pospešili in olajšali prenos pridobljenega znanja v industrijo in družbo.

5. Vpliv raziskovalnega programa na razvoj novih raziskovalnih smeri

Raziskovalni skopi naslovljeni v RP se spopadajo s pomembnimi izzivi, povezanimi z IS in so zato zelo relevantni.. Z nadaljnjim razvojem digitalizacije in četrte industrijske revolucije, s čimer se vodi in usmerja preoblikovanje v t.i. družbo 5.0, so pred IS postavljene nove zahteve v smislu zagotavljanja pristopov in orodij za sprejemanje na podatkih temelječih informiranih odločitev. V namen učinkovite izpeljave moramo še zmeraj obravnavati več vidikov, vključno z zmogljivostjo, uporabnostjo, zanesljivostjo, potrebo po skrajšanju razvojnih ciklov, zmanjšanju stroškov in izboljšanju razvojnih in

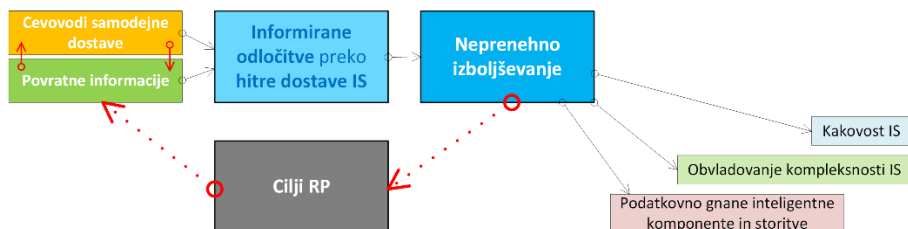
operativnih procesov ter skrbnem razvoju in validiranju inteligentnih IS. Ugotovitve naših raziskav lahko v obliki novih metod in pristopov vodijo k boljši kakovosti, učinkovitosti in zmogljivosti na IT temelječih storitev in rešitev. Dodatno pa lahko prispevajo tudi k spodbujanju trajnostnega razvoja varnih, zanesljivih in razločljivih inteligentnih IT storitev in rešitev.

Rezultati RP bodo pomembno vplivali tudi na raziskovalne sklope izven razvoja IS. Tehnike zbiranja, integracije in analize podatkov bodo prispevale k napredku odločitev, temelječe na podatkih, tako pri razvojnih aktivnostih kot tudi pri končnih uporabnikih. Cilji, ki so neposredno ali posredno povezani s kakovostjo izdelkov in procesov, bodo prispevali k avtomatiziranemu testiranju in zagotavljanju kakovosti za in z inteligentnimi komponentami. Metode pridobivanja, integracije in analize podatkov bodo prispevale k razvoju področij podatkovne analitike in strojnega učenja. Razviti inovativni komunikacijski protokoli bodo pomembno prispevali k razvoju področja varnih komunikacij in naslednje generacije socialne programske opreme. Konvergenca metod za modeliranje in analizo procesov, ki omogoča vpogled v te procese, ima lahko ključno vlogo pri avtonomnem upravljanju in optimizaciji družbenih in poslovnih procesov. Razviti mehanizmi za stalno spremljanje kakovosti in preizkušeni modeli zagotavljanja kakovosti pa bodo pomembno prispevali k razvoju znanosti o storitvah in zagotavljanju kakovostnih storitev za vsakega posameznika, poklic, znanost in družbo kot celoto.

6. Potencialni vpliv zaradi razvoja, razširjanja in uporabe pričakovanih rezultatov raziskav

Raziskovalni program (RP) se osredotoča na operativna področja, ki obravnavajo ključne raziskovalne izzive na področju upravljanja, oblikovanja, razvoja, vodenja, nenehnega izboljševanja in uvajanja inteligentnih informacijskih sistemov (IS), ki so pomembni glede na digitalno in zeleno preobrazbo družbe, četrto industrijsko revolucijo, ki usmerja preobrazbo v družbo 5.0. Prejšnja paradigma, znana kot Industrija 4.0, je bila uspešna z *vidika reševanja tehničnih izzivov, tj. avtomatizacije in digitalizacije poslovanja in tehnologije*, vendar je bil človeški dejavnik spregledan, zaradi česar je nastala **vrzel med tehnologijo in sociološkimi vidiki, vidiki dostopnosti** ipd. **Prehod na družbo 5.0**, kot ga razumemo na splošno, bi moral **združiti najboljše iz vidike ljudi in informacijskih tehnologij**. Združevanje človeške ustvarjalnosti, empatije in intuicije z močjo in učinkovitostjo računalnikov ter možnostmi prilagajanja aplikacij uporabnikom s posebnimi potrebami, prehod v družbo 5.0 spodbuja sodelovanje in napredek. **Z vključevanjem novih tehnoloških prebojev** (npr. umetne inteligence, procesnega rudarjenja, proaktivnih inteligentnih pristopov kibernetske varnosti in drugih) želimo ustvariti **vkjučujočo in trajnostno družbo**, v kateri se **spodbuja inovacije** in se učinkovito rešujejo **kompleksni izzivi**. To partnerstvo med uporabniki in informacijskimi sistemi ima potencial za odpiranje novih meja napredka in izboljšanje blaginje vseh, ne glede na kraj, starost, jezik in podobne lastnosti, ki se danes pogosto razumejo kot ovire. Prepričani smo, da bomo z našim RP ob izpolnjevanju svojih ciljev neposredno ali posredno **prispevali k tej preobrazbi**. Predstavljene zahteve bomo v sklopu IS realizirali v smislu podatkovno gnanega zagotavljanja rešitev, ki omogočajo informirane odločitve in vzpostavljajo sistematične nenehne izboljšave z uporabo podatkovnih povratnih zank na vseh ravneh IS. Temeljni izzivi vključujejo izboljšanje zmogljivosti, zanesljivosti in uporabnosti IS, hkrati pa tudi zmanjšanje stroškov razvoja in skrajšanje razvojnih ciklov, ter spodbujati trajnostne razvojne procese za inteligentne IS.

Osrednji cilj RP ostaja upravljanje kompleksnosti in **zagotavljanje kakovosti** v vseh fazah življenjskega cikla IS kot posledica **podatkovnih povratni zank** v okviru praks in orodij XOps. Tehnike in orodja umetne inteligence se upoštevajo in intenzivno uporabljajo v vseh vidikih RP. Kot je prikazano na sliki 1, cilje RP poganja potreba po **nenehnih izboljšavah** v vseh sklopih RP. Po drugi strani pa si cilji **prizadevajo in spodbujajo samodejnih in inteligentnih informiranih odločitev** ravno zaradi podatkovnih povratnih zank in samodejnega zagotavljanja IS. Informirane odločitve po drugi strani omogočajo nenehno izboljševanje na področju IS, kar zaključuje krog nenehnih izboljšav na področju IS. Naš pristop ima tudi lastnost, da čeprav znotraj ciljev nek koncept ni neposredno obravnavan, cilji nudijo veliko potencialnih posrednih učinkov.



Slika 1: Cilji RP, ki povezujejo in omogočajo neprestando izboljševanje.

6.1 Učinki na razvoj znanosti in stroke

Razvijajoče področje arhitektur IS predstavlja tako izzive kot priložnosti za teoretične in empirične raziskave. Povečane zahteve po agilnosti, skalabilnosti in prilagodljivosti so se izkazale za osrednje izzive, s katerimi se soočajo sodobne arhitekture IS, zato so raziskave na področju upravljanja sodobnih decentraliziranih IS, upravljanja podatkovnega prostora in arhitektur velikih podatkovnih cevovodov postale ključne za izpolnjevanje teh zahtev. Cilj raziskav je izboljšati **objektivno odločanje** pri razvoju, ocenjevanju in upravljanju arhitektur IS ter tako spodbujati **dolgoročno trajnost** in **nenehno izboljševanje**. Prav tako iščejo raziskave priložnost za hitre in **stroškovno učinkovite** rešitve IT, vključno z arhitekturami **večagentnih sistemov** in visokim potencialom za **odkrivanje anomalij** v tehničnem smislu.

Z reševanjem izzivov netransparentnih modelov, nepravilnih odločitev AI in neučinkovite uporabe modelov AI bodo raziskave na področju inteligentnih sistemov izboljšale kakovost in zanesljivost rešitev AI. Razvoj in vrednotenje hibridnih metod strojnega učenja za analizo kompleksnih podatkov in vektorskih vgradenj ter oblikovanje in vrednotenje meta-hevrističnih algoritmov za gradnjo in optimizacijo modelov AI in strojnega učenja lahko **izboljšajo natančnost** in učinkovitost rešitev AI. Analiza, razvoj in vrednotenje hibridnih pristopov za usposabljanje globokih nevronske mreže, ki izboljšujejo **dolgoročno napovedovanje** na podlagi podatkov o časovnih vrstah, lahko vodijo k natančnejšim in zanesljivejšim napovedim na različnih področjih, vključno s financami, zdravstvom in energetiko. Poleg tega lahko razvoj, **izboljšanje** in **ovrednotenje razložljivih pristopov** umetne inteligence in njene pravičnosti ter cevovodov strojnega učenja povečajo zaupanje zainteresiranih strani in naredijo rešitve AI bolj sprejemljive v različnih aplikacijah zaradi zanesljivih modelov AI in posledično **trajnostnih rešitev AI**.

Z doseganjem ciljev na raziskovalnem področju naprednih pristopov k razvoju IS bodo raziskovalci prispevali k razvoju novih in **inovativnih praks razvoja** IS, s katerimi se lahko soočijo z izzivi, ki jih prinaša vključevanje AI na tem področju. To bo pomembno vplivalo na napredek znanosti in stroke, saj bo omogočilo razvoj **kakovostnih in učinkovitih inteligentnih rešitev** IS, ki ustrezajo potrebam uporabnikov in organizacij. Informirane razvojne odločitve in **inteligentno določanje prednosti** zahtev sta primera dveh možnih učinkov naših ciljev RP.

Na raziskovalnem področju kibernetske varnosti in zasebnosti lahko metode za klasifikacijo in omilitev usklajenih kibernetskih napadov, ob podpori s strojnim učenjem, izboljšajo **avtomatizacijo varnostnih operacij**, zaradi česar bodo mehanizmi kibernetske obrambe učinkovitejši. Ocena pomembnosti posameznih znanj s področja kibernetske varnosti bo pomagala usmeriti izobraževanje in posledično **vplivala na bodoče strokovnjake**. Raziskava možnosti decentraliziranega preverjanja pristnosti bo potencialno spremenila težišče raziskav na področju overjanja, zlasti tam, kjer je pomembno, da uporabniki upravljajo svoje identitete in nadzorujejo svoje podatke. **Inteligentno overjanje** je koncept, ki ga bo naše delo v RP še okrepilo.

Z raziskovanjem in analiziranjem kompleksnih in večplastnih vidikov UX želimo z raziskavami izboljšati razumevanje potreb, želja in vedenja uporabnikov, kar bo na koncu spodbudilo razvoj učinkovitejših in v uporabnika usmerjenih rešitev. Ker modeli opisujejo pojav na teoretični ravni, bomo za operacionalizacijo in potrditev modelov uporabili ali razvili ustrezne meritve. Razvoj in potrjevanje inovativnih modelov in metod bosta ponudila dragocen vpogled v oblikovanje uporabnikom **prijaznih in dostopnih rešitev** ter s tem spodbudila sprejetje tehnologije med končnimi uporabniki. Pametni, na **podatkih temelječi pristop k uporabniškemu vmesniku** je cilj, h kateremu bomo pomembno prispevali.

Z reševanjem izzivov na področju upravljanja procesov, kot so upravljanje kompleksnih procesnih arhitektur, združevanje tehnik modeliranja poti strank, oblikovanje učinkovitega upravljanja procesov, osredotočenega na delavce, razvoj razširjenega okvirja za optimizacijo poslovnih procesov ter testiranje metod za rudarjenje procesov v malih in srednje velikih podjetjih, bodo raziskovalci prispevali k napredku področja in zagotovili praktične rešitve za organizacije. Poudarek na rešitvah umetne inteligence za optimizacijo poslovnih procesov in razvoju na **dokazih temelječih metodologij** za merjenje, vrednotenje in optimizacijo procesov na podlagi **rudarjenja procesov operativnih podatkov**, prilagojenih tipičnim slovenskim malim in srednjim podjetjem, lahko pomembno vpliva na poslovni svet. Na splošno lahko raziskovalno področje upravljanja procesov z zagotavljanjem praktičnih rešitev za organizacije, izkoriščanjem tehnološkega napredka ter izboljšanjem komunikacije in sodelovanja med različnimi deležniki prispeva k razvoju znanosti in stroke.

6.2 Vpliv na razvoj gospodarstva

Razvoj novih arhitektur IS, vse večja kompleksnost ter porazdeljena narava IS, so privedli do novih izzivov in **priložnosti v IT industriji**, s potencialno pomembnimi gospodarskimi implikacijami. Prehod na sodobne **decentralizirane** in na **mikrostoritvah-temelječe rešitve v oblaku**, ustvarja nove priložnosti za podjetja, da ponudijo učinkovitejše in prožnejše storitve, kar lahko izboljša njihovo konkurenčnost in poveča njihove prihodke. **Decentralizirana AI**, inteligentna validacija kakovosti in inteligentna obdelava podatkov so le nekatera od področij, na katera lahko vpliva naše raziskovalno delo. Razvoj **visokokakovostnih rešitev AI** in **uporaba metod ML** postajata pomembni dejavnosti na področju razvoja inteligentnih sistemov. Z uporabo metod ML za analizo kompleksnih predstavitev podatkov in razvojem hibridnih metod strojnega učenja z meta-hevrističnimi algoritmi, lahko modeli UI izboljšajo natančnost, preglednost in učinkovitost, kar vodi k boljšemu odločanju in večji učinkovitosti. Pričakujemo, da bomo z izpolnjevanjem ciljev RP spodbujali in optimizirali modele samoprilagodljivih storitev. Napredni in z umetno inteligenco podprti pristopi k razvoju IS imajo potencial za hiter razvoj uporabniško usmerjenih, kakovostno zasnovanih in stroškovno učinkovitih rešitev, ki bodo podjetjem zagotavljala konkurenčnost. **Avtomatizirano zagotavljanje kakovosti** in optimizirani dobavni cevovodi so primeri področij, ki neposredno vplivajo na gospodarski razvoj. Razvoj novega modela za upravljanje decentraliziranih in samozadostnih identitet ima lahko pomembne gospodarske implikacije, saj bi lahko **zmanjšal potrebo po centraliziranih sistemih za upravljanje identitet**, kar bi privedlo do nižjih stroškov ponudnikov storitev. Raziskovalna prizadevanja na področju kakovosti uporabniške izkušnje lahko potencialno vodijo k razvoju uporabniku prijaznejših in dostopnejših tehnoloških rešitev, kar bi povečalo stopnjo sprejetja in s tem zagotovilo potencialne koristi za podjetja. Optimizirani modeli za UX v sodobnih uporabniških vmesnikih IS, ki jih podpira umetna inteligenca, je področje, na katerega bo vplival naš RP. Razvoj in testiranje metode za rudarjenje procesov v malih in srednje velikih podjetjih lahko podjetjem pomaga pri **identifikaciji neučinkovitosti in priložnosti za izboljšave** v njihovih poslovnih procesih, kar vodi k večji produktivnosti, učinkovitosti in dobičkonosnosti. Učinki področja vključujejo optimizirane procese, digitalne dvojnike procesov, konvergenco procesnih modelov in posledično izboljšave na **področju hiperavtomatizacije**.

6.3 Vpliv na družbeni in kulturni razvoj

Z družbenega vidika bo raziskovalni program (RP) vplival na načine, kako **ljudje uporabljajo tehnologijo in dostopajo do informacij**. Razvoj inteligentnih sistemov in uporaba ML pomembno vplivata na družbeni in kulturni razvoj. Algoritmi ML in rešitve umetne inteligence postajajo vse pomembnejši na različnih področjih, med drugim na področjih financ, zdravstva, prometa in zabave. Cilji raziskav RP so izboljšati natančnost in učinkovitost modelov ML, obravnavati **etične pomisleke, povezane z odločanjem** na podlagi AI, in zmanjšati vpliv AI na okolje. Odpirajo se tudi možnosti personalizacije **zaupanja vrednih sistemov**. Vpliv naprednih pristopov k razvoju IS na družbeni in kulturni razvoj se lahko dojema kot posreden, vendar potencialno pomemben. Ti pristopi lahko, na primer, z omogočanjem hitrega razvoja stroškovno učinkovitih rešitev, usmerjenih k uporabnikom, pomagajo organizacijam, da **bolje servisirajo svoje stranke in preostale deležnike**, kar lahko privede do večjega

zadovoljstva strank, večje produktivnosti in učinkovitejše uporabe virov, t.j. do višje in bolj predvidljive kakovosti IS. Uporabniški vidik kibernetske varnosti in zasebnosti ostaja eno izmed ključnih raziskovalnih vprašanj. Oblikovanje **novih metod overjanja** in način, kako so varnostne nastavitve predstavljene uporabnikom, lahko bistveno spremenita način interakcije in sodelovanja uporabnikov z IS. Zlasti načela decentraliziranih in samozadostnih identitet lahko povzročijo velike spremembe na področjih **zasebnosti in varnosti osebnih podatkov**, kar lahko privede do **večjega sprejetja** na osebnih podatkih temelječih novih tehnologij, kot so npr. e-trgovanje in družbeni mediji. Raziskovalno delo, ki podpira razvoj izobraževanja o kibernetski varnosti, lahko pripomore tudi k **spodbujanju kadrov**, ki jih v domeni trenutno močno primanjkuje. Naše raziskave bodo prav tako vplivale na prilagajanje **privzetih varnostnih nastavitvev** in na **personaliziranje varnosti**. Ker se sodobna družba v veliki meri zanaša na tehnologijo, je treba zagotoviti, da je le ta prijazna, dostopna in vključujoča za vse, tudi za gibalno ali kako drugače ovirane posameznike. Zato raziskovalno področje kakovosti uporabniške izkušnje (UX) predvideva številne vplive na družbeni in kulturni razvoj. Z vključevanjem oviranih uporabnikov v procese testiranja lahko raziskave privedejo do **bolj dostopne in vključujoče tehnologije**, kar je bistvenega pomena za spodbujanje **digitalne vključenosti**. Poleg tega je vključujoče izobraževanje ključnega pomena za družbeni in kulturni razvoj. Z zagotavljanjem, da je tehnologija, ki se uporablja v izobraževanju, dostopna vsem učencem, ne glede na njihove sposobnosti, bi lahko raziskave prav tako pozitivno vplivale na izobraževalni sistem. Raziskovalno področje upravljanja procesov pomembno vpliva na družbeni in kulturni razvoj, saj lahko uporaba informacijske tehnologije pri upravljanju procesov privede do razvoja novih tehnologij in inovacij, ki imajo lahko preobrazbeni učinek na družbo. Konsolidacija tehnik modeliranja potovanj strank lahko izboljša uporabniško izkušnjo izdelkov in storitev. Le to lahko koristi podjetjem, saj **povečuje lojalnost in zadovoljstvo njihovih strank**.

Reference

- Acquisti, A., Adjerid, I., Balebako, R., Brandimarte, L., Cranor, L. F., Komanduri, S., Leon, P. G., Sadeh, N., Schaub, F., Sleeper, M., Wang, Y., & Wilson, S. (2017). Nudges for Privacy and Security. *ACM Computing Surveys (CSUR)*, 50(3). <https://doi.org/10.1145/3054926>.
- Arrieta A.B., Díaz-Rodríguez N., Del Ser J., Bennetot A., Tabik S., Barbado A., Herrera F. Explainable Artificial Intelligence (XAI): Concepts, taxonomies, opportunities and challenges toward responsible AI, *Information fusion*, 58: 82-115, 2020.
- Beerepoot, I., Di Ciccio, C., Reijers, H.A., Rinderle-Ma, S., Bandara, W., Burattin, A., Calvanese, D., Chen, T., Cohen, I., Depaire, B., Di Federico, G., Dumas, M., van Dun, C., Fehrer, T., Fischer, D.A., Gal, A., Indulska, M., Isahagian, V., Klinkmüller, C., Kratsch, W., Leopold, H., Van Looy, A., Lopez, H., Lukumbuzya, S., Mendling, J., Meyers, L., Moder, L., Montali, M., Muthusamy, V., Reichert, M., Rizk, Y., Rosemann, M., Röglinger, M., Sadiq, S., Seiger, R., Slaats, T., Simkus, M., Someh, I.A., Weber, B., Weber, I., Weske, M., Zerbato, F., 2023. The biggest business process management problems to solve before we die. *Computers in Industry* 146, 103837. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2022.103837>.
- Beranič, T., Podgorelec, V., & Heričko, M. (2018). Towards a reliable identification of deficient code with a combination of software metrics. *Applied Sciences*, 8(10), 1–24. doi:10.3390/app8101902.
- Braham, A., Khemaja, M., Buendía, F., & Gargouri, F. (2021). A Hybrid Recommender System for HCI Design Pattern Recommendations. *Applied Sciences*, 11(22), 10776. <https://doi.org/10.3390/app112210776>.
- Brdnik, S., Heričko, T., & Šumak, B. (2022). Intelligent User Interfaces and Their Evaluation: A Systematic Mapping Study. *Sensors*, 22(15), 5830.
- Brezočnik L., Fister I., Podgorelec V. Swarm intelligence algorithms for feature selection: a review, *Applied sciences*, 8(9): 1-31, 2018.
- Čolaković I., Karakatič S. Improved Boosted Classification to Mitigate the Ethnicity and Age Group Unfairness, *Proceedings of the 11th International Conference on Data Science, Technology and Applications*, 432-437, 2022.
- Čučko, S., Bečirović, S., Kamišalić, A., Mrdović, S., & Turkanović, M. (2022). Towards the Classification of Self-Sovereign Identity Properties. *IEEE Access*, 10, 88306–88329. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3199414>.
- Čučko, Š., Bečirović, Š., Kamišalić, A., Mrdović, S., & Turkanović, M. (2022). Towards the classification of Self-Sovereign Identity properties. *Ieee Access*, 10, 88306-88329.
- Davinson, N., & Sillence, E. (2014). Using the health belief model to explore users' perceptions of 'being safe and secure' in the world of technology mediated financial transactions. *International Journal of Human-Computer Studies*, 72(2), 154–168. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2013.10.003>.

- Fister I., Fister I. Information cartography in association rule mining, *IEEE trans. on emerging topics in computational intelligence*, 6(3): 660-676, 2021.
- Gašparič, M., Turkanović, M., & Heričko, M. (2020). Towards a Comprehensive Catalog of Architectural and Design Patterns for Blockchain-Based Applications-A Literature Review. In *Central European Conference on Information and Intelligent Systems* (pp. 259-266). Fac. of Org. and Inf. Varazdin.
- Gradišnik, M., Beranič, T., & Karakatič, S. (2020). Impact of historical software metric changes in predicting future maintainability trends in open-source software development. *Applied Sciences*, 10(13), 1–30. doi:10.3390/app10134624.
- Heuchert, M., 2019. Conceptual Modeling Meets Customer Journey Mapping: Structuring a Tool for Service Innovation, in: *2019 IEEE 21st Conference on Business Informatics (CBI)*. Presented at the 2019 IEEE 21st Conference on Business Informatics (CBI), IEEE, Moscow, Russia, pp. 531–540.
- Karakatič S., Milošević A., Heričko T. Software system comparison with semantic source code embeddings, *Empirical software eng.*, 27(70): 33, 2022.
- Kerremans, M., Searle, S., Srivastava, T., Iijima, K., 2020. Market Guide for Process Mining. Gartner.
- Keršič, V., Vrečko, A., Vidovič, U., Domajnko, M., & Turkanović, M. (2022). Using Self-Sovereign-Identity principles to prove your worth in Decentralized Autonomous Organizations. *Proceedings* <http://ceur-ws.org> ISSN, 1613, 0073.
- Kous, K., & Polančič, G. (2021). An Empirical Investigation of the Accessibility of Official European Tourism Websites (pp. 169–195).
- Kous, K., Kuhar, S., Pavlinek, M., Heričko, M., & Pušnik, M. (2021). Web accessibility investigation of Slovenian municipalities' websites before and after the adoption of European Standard EN 301 549. *Universal Access in the Information Society*, 20(3), 595–615.
- Marco, L., Alonso, Á., & Quemada, J. (2019). An Identity Model for Providing Inclusive Services and Applications. *Applied Sciences*, 9(18), 3813.
- Marnewick, C., & Marnewick, A. L. (2022). Benefits realisation in an agile environment. *International Journal of Project Management*, 40(4), 454–465.
- Montes, G. A., & Goertzel, B. (2019). Distributed, decentralized, and democratized artificial intelligence. *Technological Forecasting and Social Change*, 141, 354-358.
- Nair, V., Olmschenk, G., Seiple, W. H., & Zhu, Z. (2022). ASSIST: Evaluating the usability and performance of an indoor navigation assistant for blind and visually impaired people. *Assistive Technology*, 34(3), 289–299. <https://doi.org/10.1080/10400435.2020.1809553>.
- Ooge J., Štiglic G, Verbert K. Explaining artificial intelligence with visual analytics in healthcare, *Wiley interdisciplinary reviews, Data mining and knowledge discovery*, 12(1): 1-19, 2022.
- Oreshkin B.N., Dudek G., Peška P., Turkina E. N-BEATS neural network for mid-term electricity load forecasting, *Applied Energy*, 293: 116918, 2021.
- Ouyang, L., Yuan, Y., & Wang, F. Y. (2020). Learning markets: An AI collaboration framework based on blockchain and smart contracts. *IEEE Internet of Things Journal*, 9(16), 14273-14286.
- Paleyes A., Urma R.G., Lawrence N.D. Challenges in deploying machine learning: a survey of case studies, *ACM Computing Surveys*, 55(6): 1-29, 2022.
- Papathanasakis, M., Maglaras, L., & Ayres, N. (2022). Modern Authentication Methods: A Comprehensive Survey. *AI, Computer Science and Robotics Technology*. <https://doi.org/10.5772/acrt.08>.
- Pavlič, L., Beranič, T., & Heričko, M. (2021). A product quality impacts of a mobile software product line: an empirical study. *PeerJ CS*, 1–26.
- Pavlič, L., Heričko, M., & Beranič, T. (2020). An expert judgment in source code quality research domain - a comparative study between professionals and students. *Applied Sciences*, 10(20), 1–13. doi:10.3390/app10207088.
- Podgorelec, B., Heričko, M., & Turkanović, M. (2020). State channel as a service based on a distributed and decentralized web. *IEEE Access*, 8, 64678-64691.
- Podgorelec, B., Turkanović, M., & Karakatič, S. (2019). A machine learning-based method for automated blockchain transaction signing including personalized anomaly detection. *Sensors*, 20(1), 147.
- Polančič, G., 2020. BPMN-L: A BPMN extension for modeling of process landscapes. *Computers in Industry* 121, 103276.
- Polančič, G., Orban, B., 2023. An experimental investigation of BPMN-based corporate communications modeling. *Business Process Management Journal* 29, 1–24. <https://doi.org/10.1108/BPMJ-08-2022-0362>.
- Reijers, H.A., 2021. Business Process Management: The evolution of a discipline. *Computers in Industry* 126, 103404. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2021.103404>.
- Šestak, M., Heričko, M., Družovec, T. W., & Turkanović, M. (2021). Applying k-vertex cardinality constraints on a Neo4j graph database. *Future Generation Computer Systems*, 115, 459-474.

- Shaukat, K., Luo, S., Varadharajan, V., Hameed, I. A., & Xu, M. (2020). A Survey on Machine Learning Techniques for Cyber Security in the Last Decade. *IEEE Access*, 8, 222310–222354. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3041951>.
- Šumak, B., Brdnik, S., & Pušnik, M. (2021). Sensors and Artificial Intelligence Methods and Algorithms for Human–Computer Intelligent Interaction: A Systematic Mapping Study. *Sensors*, 22(1), 20. <https://doi.org/10.3390/s22010020>.
- Sumit Kalra and T. V. Prabhakar. 2017. Internal Quality to External Quality: an Approach to Manage Conflicts. In *Proceedings of the International Conference on Research in Adaptive and Convergent Systems (RACS '17)*. Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 241–248. <https://doi.org/10.1145/3129676.3129714>.
- Turkanović, M., Hölbl, M., Košič, K., Heričko, M., & Kamišalić, A. (2018). EduCTX: A blockchain-based higher education credit platform. *IEEE access*, 6, 5112–5127.
- Vrbanič G., Podgorelec V. Efficient ensemble for image-based identification of Pneumonia utilizing deep CNN and SGD with warm restarts, *Expert systems with applications*, 187: 14, 2022.
- N. Azad, S. Hyrynsalmi, DevOps critical success factors — A systematic literature review, *Information and Software Technology*, Volume 157, 2023, 107150, ISSN 0950-5849, <https://doi.org/10.1016/j.infsof.2023.107150>.
- D. Plekhanov, H. Franke, T. H. Netland, Digital transformation: A review and research agenda, *European Management Journal*, 2022, ISSN 0263-2373, <https://doi.org/10.1016/j.emj.2022.09.007>.
- Enholm, I.M., Papagiannidis, E., Mikalef, P. et al. Artificial Intelligence and Business Value: a Literature Review. *Inf Syst Front* 24, 1709–1734 (2022). <https://doi.org/10.1007/s10796-021-10186-w>
- Demystifying XOps, <https://www.gartner.com/en/documents/3995089>, Gartner Res., 2021.
- A. Sestino, M. I. Prete, L. Piper, G. Guido, Internet of Things and Big Data as enablers for business digitalization strategies, *Technovation*, Volume 98, 2020, 102173, ISSN 0166-4972, <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2020.102173>.
- National Programme to Promote the Development and Use of AI in the Republic of Slovenia by 2025, <https://nio.gov.si/nio/asset/nacionalni+program+spodbujanja+razvoja+in+uporabe+umetne+intelligence+r+s+do+leta+2025+npui?lang=en>, gov.si, 2023.
- European Commission - AIWatch, https://ai-watch.ec.europa.eu/topics_en, 2023), 2023.
- Armbrust, M., Ghodsi, A., Xin, R., & Zaharia, M. (2021, January). Lakehouse: a new generation of open platforms that unify data warehousing and advanced analytics. In *Proceedings of CIDR (Vol. 8)*.
- (ISC)2 2022 Cybersecurity Workforce Study. <https://www.isc2.org/Research/Workforce-Study>, (ISC)2, 2022.