02

UPORABNA INFORMATIKA

2026 ‹ ŠTEVILKA 2 ‹ LETNIK XXXIV ‹ ISSN 1318-1882

Izpitni centri ECDL

ECDL (European Computer Driving License), ki ga v Sloveniji imenujemo evropsko računalniško spričevalo, je standardni program usposabljanja uporabnikov, ki da zaposlenim potrebno znanje za delo s standardnimi računalniškimi programi na informatiziranem delovnem mestu, delodajalcem pa pomeni dokazilo o usposobljenosti. V Evropi je za uvajanje, usposabljanje in nadzor izvajanja ECDL pooblaščena ustanova ECDL Fundation, v Sloveniji pa je kot član CEPIS (Council of European Professional Informatics) to pravico pridobilo Slovensko društvo INFORMATIKA. V državah Evropske unije so pri uvajanju ECDL močno angažirane srednje in visoke šole, aktivni pa so tudi različni vladni resorji. Posebno pomembno je, da velja spričevalo v 148 državah, ki so vključene v program ECDL. Doslej je bilo v svetu v program certificiranja ECDL vključenih že preko 16 milijonov oseb, ki so uspešno opravile preko 80 milijonov izpitov in pridobile ustrezne certificate. V Sloveniji je bilo doslej v program certificiranja ECDL vključenih več kot 18.000 oseb in opravljenih več kot 92.000 izpitov. V Sloveniji sta akreditirana dva izpitna centra ECDL, ki imata izpostave po vsej državi.

AGORA

Micro Team

U P O R A B N A
I N F O R M A T I K A
2026 ŠTEVILKA 2 APR/MAJ/JUN LETNIK XXXIV ISSN 1318-1882

Znanstveni prispevki

Pogled v zgodovino

Informacije

In memoriam

2026 ŠTEVILKA 2 APR/MAJ/JUN LETNIK XXXIV ISSN 1318-1882

Ustanovitelj in izdajatelj
Slovensko društvo INFORMATIKA
Litostrojska cesta 54, 1000 Ljubljana

Predstavnik
Slavko Žitnik

Odgovorni urednik
Mirjana Kljajić Borštnar

Prelom in tisk
Boex DTP, d. o. o., Ljubljana

Naklada
110 izvodov

Naslov uredništva
Slovensko društvo INFORMATIKA
Uredništvo revije Uporabna informatika
Litostrojska cesta 54, 1000 Ljubljana
www.uporabna-informatika.si

Revija izhaja četrtletno. Cena posamezne številke je 20,00 EUR. Letna naročnina za podjetja 85,00 EUR, za vsak nadaljnji izvod 60,00 EUR, za posameznike 35,00 EUR, za študente in seniorje 15,00 EUR. V ceno je vključen DDV.

Revija Uporabna informatika je od številke 4/VII vključena v mednarodno bazo INSPEC.

Revija Uporabna informatika je pod zaporedno številko 666 vpisana v razvid medijev, ki ga vodi Ministrstvo za kulturo RS.

Revija Uporabna informatika je vključena v Digitalno knjižnico Slovenije (dLib.si).

Izid publikacije je finančno podprla Javna agencija za znanstvenoraziskovalno in inovacijsko dejavnost Republike Slovenije.

Vabilo avtorjem

V reviji Uporabna informatika objavljamo kakovostne izvirne prispevke domačih in tujih avtorjev z najširšega področja informatike, ki se nanašajo tako na poslovanje podjetij, javno upravo, družbo in posameznika. Prispevki so lahko znanstvene, strokovne ali informativne narave, še posebno spodbujamo objavo interdisciplinarnih prispevkov. Zato vabimo avtorje, da prispevke, ki ustrezajo omenjenim usmeritvam, pošljejo uredništvu revije po elektronski pošti na naslov ui@drustvo-informatika.si.

Avtorje prosimo, da pri pripravi prispevka upoštevajo navodila, ki so objavljena na naslovu http://www.uporabna-informatika.si.

Za kakovost prispevkov skrbi mednarodni uredniški odbor. Prispevki so anonimno recenzirani, o objavi pa na podlagi recenzij samostojno odloča uredniški odbor. Recenzenti lahko zahtevajo, da avtorji besedilo spremenijo v skladu s priporočili in da popravljeni prispevek ponovno prejmejo v pregled. Sprejeti prispevki so pred izidom revije objavljeni na spletni strani revije (predobjava), še prej pa končno verzijo prispevka avtorji dobijo v pregled in potrditev. Uredništvo lahko še pred recenzijo zavrne objavo prispevka, če njegova vsebina ne ustreza vsebinski usmeritvi revije ali če prispevek ne ustreza kriterijem za objavo v reviji.

Pred objavo prispevka mora avtor podpisati izjavo o avtorstvu, s katero potrjuje originalnost prispevka in dovoljuje prenos materialnih avtorskih pravic. Avtorji prejmejo enoletno naročnino na revijo Uporabna informatika, ki vključuje avtorski izvod revije in še nadaljnje tri zaporedne številke. S svojim prispevkom v reviji Uporabna informatika boste pomagali k širjenju znanja na področju informatike. Želimo si čim več prispevkov z raznoliko in zanimivo tematiko in se jih že vnaprej veselimo

Uredništvo revije

Navodila avtorjem člankov

Članke objavljamo praviloma v slovenščini, članke tujih avtorjev pa v angleščini. Besedilo naj bo jezikovno skrbno pripravljeno. Priporočamo zmernost pri uporabi tujk in, kjer je mogoče, njihovo zamenjavo s slovenskimi izrazi. V pomoč pri iskanju slovenskih ustreznic priporočamo uporabo spletnega terminološkega slovarja Slovenskega društva Informatika, Islovar (www.islovar.org).

Znanstveni prispevek naj obsega največ 40.000 znakov, kratki znanstveni prispevek do 10.000 znakov, strokovni članki do 30.000 znakov, obvestila in poročila pa do 8.000 znakov.

Prispevek naj bo predložen v urejevalniku besedil Word (*.doc ali *.docx) v enojnem razmaku, brez posebnih znakov ali poudarjenih črk. Za ločilom na koncu stavka napravite samo en presledek, pri odstavkih ne uporabljajte zamika.

Naslovu prispevka naj sledi polno ime vsakega avtorja, ustanova, v kateri je zaposlen, naslov in elektronski naslov. Sledi naj povzetek v slovenščini v obsegu 8 do 10 vrstic in seznam od 5 do 8 ključnih besed, ki najbolje opredeljujejo vsebinski okvir prispevka. Sledi naj prevod naslova povzetka in ključnih besed v angleškem jeziku. V primeru, da oddajate prispevek v angleškem jeziku, velja obratno. Razdelki naj bodo naslovljeni in oštevilčeni z arabskimi številkami.

Slike in tabele vključite v besedilo. Opremite jih z naslovom in oštevilčite z arabskimi številkami. Na vsako sliko in tabelo se morate v besedilu prispevka sklicevati in jo pojasniti. Če v prispevku uporabljate slike ali tabele drugih avtorjev, navedite vir pod sliko oz. tabelo. Revijo tiskamo v črno-beli tehniki, zato barvne slike ali fotografije kot original niso primerne. Slikam zaslonov se v prispevku izogibajte, razen če so nujno potrebne za razumevanje besedila. Slike, grafikoni, organizacijske sheme ipd. naj imajo belo podlago. Enačbe oštevilčite v oklepajih desno od enačbe.

V besedilu se sklicujte na navedeno literaturo skladno s pravili sistema IEEE navajanja bibliografskih referenc, v besedilu to pomeni zaporedna številka navajenega vira v oglatem oklepaju (npr. [1]). Na koncu prispevka navedite samo v prispevku uporabljeno literaturo in vire v enotnem seznamu, urejeno po zaporedni številki vira, prav tako v skladu s pravili IEEE. Več o sistemu IEEE, katerega uporabo omogoča tudi urejevalnik besedil Word 2007, najdete na strani https://owl.purdue.edu/owl/research_and_citation/ieee_style/ieee_general_format.html.

Prispevku dodajte kratek življenjepis vsakega avtorja v obsegu do 8 vrstic, v katerem poudarite predvsem strokovne dosežke.

Zasebnost podatkov v odprtih podatkovnih množicah

Žan Povše[1], Marko Kompara[1], Lili Nemec Zlatolas[1]
[1]UM FERI, Koroška cesta 46, 2000 Maribor
zan.povse@um.si, marko.kompara@um.si, lili.nemec.zlatolas@um.si

Izvleček

V raziskavi smo obravnavali zasebnost osebnih podatkov v odprtih podatkovnih množicah. Opredelili smo glavna tveganja, ki nastajajo pri objavi podatkov, ter predstavili sodobne tehnike zaščite zasebnosti, med njimi anonimizacijo in psevdonimizacijo.. Analizirali smo učinkovitost teh metod ter preostala tveganja, ki bi kljub zaščiti lahko omogočila ponovno identifikacijo posameznikov.
V empiričnem delu smo izvedli analizo izbranih slovenskih odprtih podatkovnih množic, ki je potrdila realne možnosti ponovne identifikacije in poudarila potrebo po odgovornem ravnanju s podatki. Predstavili smo primer pravilne anonimizacije kot model dobre prakse. Prikazali smo tudi pravni okvir na ravni Evropske unije in Republike Slovenije s posebnim poudarkom na Splošni uredbi o varstvu podatkov. Ugotovitve raziskave so potrdile nujnost povezovanja tehničnih in pravnih ukrepov za učinkovito in trajno zaščito zasebnosti posameznikov.

Ključne besede: odprti podatki, zasebnost podatkov, anonimizcija, GDPR, pravni okvir, zaščitne tehnike

Data Privacy in Open Data

Abstract

In our research, we examined the privacy of personal data in open data sets. We identified the main risks arising from the publication of data and presented contemporary privacy protection techniques, including anonymisation, pseudonymisation, as well as more advanced approaches. We analysed the effectiveness of these methods and the residual risks that, despite protective measures, could still enable the re-identification of individuals.
In the empirical part, we conducted an analysis of selected Slovenian open data sets, which confirmed real possibilities of re-identification and highlighted the need for responsible data management. We presented an example of proper anonymisation as a model of good practice. We also outlined the legal framework at the level of the European Union and the Republic of Slovenia, with particular emphasis on the General Data Protection Regulation. The findings confirmed the necessity of combining technical and legal measures for the effective and lasting protection of individual privacy.

Keywords: open data, data privacy, anonymization, GDPR, regulatory frame, protection tehniques

1 UVOD

V zadnjem desetletju so odprti podatki postali eno ključnih gonil znanstvenega napredka, transparentnosti in inovacij [1]. Omogočajo širšo dostopnost informacij, spodbujajo sodelovanje med institucijami ter podpirajo razvoj novih rešitev na področjih od medicine do umetne inteligence [2]. Hkrati pa odpiranje podatkovnih virov prinaša tudi številne izzive, zlasti pri varstvu osebnih podatkov in zagotavljanju skladnosti z zakonodajo. Evropski in slovenski pravni okvir GDPR ter Zakon o varstvu osebnih podatkov (ZVOP-2) določata jasna pravila za zaščito posameznikov pred zlorabo njihovih podatkov, še posebej tam, kjer so prisotni občutljivi in individualni zapisi.

V tem članku se bomo osredotočili na raziskavo slovenskih podatkovnih množic, ki vsebujejo individualne podatkovne zapise, ter preučili njihovo ustreznost za javno objavo. Poseben poudarek bomo namenili postopkom pravilne anonimizacije, saj ta predstavlja temeljni mehanizem za varno objavljanje podatkov, ne da bi pri tem ogrozili zasebnost posameznikov. Namen prispevka je pokazati, kakšno je trenutno stanje anonimizacije v slovenskih odprtih množicah z individualnimi zapisi ter prikazati načine za izboljšavo.

2 ODPRTI PODATKI

2.1 Definicija in pomen odprtih podatkov

Koncept odprtih podatkov se nanaša na idejo, da bi morali biti določeni podatki dostopni vsem in to brez specifičnih pooblastil ali finančnih zmožnosti. Podatki pa morajo imeti odprto pravico uporabe in distribucije [3]. Ti podatki se po večini nanašajo na podatke, ki jih zbirajo javni organi in uradi med svojim delovanjem, vendar so možne tudi pridobitve podatkov zasebnih podjetij ali raziskovalnih institucij.

Glavne značilnosti odprtih podatkov so:

- univerzalna dostopnost: vsakdo mora imeti pravico do dostopa, uporabe in distribucije takšnih podatkov in ne sme biti diskriminiran glede na svoj izvor ali pripadnost katerikoli skupini,
- dostopnost: podatki moraj biti v celoti dostopni preko spleta ali drugačnih podobnih virov, ki pa ne smejo presegati razumnih stroškov reprodukcije,
- strojna berljivost: podatki bi morali biti v obliki, ki omogoča enostavno obdelavo (npr. JSON, XML, CSV),
- ponovna uporaba in distribucija: podatki morajo biti na voljo tako, da dovoljujejo ponovno uporabo in distribucijo, kar tudi vključuje povezavo z drugimi podatkovnimi nizi.

Pojem podatkov je večplasten. Na gospodarski ravni predstavljajo podatki zelo dragocen vir za inovacije, razvoj novih inovativnih produktov in optimizacijo že obstoječih rešitev. Analize kažejo na gospodarski potencial, ki izhaja iz uporabe podatkov javnega sektorja [4]. Na družbeni ravni odprti podatki prispevajo k večji transparentnosti javne uprave, kar omogoča državljanom in različnim združbam vpogled v delovanje države in v njeno porabo virov. Omogočeno pa je tudi sodelovanje javnosti v reševanju družbenih problemov. Na znanstveni ravni odprti podatki omogočajo dostop raziskovalcem do velike količine uporabnih podatkov. Ta dostop raziskovalcem olajša raziskovanje ter pospešuje odkritja in sodelovanje.

Za spodbujanje objave podatkov so bile ustvarjene različne iniciative, kot so: nacionalni portali za odprte podatke (OPSI – Odprti podatki Slovenije [5]), evropski (EU Open Data Portal [3]), ameriški (Data.gov [6]) in drugi globalni centri. Ti centri služijo kot največje točke za pridobivanje, iskanje, dostop in prenos odprtih podatkovnih množic iz vseh mogočih področij.

2.2 Pravni okvir varstva osebnih podatkov (GDPR, ZVOP-2)

Kljub koristnim aspektom odprtih podatkov, ti s svojo odprtostjo ne smejo kršiti temeljne pravice posameznikov do zasebnosti. Ta pravica je v Evropski uniji dobro pravno zavarovana. Na področju imamo dva aktivna akta:

- Splošna uredba o varstvu podatkov (GDPR – General Data Protection Regulation): Uredba (EU) 2016/679 [7], ki se uporablja v vseh državah članicah EU od maja 2018 in predstavlja glavni temelj evropskega sistema varstva osebnih podatkov. GDPR določa pravila glede obdelave podatkov fizičnih oseb in pravila glede pretoka teh podatkov. Cilj uredbe je, da se uredi varnost podatkov po celotni EU in okrepi pravice vseh posameznikov do zasebnosti njihovih podatkov. Za obdelovalce osebnih podatkov so zakonsko določena posebna pravila. [7]
- Zakon o varstvu podatkov (ZVOP-2): v slovenski pravni svet prinaša določbe GDPR, ki jih Evropska Unija prepušča nacionalni uredbi. Ureja specifične vidike varstva podatkov v Sloveniji, vključno z delovanjem nacionalnega nadzornega organa (tj. informacijskega pooblaščenca). [8]

GDPR navaja, da se načela varstva podatkov ne uporabljajo za anonimne informacije oziroma informacije, ki se ne nanašajo na določljivega posameznika, ali za osebne podatke, ki so anonimizirani tako, da posameznik iz podatkov ni več določljiv (Izjava 26 GDPR [9]). Če so podatki učinkovito anonimizirani, njihova objava v javne podatke ni več v pristojnosti uredbe GDPR. Tako velika stopnja anonimizacije je velik izziv.

Če podatki niso popolnoma anonimizirani, ampak so samo psevdonimizirani (obdelani tako, da jih ni več mogoče pripisati specifičnemu posamezniku brez uporabe dodatnih informacij, ki se hranijo ločeno in zanje veljajo tehnični in organizacijski ukrepi), potem za njih veljajo vsa pravila GDPR. Psevdonimizacija velja za ustrezen varnostni ukrep, ki pomaga pri izpolnjevanju zahtev GDPR, vendar sama ne izključuje pristojnosti uredbe.

Pred objavo podatkovne množice, ki lahko vsebujejo ali zagotovo vsebujejo osebne podatke, morajo lastniki podatkov skrbno predvideti tveganja in zagotoviti skladnost z GDPR. Pogosto se pri tem vključi oceno učinkovitosti varstva podatkov – DPIA (ang. Data Protection Impact Assessment). Ocena mora biti izvedena, ne glede na to ali so bili podatki masovno obdelani ali ne.

2.3 Osebni podatki, občutljivi osebni podatki in kvazi-identifikatorji

Za pravilno razumevanje in uporabo pravnih okvirjev ter razumevanje tveganj je ključno definirati vse vrste podatkov, ki so predmet varstva [10]:

- Osebni podatek: v četrtem členu GDPR [11] je osebni podatek »katerakoli informacija v zvezi z določenim ali določljivim posameznikom; določljiv posameznik je tisti, ki ga je mogoče neposredno ali posredno določiti, zlasti z navedbo identifikatorja kot je ime, identifikacijska številka, spletni identifikator, podatek o lokaciji ali navedba dejavnikov, ki so značilni za karakteristike identitete posameznika.« Poudariti moramo, da definicija »določljivega posameznika« opisuje vsa možna sredstva, za katera je verjetno, da jih bo katerakoli oseba uporabila za identifikacijo. Pri presoji, ali so podatki osebni, moramo tudi upoštevati možnost povezave z drugimi podatkovnimi množicami ali viri podatkov.
  - Kvazi-identifikatorji (posredni identifikatorji) so atributi, ki sami po sebi običajno ne omogočajo neposredne identifikacije posameznika, vendar lahko v kombinaciji z drugimi podatki postanejo dovolj specifični, da razkrijejo identiteto. Takšni podatki so posebej problematični pri odprtih ali javno objavljenih podatkovnih množicah, saj lahko napadalci s križanjem različnih virov podatkov izvedejo uspešne napade re-identifikacije. Običajni primeri kvazi-identifikatorjev so: datum rojstva, kraj ali poštna številka, spol, poklic, nacionalnost, podatki o lastništvu ipd. Pri pripravi podatkov za objavo je zato nujno upoštevati prisotnost teh posrednih identifikatorjev in zagotoviti ustrezne metode anonimizacije, ki zmanjšajo tveganje ponovne identifikacije posameznikov.
  - Neposredni identifikatorji: podatki, ki sami po sebi omogočajo direktno identifikacijo posameznika. Primeri so: EMŠO, ime in priimek, davčna številka, fotografija obraza, številka osebnih dokumentov ipd.
- Občutljivi osebni podatki: 9. člen GDPR opredeljuje posebno kategorijo osebnih podatkov. Ti podatki so praviloma prepovedani za obdelavo, razen če so obdelani pod strogimi pogoji. To so podatki, ki razkrivajo: raso, politično mnenje, versko prepričanje, članstvo v sindikatu, genetiko, zdravstveno stanje ipd. Množice, ki vsebujejo te vrste podatkov, zahtevajo posebej visoko stopnjo previdnosti in terjajo tudi izrecno privolitev posameznika ali drugo močno pravno podlago in izjemno visoko stopnjo anonimizacije.

2.4 Razmerje med odprtostjo podatkov in varstvom zasebnosti

Po opisu zgoraj je jasno razvidno, da obstaja razmerje med cilji odprtih podatkov in zahtevami, ki jih moramo implementirati za namene varstva osebnih podatkov. Po eni strani je prisotna želja po odprtosti podatkov in napredovanju, ki ga podatki lahko omogočijo, po drugi strani pa ti podatki ne smejo vsebovati vseh podrobnosti, zaradi katerih bi bila ogrožena zasebnost posameznikov.

Iskanje ravnotežja med tema dvema predpostavkama je kompleksen problem. Podatki, ki so preveč obdelani ali pa imajo preveč postavk izbrisanih, imajo dobro možnost, da postanejo neuporabni ali pa neoptimalni za predvidene namene. Preveč restriktiven pristop k varovanju podatkov lahko vodi k slabi uporabnosti množice za raziskave ali analize. Po drugi strani pa preveč odprt pristop k objavi lahko vodi do velikih kršitev pravic zasebnosti posameznikov v teh podatkih.

3. TVEGANJA ZA ZASEBNOST V ODPRTIH PODATKOVNIH MNOŽICAH

Objava odprtih podatkovnih množic je lahko zelo koristna, vendar prinaša velika tveganja za zasebnost posameznikov. Samo odstranjevanje podatkov, kot

so ime, priimek ali EMŠO, ne zadostuje za ustrezno zaščito zasebnosti. Napadalci lahko z uporabo različnih programov, tehnik in drugih virov izkoristijo podatke za pridobivanje identifikatorjev iz množic, s čimer napadejo zasebnost sodelujočih v množici. V naslednjem podpoglavju so predstavljena in kategorizirana glavna tveganja, ki lahko omogočajo napade.

3.1 Neposredna in posredna identifikacija

Največje osnovno tveganje predstavlja možnost identifikacije posameznika iz odprte množice. Poznamo [12] :

- Neposredna identifikacija: do nje pride, če podatkovna množica vsebuje identifikatorje, kot so EMŠO, številke dokumentov, imena, priimki in podobno. V kontekstu odprtih podatkov se od upravljalca pričakuje, da odstrani ali anonimizira vsaj te najočitnejše pokazatelje identitete posameznikov. Objava takšnih podatkov brez privolitve ali pravne podlage je huda kršitev predpisov o varovanju osebnih podatkov.
- Posredna identifikacija: visoko tveganje nastane pri objavi množic, ki vsebujejo kvazi-identifikatorje. Ti omogočajo posredno identifikacijo, tj. ko kvazi-indetifikatorji s kombiniranjem postanejo dovolj specifični, da se spremenijo v polnomočne identifikatorje. Na primer, z objavo osebnega imena in kraja bivanja v manjših krajih z lahkoto popolnoma identificiramo posameznika, zato je to kršitev varstva podatkov. Nevarnost posredne identifikacije je, da izdajatelj podatkov ne more predvideti vseh načinov, s katerimi bi lahko napadalec ustvaril polnomočne identifikatorje, lahko pa poskusi predvideti tveganje za nevarnost razkritja glede na:
  – velikost populacije, na kateri so podatki ustvarjeni,
  – dostopnost podatkov, ki bi lahko vsebovali druge kvazi-identifikatorje, s katerimi bi lahko napadalec kombiniral svoje podatke in pridobil polne identifikatorje ter
  – število in tip kvazi-identifikatorjev v množici.

3.2 Napadi re-identifikacije

Re-identifikacijski napadi (ang. Linkage Attacks) so napadi na objavljene anonimizirane podatke. Napadalci jih izvedejo s povezovanjem podatkov iz različnih virov. Uporabijo dve množici, eno z anonimiziranimi podatki in drugo, ki vsebuje neposredne identifikatorje ali kvazi-identifikatorje. Nato povežejo skupne atribute obeh množic, s čimer pridobijo osebne identifikatorje iz anonimizirane množice [13].

Primer tovrstnega napada je predstavila dr. Latanya Sweeney [14], ki je prikazala, da za identifikacijo velikega odstotka ameriške populacije zadostujejo zgolj trije kvazi-identifikatorji (poštna številka, datum rojstva in spol). V svoji raziskavi je anonimizirane zdravstvene podatke s tremi kvazi-identifikatorji in diagnozami kombinirala z javno dostopnimi volilnimi seznami ter tako identificirala takratnega guvernerja Massachusettsa in njegove osebne zdravstvene podatke.

Napade re-identifikacije se lahko izvede na več načinov:

- s povezovanjem podatkov znotraj iste množice ali s podatki iz drugih odprtih množic: prisotnost iste osebe znotraj več (odprtih) podatkovnih množic omogoča povezavo kvazi-identifikatorjev med množicami, kar razkrije obširnejši profil osebe in lahko vodi v identifikacijo osebe ali razkritje občutljivih podatkov;
- s povezovanjem z zunanjim virom: če je napadalcu omogočen dostop do zunanjih virov podatkov, kot so baze in registri podatkov s prostimi identifikatorji ali kvazi-identifikatorji, lahko uporabi te množice za povezavo oziroma kombiniranje podatkov.

Tveganja za re-identifikacijske napade se povečujejo z vse večjo dostopnostjo podatkov, ki je posledica vseh zapisov na spletu, od tistih na družbenih omrežij do različnih javnih evidenc. Tako se povečuje nabor podatkov za možnost povezave in identifikacije posameznika. Drugo tveganje je tudi v razvoju tehnologije, ki omogoča hitrejše in natančnejše povezovanje podatkov [15]. Hitro se razvijajo tudi novi algoritmi za povezovanje podatkov, kot so verjetnostno povezovalni algoritmi, ki ne potrebujejo istih kvazi-identifikatorjev, da bi našli povezavo.

3.3 Napadi sklepanja

V primeru neuspeha napadalca, da bi povezal podatke in izvedel re-identifikacijo, lahko iz množice izlušči občutljive podatke s sklepanjem (ang. Inference attacks). Ti napadi izkoriščajo korelacije med atributi in statistično verjetnostjo lastnosti podatkov. Poznamo več vrst [13]:

- sklepanje o atributih: ta napad se zgodi, ko napadalec uspešno ugotovi vrednost občutljivega

atributa (dohodek, bolezen, vera, ipd.), za tega določenega uporabnika pa že pozna identiteto oziroma vključenost v drugi podatkovni množici. Tudi ob anonimizirani množici lahko napadalec odkrije občutljive podatke, če so skupine z občutljivimi podatki in kvazi-identifikatorji enolične, zato moramo paziti, da se take skupine ne pojavljajo;

- sklepanje o članstvu: cilj tega napada ni odkrivanje vrednosti atributov, ampak informacija o prisotnosti posameznika v podatkovni množici. Podatki o prisotnosti v določenih podatkovnih množicah so lahko občutljivi podatki. Na primer, če je objavljena študija določene bolezni v obliki anonimiziranih podatkov, lahko z napadom članstva iz te množice izvemo, ali ima posameznik to bolezen. Sklepanje o članstvu pogosto izkorišča možnost, da se modeli strojnega učenja, trenirani na določenem nizu podatkov, obnašajo drugače za vnose, ki so bili del učne množice, kot za tiste, ki to niso bili.

Napadi sklepanja so najpogosteje uporabljeni in najnevarnejši pri objavi statističnih podatkov ali analiz (pogosto modelov strojnega učenja), ki so bili v osnovi občutljivi podatki. Napadalec lahko take podatke uporabi za rekonstrukcijo izvornih podatkov.

3.4 Napadi na homogenost podatkov, neenakomernost podatkov in napadi s predznanjem

Ti napadi (ang. homogenity, skewness and background knowledge attacks) so narejeni za izpodbijanje osnovnih anonimizacijskih tehnik, kot je k-anonimnost (ta zahteva, da zapis ni razločljiv do vsaj k-1 drugih zapisov) [16].

- Napad na homogenost: ta napad se uporablja, kadar vsebujejo vsi zapisi znotraj k-anonimnih zapisov (ekvivalenčna skupina, ki ima skupne vrednosti kvazi-indentifikatorjev) isto občutljivo vrednost atributa. Če napadalec ve za določenega posameznika, ki pripada tej ekvivalenčni skupini, lahko izve vrednost njegovega občutljivega atributa, čeprav ne ve, kateri zapis pripada posamezniku. Na primer, trije posamezniki (k=3) s poštno številko 2000, starostjo med 40 in 50 let, ki so moškega spola imajo v anonimizirani podatkovni množici zdravstvenega izvora povišan krvni tlak. Napadalec, ki ve za soseda Mateja, ki ustreza določenim kvazi-identifikatorjem, poveže te s tistimi iz množice in tako izve, da ima njegov sosed povišan krvni tlak. Pojav teh napadov je bil povod za ustvarjenje novih modelov kot je l-raznolikost (poglavje 4).
- Napad s predznanjem: napadalec uporabi svoje zunanje podatkovne vire, da obide določene zaščitne mehanizme. Če skupina izpolnjuje l-raznolikost (vsebuje vsaj l različnih vrednosti občutljivega atributa), lahko napadalec z znanjem zoži nabor možnih vrednosti za posameznika. Na primer, če napadalec ve, da ima sosed Matej (v ekvivalenčni skupini) zagotovo raka, in če so v l-raznoliki skupini prisotne občutljive vrednosti »rak na slinavki«, »srčna bolezen« in »dermatitis«, lahko napadalec z veliko verjetnostjo sklepa, da ima njegov sosed Matej raka na slinavki. Obstoj takih napadov je dokaz, da nobena tehnika anonimizacije ni zmožna zaščite pred vsemi načini napada z zunanjim znanjem, kar je spodbudilo razvoj modela t-bližina (poglavje 4).
- Napad na neenakomernost (ang. skewness) podatkov: izkorišča neuravnoteženo porazdelitev občutljivega atributa v podatkovni množici. Določena vrednost atributa v množici izstopa, kar napadalcu zmanjša negotovost o tem atributu. Na primer, če imamo podatkovno množico ljudi s podatki o boleznih, v kateri ima 90 % ljudi v množici gripo, lahko z visoko gotovostjo (90 %) sklepamo, da ima posameznik, ki ga poizkušamo re-identificirati in pripada tej množici, gripo, čeprav obstaja več različnih bolezni in 10 % verjetnost, da ima katero od teh [17].

3.5 Primeri znanih incidentov kršitev zasebnosti

Obstaja kar nekaj znanih incidentov, v katerih so se zgodile identifikacije posameznikov ali razkritja drugih osebnih podatkov kljub domnevni anonimizaciji. Eden najbolj izpostavljenih primerov so iskalni dnevniki podjetja AOL [18]. Podjetje je objavilo veliko anonimizirano množico iskalnih dnevnikov 650.000 uporabnikov. Čeprav so bila uporabniška imena zakrita in zamenjana z naključnimi številkami, je novinarjem New York Timesa uspelo na podlagi vsebine iskalnih poizvedb razpoznati nekatere uporabnike. Iz tega incidenta je razvidno, kako lahko na videz nepomembni podatki, če so objavljeni v dovolj veliki količini, razkrijejo identiteto posameznikov.

Podoben izziv se jezgodil pri tekmovanju Netflix prize kjer je podjetje Netflix objavilo anonimizirano množico podatkov ocen filmov svojih uporabnikov,

da bi organiziralo tekmovanje v izboljšanju sistema priporočil vsebin uporabnikom. Raziskovalca Narayanan in Shmatikov [19] sta pokazala, kako se poveže podatke te množice in množice ocen na strani IMDB, kjer jih uporabniki podajajo s pravimi imeni. Če bi napadalec poznal le nekaj filmov, ki so jih ti uporabniki ocenili na obeh platformah in datum, kdaj so podali svoje ocene, bi s povezovanjem podatkov razkril identitete drugače anonimnih ocenjevalcev na platformi Netflix. Ta raziskava je odkrila zasebne preference uporabnikov ter, ali so uporabniki naročniki Netflix-a. Tekmovanje je nato podjetje Netflix ukinilo zaradi težav z zasebnostjo uporabnikov.

Pogosto citiran je tudi primer podatkov Massachusetts GIC raziskovalke dr. Latanye Sweeney [14], ki je povezala množico zdravstvenih podatkov z volilnimi seznami in tako pridobila občutljive podatke takratnega guvernerja. To je klasičen primer re-identifikacije z uporabo javnih podatkov in kvazi-identifikatorjev.

Avstralska vlada (MBS/PBS) [20] je tudi imela probleme, ko je leta 2018 objavila obsežen anonimiziran podatkovni vzorec, ki je vseboval podatke o zdravniških storitvah (MBS) in zdravilih, izdanih na recept (PBS). Ta podatkovna množica je vsebovala podatke približno 10 % populacije. Raziskovalci Univerze v Melbournu so kmalu po objavi teh podatkov odkrili napako v metodi psevdonimizacije, ki je omogočila relativno enostavno identifikacijo zdravnikov in kasneje tudi pacientov [21]. Podatkovna množica je bila po razkritju kmalu odstranjena.

Iz teh primerov je razvidno, da se lahko v primeru nepravilne ali nepremišljene objave podatkov škodi zasebnosti posameznikov. Pri izvajanju zadostnih ukrepov je treba nakloniti posebno pozornost uporabi in anonimizaciji tovrstnih podatkov, da se prepreči napake in zmanjša varnostna tveganja.

4 TEHNIKE ZA ZAŠČITO OSEBNIH PODATKOV V ODPRTIH PODATKOVNIH MNOŽICAH

V nadaljevanju so prikazane tehnike anonimizacije. Vsaka tehnika je opisana s prikazom njenega delovanja ter naštetimi prednostmi in slabostmi njene uporabe.

4.1 Osnovni pristopi: Agregacija, supresija, generalizacija

To so najosnovnejše tehnike, ki pri obdelavi predstavljajo prvi korak za anonimizacijo množice in so namenjene zmanjševanju podrobnosti v podatkih. So le en del kompleksnega procesa anonimizacije.

Pri agregaciji [22] se uporablja združevanje podatkov v skupine, objavi pa se le podatke v agregiranem stanju. Največkrat se uporabljajo povprečja, vsote in števila. Na primer, pri objavljanju dohodkov v nekem mestu se objavi le povprečna plača tistega geografskega področja ali povprečje posamezne skupine znotraj področja.
Supresija [23] je tehnika odstranjevanja podatkov iz množice. Obstaja več vrst:

- supresija zapisov: odstranjevanje zapisov, ki predstavljajo tveganje za razkritje identitete (zapisi posameznikov, ki bistveno odstopajo od ostalih in jih zato ni mogoče vključiti v skupine z zadostno stopnjo anonimnosti),
- in supresija celic oziroma atributov: odstranjujemo le določene atribute ali vrednosti, ki bi lahko vsebovale občutljive podatke (zamenjava vrednosti z * ali z oznako »izpuščeno«). To tehniko uporabljamo v kombinaciji z drugimi anonimizacijskimi tehnikami, kot so k-anonimnost za zapise, ki jih ne moremo generalizirati.

Generalizacija [24] je metoda, pri kateri natančne vrednosti atributov zamenjamo z manj specifičnimi zapisi. Natančno vrednost dohodka zamenjamo z razponom oziroma razredom. Na primer: natančno višino človeka (npr. 192 centimetrov) zamenjamo z razponom (npr. 190-195 centimetrov). Generalizacija ima tudi posebno obliko, ki se ji reče ang. top-coding in bottom-coding, kjer se vrednosti z določenimi mejami združi v eno kategorijo (npr. spol = moški, starost<20).

4.2 Psevdonimizacija

Psevdonimizacija [25] je tehnika, ki jo GDPR (člen 4 postavka 5) [11] izrecno omenja kot varnostni ukrep. Definira jo kot »obdelavo osebnih podatkov tako, da osebnih podatkov ni več mogoče pripisati specifičnemu posamezniku brez uporabe dodatnih informacij, pod pogojem, da se te dodatne informacije hranijo ločeno ter zanje veljajo tehnični in organizacijski ukrepi za zagotavljanje, da se osebni podatki ne pripišejo določenemu ali določljivemu posamezniku.«

Pri procesu psevdonimizacije se specifične vrednosti zamenjajo z identifikatorji ali s t.i. psevdonimi, ki so umetno ustvarjeni za vsako vrednost. Ti podatki so tako obdelani, da jih je mogoče ponovno identificirati zgolj z uporabo posebne tabele podatkov, ki povezuje psevdonim z realno vrednostjo

identifikatorja. Te tabele oziroma vrednosti morajo biti dobro varovane v ločenih shrambah.

4.3 Modeli anonimizacije

Osnovni modeli zagotavljajo določeno raven zaščite, ki ne zadostuje za objavo podatkov, zato so bili ustvarjeni formalnejši pristopi k anonimizaciji. Ti zagotavljajo višjo stopnjo anonimizacije in varnosti pred raznimi načini napadov re-identifikacije. Formalni modeli so narejeni na osnovi supresije kvazi-identifikatorjev in generalizacije.

4.3.1 K-anonimnost

K-anonimnost je eden izmed najbolj poznanih algoritmov anonimizacije. Cilj te metode je zagotoviti, da nobenega unikatnega posameznika v množici ni mogoče razlikovati od vsaj k-1 drugih posameznikov na podlagi njihovih kvazi-identifikatorjev [14]. Enostavneje, vsaka kombinacija vrednosti kvazi-identifikatorjev se mora v množici pojaviti vsaj k-krat. Skupine s podobnimi kvazi-identifikatorji se imenujejo ekvivalenčne skupine.

K-anonimnost se doseže z generalizacijo in opcijsko supresijo. Ta postopka se izvaja, dokler vsaka ekvivalenčna skupina ne vsebuje vsaj k število variant. Število k si izberemo sami, pri čemer moramo sprejeti kompromis; večji k namreč nudi večjo zaščito pred napadi re-identifikacje, vendar zahteva tudi večjo stopnjo generalizacije in supresije, ki zmanjša informacijsko vrednost podatkovne množice.

4.3.2 L-raznolikost

L-raznolikost [26] je razširitev k-anonimnosti z namenom boljše zaščite pred napadom na homogenost. L-raznolikost poleg k-anonimnosti zahteva, da vsaka ekvivalenčna skupina vsebuje vsaj l »dobrih različnih vrednosti« občutljivega atributa. To so dovolj raznolike vrednosti, da so napadi sklepanja in napadi re-identifikacije na njih oteženi ali onemogočeni.

Poznamo več različnih pogledov na »dobre različne vrednosti«:

- Rekurzivna (c, l)-raznolikost: metoda preprečuje da bil odstotek specifičnega l-občutljivega atributa večji od določenega. S tem preprečuje, da bi bile nekatere vrednosti pogostejše od drugih.
- Razločna l-raznolikost: najlažja verzija te metode, ki zahteva vsaj l različnih vrednosti atributov v vsaki ekvivalenčni skupini.
- Entropijska l-raznolikost: zahteva, da je entropijska porazdelitev občutljivega atributa v množici v vsaki skupini vsaj logaritem od l. S to raznolikostjo dosežemo enakomernejšo porazdelitev vrednosti.

4.3.3 T-bližina

T-bližina [27] je bila zasnovana zaradi slabosti l-raznolikosti in k-anonimnosti, še posebej zaradi napadov podobnosti in napadov na neenakomernost podatkov. Model deluje tako, da so porazdelitve vrednosti občutljivega atributa v ekvivalenčnih skupinah blizu porazdelitvi tega atributa v izvirni množici. Bližina se v tej metodi meri z razdaljo t občutljivega atributa v ekvivalenčni množici od atributa v izvirni množici, ki ne sme presegati meje t.

4.3.4 Diferencialna zasebnost

Diferencialna zasebnost [28] predstavlja pristop, ki ni podoben ostalim pristopom (tj. skrivanjem posameznikov v skupine), ampak temelji na omejevanju količine informacij o posamezniku, ki jih je mogoče pridobiti iz rezultata analize ali objavljenih podatkov. Je matematično zahtevna definicija zasebnosti, ki kot rezultat analize ali poizvedbe poda popolnoma enak odgovor, ne glede na to, ali so posameznikovi podatki vključeni ali ne.

Ta zasebnost se doseže z dodajanjem umerjenega naključnega šuma, bodisi v proces poizvedbe bodisi v same podatke, preden so objavljeni. Količina šuma, ki je dodan, je odvisna od parametra epsilon (e^{ε}), imenovanega tudi proračun zasebnosti (ang. Privacy Budget). Manjši e^{ε} pomeni več zasebnosti (več šuma) in obratno. Diferencialna zasebnost zagotavlja, da za dve naključni množici in $M1$ in $M2$, ki se razlikujeta le v enem zapisu, in naključno množico C, velja: $P(ZasebniIzr(M1) \in C) \leq e^{\varepsilon} * P(ZasebniIzr(M2) \in C) + \delta$. Tukaj P predstavlja verjetnost, da bo ($ZasebniIzr(M1)$ vključen v množico izhodov C, e^{ε} pa predstavlja Eulerjevo število, ki je matematična konstanta (približno 2.71828). Parameter δ predstavlja odstopanja, pri katerih zaščita zasebnosti ni zagotovljena. Pogosto se uporablja poenostavljena zasebnost, kjer je $\delta = 0$.

Mehanizmi za doseganje diferencialne zasebnosti so:

- Gaussov mehanizem: doda šum z Gaussovo porazdelitvijo k numeričnim rezultatom. Najpogosteje se uporablja s kombinacijo (e^{ε}, δ) – DZ (diferencialna zasebnost).
- Eksponentni mehanizem: se uporablja največ pri

numeričnih rezultatih, kjer se verjetnost odgovora določi na njegovo kvaliteto in e^{ϵ}. Lahko pa ga tudi uporabimo za kategorične podatke, kjer določimo podatek z uporabo posebne funkcije.
- Laplaceov mehanizem: dodajamo šum z Laplaceovo porazdelitvijo k numeričnim rezultatom poizvedb (npr. povprečja). Koliko šuma bo dodanega, je odvisno od občutljivosti poizvedbe in od e^{ϵ}.
- Naključni odgovor: uporabljamo pri kategoričnih in numeričnih podatkih tako, da mešamo odgovore na ravni populacije. Če nekdo odgovori z odgovorom, nam tega odgovora ni treba dodati v zapis iste osebe, temveč v drug zapis, kar storimo pri vseh posameznikih iz populacije. Tako je na ravni populacije še vedno ista vrednost podatkov, le identitete posameznikov so zakrite.

Obstajajo tudi različni modeli diferencialne zasebnosti:
- Lokalna diferencialna zasebnost: vsak uporabnik v svoje podatke doda šum, preden jih pošlje centralni agregacijski enoti. S tem pristopom se zagotovi večja zaščita, ampak nastane v podatkih več šuma za isto raven zasebnosti. Ta metoda je varnejša, saj agregator nikoli ne vidi osebnih podatkov posameznika.
- Centralizirana diferencialna zasebnost: določi se zaupanja vrednega skrbnika, ki se mu omogoči dostop do vseh podatkov. Skrbnik izvaja poizvedbe in dodaja šum k rezultatom, preden so podatki objavljeni.

4.4 Generiranje sintetičnih podatkov

Naslednja možnost za zaščito osebnih podatkov je ustvarjanje popolnoma sintetičnih podatkov [29], ki po analitičnem in vzorčnem stanju popolnoma posnemajo vzorce izvirne množice, ampak ne vsebujejo nobene realne informacije iz nje.

Poznamo generacijo z uporabo strojnega učenja, na primer z generativnimi nasprotniškimi mrežami (ang. Generative Adversarial Networks), ki so naučene generirati realistične podatke. Poznamo tudi pristop generacije na podlagi statističnih modelov, ki temelji na vzorčenju iz porazdelitve atributov.

Možno je generiranje s kombinacijo sintetičnih podatkov z diferencialno zasebnostjo. Najprej se model uči na podatkih z zagotovljeno diferencialno porazdelitvijo, nato pa se z njim generira sintetične podatke. S tem pristopom omogočimo visoko raven zasebnosti.

4.5 Primerjava tehnik: Prednosti, slabosti in področja uporabe

Izbira tehnike ali kombinacije tehnik za zagotavljanje zaščite je odvisna od več dejavnikov:
- kolikšna stopnja zasebnosti je zahtevana glede na pravne zahteve in ocene tveganja,
- narave podatkov (števila zapisov, atributov, kvazi-identifikatorjev, itd.),
- virov na razpolago in znanja upravljalcev,
- potencialnih napadov in znanja napadalcev,
- želene stopnja uporabnosti podatkov po uporabi anonimizacijske metode.

Za zagotavljanje anonimizacije pri objavljanju podatkovnih množic obstaja širok nabor tehnik in modelov. Pri izbiri tehnike nobena ne izstopa iz množice, vendar je vsaka dobra za svoje področje uporabe in vse zahtevajo isti kompromis; za večjo stopnjo zaščite tvegamo večjo izgubo ali popačenost podatkov. Osnovni modeli so preprosti in nudijo hitro, a slabo zaščito. Modeli kot so k-anonimnost, l-raznolikost in t-bližina nudijo večjo odpornost pred napadi, vendar imajo določene pomanjkljivosti. Diferencialna zasebnost skuša povečati zaščito, pri čemer doda šum v podatke, kar zmanjša njihovo uporabnost. Sintetični podatki ne objavijo nobenega osebnega podatka, ampak so računsko zahtevni za izvedbo. Najpogosteje se uporablja kombinacija več tehnik za zagotovitev največje odpornosti pred napadi. Najpomembnejše je zavedanje tveganja in občutljivosti podatkov, ki jih objavljamo, poznati pa moramo tudi tehnike in pristope, ki bodo najučinkoviteje zaščitile podatke, ki jih nameravamo objaviti.

5 METODOLOGIJA RAZISKAVE

Raziskavo smo zasnovali kot sistematični pregled in empirično analizo javno dostopnih podatkovnih zbirk z vidika tveganj za ponovno identifikacijo posameznikov.

Najprej smo oblikovali raziskovalna vprašanja:
- V kolikšni meri izbrane odprte podatkovne zbirke omogočajo ponovno identifikacijo posameznikov?
- Katere tehnike anonimizacije oziroma psevdonimizacije so bile uporabljene in kako učinkovite so?
- Ali izbrane zbirke ustrezajo sodobnim standardom varstva osebnih podatkov?

V prvem koraku smo izvedli sistematični pregled slovenskega portala odprtih podatkov (OPSI),

kjer so objavljene podatkovne zbirke različnih državnih organov in institucij. Pri tem smo uporabili kriterije izbora, ki so vključevali:

- prisotnost podatkov na ravni posameznika (individualni zapisi),
- dostopnost podatkov brez omejitev,
- vsebovanje potencialnih kvazi-identifikatorjev (npr. starost, spol, geografska lokacija),
- zbirke, ki predstavljajo različne tipe tveganj: področje kriminalitete (občutljivi osebni podatki), register vozil (tehnični unikatni identifikatorji) in kmetijstvo (javna dostopnost zaradi transparentnosti).

Na podlagi teh kriterijev smo izbrali tri podatkovne zbirke za nadaljnjo analizo. Izbor je bil namenoma usmerjen v zbirke, pri katerih obstaja povečano tveganje za ponovno identifikacijo zaradi strukture podatkov.

V drugem koraku smo nad izbranimi zbirkami izvedli eksperimente ponovne identifikacije. Ti so temeljili na kombiniranju kvazi-identifikatorjev ter povezovanju z zunanjimi, javno dostopnimi viri podatkov. Na ta način smo simulirali realistične scenarije napadov in ocenili verjetnost uspešne reidentifikacije posameznikov.

V tretjem koraku smo analizirali uporabljene pristope varovanja podatkov, pri čemer smo dosledno razlikovali med: anonimizacijo (nepovratna odstranitev identifikacijskih elementov) in psevdonimizacijo (zamenjava identifikatorjev z nadomestnimi vrednostmi, ob možnosti ponovne povezave).

Stopnjo zaščite podatkov smo ovrednotili tudi z vidika uveljavljenih modelov, kot so k-anonimnost, l-raznolikost in t-približek. Preverili smo tudi status obravnavanih podatkovnih zbirk (npr. ali so bile zaradi ugotovljenih pomanjkljivosti anonimizacije naknadno umaknjene ali spremenjene) ter to ustrezno vključili v interpretacijo rezultatov. Na podlagi ugotovitev smo oblikovali priporočila za izboljšanje praks objavljanja odprtih podatkov, z namenom zmanjšanja tveganj za razkritje identitete posameznikov.

6 ANALIZA PRIMEROV ODPRTIH PODATKOVNIH MNOŽIC

V tem poglavju smo uporabili tehnike in postopke, opisane v prejšnjih poglavjih, za analiziranje konkretnih primerov podatkovnih množic. Naš cilj je bil pregledati podatkovne množice in analizirati uporabljene anonimizacijske tehnike, oceniti tveganja ter pregledati možnost ponovne identifikacije posameznikov v množici. Vsaka analizirana množica omogoča globlji vpogled v trenutno stanje in prakse obdelave ter objave podatkovnih množic. Z rezultati analize smo dobili podlago za preverjanje trenutnega stanja Slovenskih odprtih množic.

6.1 Analiza 1. primera: podatki o slovenskih kaznivih dejanjih

Prvi primer analize zajema javno dostopno podatkovno množico kaznivih dejanj, zabeleženih v Sloveniji leta 2023. Množica vsebuje 94.816 zapisov, pri čemer vsak zapis predstavlja posameznika, vpletenega v kaznivo dejanje – bodisi kot storilca bodisi kot žrtev. Množica vključuje širok nabor atributov, med drugim: zaporedno številko kaznivega dejanja, časovno umestitev (mesec, dan v tednu, uro storitve), policijsko upravo (PU) storitve, podatke o povratništvu, opis in poglavje kaznivega dejanja, označbe gospodarskega, organiziranega ali mladoletniškega kriminala, podatke o poskusu dejanja, kriminalistične oznake, uporabljena sredstva, upravno enoto, opis kraja dogodka, leto in vrsto zaključnega dokumenta, podatke o osebi (zaporedna številka, vloga, starostni razred, spol, državljanstvo) ter dodatne atribute, kot so poškodba, vpliv alkohola ali mamil, vključenost v organizirano združbo in ocenjena škoda.

Na podlagi sistematičnega pregleda smo prepoznali dva neposredna identifikatorja, devet kvazi-identifikatorjev in tri občutljive atribute. Takšna kombinacija kaže na visoko tveganje za kršitev zasebnosti, saj omogoča možnost posredne prepoznave posameznikov, zlasti v primeru povezovanja z zunanjimi viri.

V anonimizacijskem pregledu nismo zaznali znakov uporabe naprednih anonimizacijskih tehnik. Prisotna je zgolj osnovna supresija, izvedena z odstranitvijo nekaterih atributov, medtem ko metod, kot so generalizacija ali agregacija, množica ne kaže. Takšna struktura podatkov omogoča enostavno povezovanje posameznih zapisov z drugimi javno dostopnimi informacijami.

Analitične ugotovitve kažejo, da je tveganje za re-identifikacijo visoko zaradi:

- nepopolne uporabe anonimizacijskih metod,
- visokih podrobnosti o času, kraju in vrsti kaznivih dejanj,
- prisotnosti občutljivih atributov, ki bi lahko povzročili znatno škodo posameznikom v primeru razkritja.

Za oceno dejanske izvedljivosti re-identifikacije smo izvedli kontroliran poskus re-identifikacije, ki je bil izveden v raziskovalne in izobraževalne namene, skladno z etičnimi načeli varstva osebnih podatkov. Postopek je temeljil izključno na uporabi javno dostopnih virov brez neposrednega vpogleda v neanonimizirane osebne podatke.

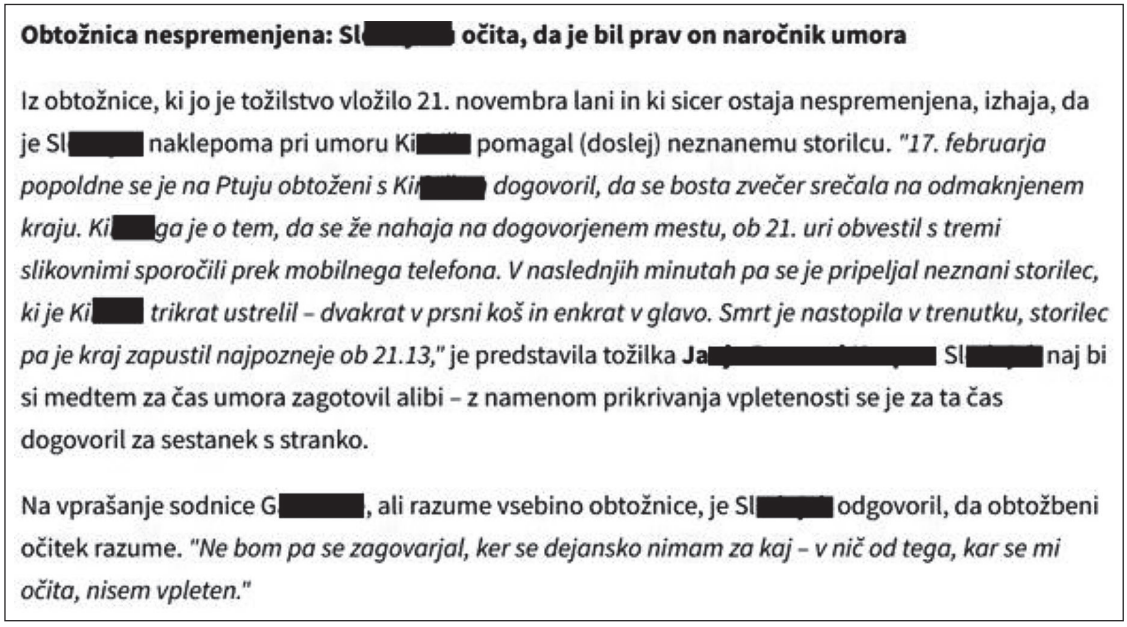
V okviru poskusa smo identificirali zapis (Tabela 1), ki se je nanašal na redko kaznivo dejanje – umor, storjen leta 2023 na Ptuju. Zapis je vseboval naslednje kvazi-identifikatorje: čas (četrtek zvečer), kraj (Ptuj) in uporabljeno sredstvo (strelno orožje). Ujemanje teh atributov smo primerjali z novinarskim člankom, objavljenim na javno dostopnem spletnem portalu (Slika 1), ki je opisoval isti dogodek. Članek je navajal dodatne informacije, med drugim ime in priimek storilca. Povezava med podatki iz članka in kvazi-identifikatorji v množici je omogočila uspešno ponovno identifikacijo posameznika.

Analiza primera potrjuje, da lahko redkost dogodkov (npr. umorov) ter kombinacija časovnih in prostorskih podatkov bistveno povečata tveganje za re-identifikacijo tudi v navidezno anonimiziranih množicah. Takšni atributi imajo močno diskriminativno moč in omogočajo natančno povezovanje z javnimi viri.

Zaključek analize potrjuje, da množica ne izkazuje ustrezne anonimizacije in da predstavlja visoko tveganje za ponovno identifikacijo. Uporaba osnovnih ali naprednejših metod, kot so k-anonimnost, l--raznolikost in t-bližina, bi bila nujna za zmanjšanje verjetnosti razkritja posameznikov, obenem pa bi ohranila raziskovalno vrednost podatkov. Primer jasno ponazarja, da tudi uradno anonimizirani nabori podatkov lahko predstavljajo tveganje, če vsebujejo redke dogodke in kombinacije atributov, ki omogočajo posredno identifikacijo.

Tabela 1: **Zapis re-identifikacije prve množice**

Zaporedna številka KD	**18646**
Mesec storitve	22022
Ura storitve	21:00-21:59
Dan v tednu	Četrtek
Policijska enota	PU Maribor
Povratnik	Ne
Opis kaznivega dejanja	KZ12/116*/1// – Umor
Poglavje KD	Kaznivo dejanje zoper življenje in telo
Gospodarski kriminal	Splošna kazniva dejanja
Organiziran kriminal	(ni podatka)
Mladoletniška kriminaliteta	(ni podatka)
Poskus KD	Ne
Kriminalistična oznaka 1	Ni oznake
Kriminalistična oznaka 2	(prazno)
Kriminalistična oznaka 3	(prazno)
Uporabljeno sredstvo 1	236 – Pištola
Uporabljeno sredstvo 2	(prazno)
Uporabljeno sredstvo 3	(prazno)
Uporabljeno sredstvo 4	(prazno)
Upravna enota	Ptuj
Opis kraja dogodka	Območje prometa
Leto zaključnega dokumenta	2022
Vrsta zaključnega dokumenta	Ovadba
Zaporedna številka osebe	18646002
Vrsta osebe	Ovadenec / osumljenec
Starostni razred	34–44 let
Spol	Moški
Državljanstvo	Slovensko
Poškodba	(prazno)
Vpliv alkohola	Ne
Vpliv mamil	Ne
Organizirana združba	Ne
Škoda	Brez



Obtožnica nespremenjena: Sl[redacted] očita, da je bil prav on naročnik umora

Iz obtožnice, ki jo je tožilstvo vložilo 21. novembra lani in ki sicer ostaja nespremenjena, izhaja, da je Sl[redacted] naklepoma pri umoru Ki[redacted] pomagal (doslej) neznanemu storilcu. *"17. februarja popoldne se je na Ptuju obtoženi s Ki[redacted] dogovoril, da se bosta zvečer srečala na odmaknjenem kraju. Ki[redacted]ga je o tem, da se že nahaja na dogovorjenem mestu, ob 21. uri obvestil s tremi slikovnimi sporočili prek mobilnega telefona. V naslednjih minutah pa se je pripeljal neznani storilec, ki je Ki[redacted] trikrat ustrelil – dvakrat v prsni koš in enkrat v glavo. Smrt je nastopila v trenutku, storilec pa je kraj zapustil najpozneje ob 21.13,"* je predstavila tožilka **Ja[redacted] Sl[redacted]** naj bi si medtem za čas umora zagotovil alibi – z namenom prikrivanja vpletenosti se je za ta čas dogovoril za sestanek s stranko.

Na vprašanje sodnice G[redacted], ali razume vsebino obtožnice, je Sl[redacted] odgovoril, da obtožbeni očitek razume. *"Ne bom pa se zagovarjal, ker se dejansko nimam za kaj – v nič od tega, kar se mi očita, nisem vpleten."*

Slika 1: **Članek ujemajoč z zapisom iz množice**

Analiza prvega primera slovenske podatkovne množice kaže na velike izzive pri zasebnosti posameznikov, katerih podatki so objavljeni v odprtih množicah, in opozarja na potrebo po boljši zaščiti podatkov, preden so ti objavljeni.

6.2 Analiza 2. primera: podatki o prvi registraciji avtomobilov

Kot drugi primer smo analizirali javno dostopno podatkovno množico prvih registracij vozil v Sloveniji za leto 2023. Množica vsebuje 12.890 zapisov, pri čemer vsak zapis predstavlja posamezno registracijo vozila. Vsebovani atributi vključujejo med drugim: datum prve registracije vozila, datum prve registracije v Sloveniji, oznako potrdila o skladnosti, datum in status vozila, registrsko območje ter podvrsto registrske tablice, izvajalno enoto prve registracije, starost uporabnika vozila, spol lastnika (kadar gre za fizično osebo), tip lastnika (pravna ali fizična oseba), znamko in tovarniško oznako vozila, državo izvora, datum izdaje COC dokumenta ter VIN številko in identifikacijsko kodo vozila.

Na podlagi pregleda strukture podatkov smo ugotovili prisotnost enega neposrednega identifikatorja (VIN številka) ter štirih kvazi-identifikatorjev, ki bi lahko v kombinaciji omogočili prepoznavo posameznika. Analiza anonimnosti množice je pokazala, da podatki ne kažejo znakov sistematične anonimizacije. Edina prepoznana tehnika, ki bi lahko bila uporabljena, je supresija z odstranitvijo določenih atributov, medtem ko metod, kot so generalizacija ali agregacija nismo zaznali.

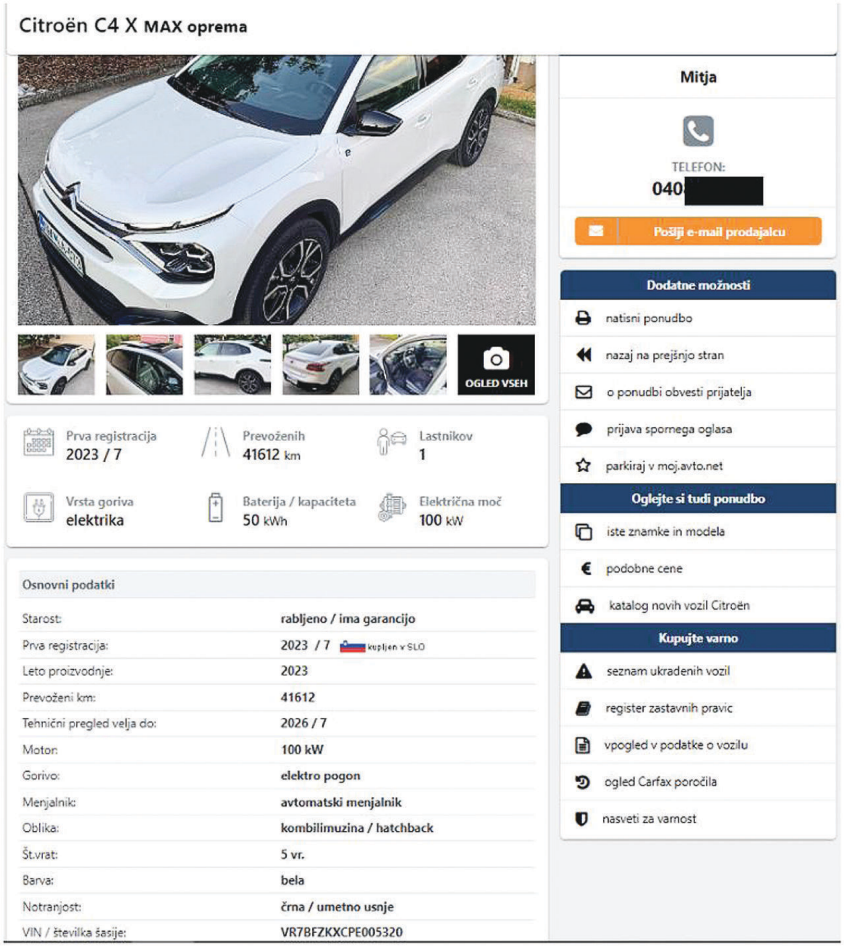
Zaradi ohranjenih identifikacijskih lastnosti smo ocenili, da je tveganje za re-identifikacijo precejšnje, saj je mogoče posamezne zapise povezati z zunanjimi javno dostopnimi viri. V ta namen smo izvedli kontroliran poskus re-identifikacije, katerega namen je bil eksperimentalno potrditi obstoj tveganja. Poskus je bil izveden izključno z uporabo javno dostopnih informacij in v skladu z etičnimi načeli raziskovanja.

V okviru poskusa smo izbrali en zapis, pri katerem smo VIN številko uporabili kot povezovalni atribut. S pomočjo javno dostopnih spletnih oglasov za prodajo vozil smo poiskali ujemanje tovarniške številke (VIN) z vozilom v oglasu. Oglas je vseboval dodatne informacije, kot so telefonska številka in ime prodajalca, ki smo jih nato povezali z ustreznimi atributi v podatkovni množici. Na ta način je bilo mogoče določiti identiteto posameznika, kar predstavlja uspešno izvedeno re-identifikacijo. Kot primer uspešne ponovne identifikacije smo analizirali zapis iz podatkovne množice (Tabela 2), ki je vseboval informacije o avtu Citroen C4 MAX. Zapis je omenjal avto s specifično tovarniško oznako katero smo na portalu avto.net [5] našli v enem izmed oglasov. Podatke iz množice smo primerjali z oglasom (Slika 2)

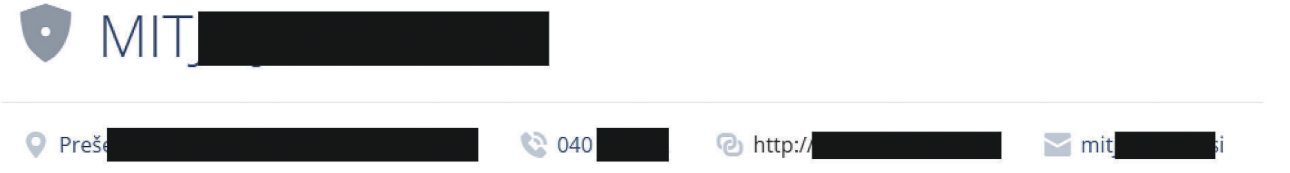
in našli, da se tudi drugi podatki iz množice ujemajo. Za identifikacijo posameznika pa smo uporabili telefnosko številko objavitelja oglasa ter njegovo ime preko katere smo s pomočjo imenika ter iskalnika našli naslov ter polno ime osebe, ki ima ta avto v lasti (Slika 3). S tem primerom vidimo, da lahko objave neposrednih identifikatorjev hitro vodijo v re-identifikacijo posameznika v množici tudi, če ne kažejo neposredno na posameznika.

Tabela 2: **Zapis ujemajočega zapisa drugega primera**

B-Datum prve registracije vozila	27.06.2023
2A-Datum prve registracije vozila v SLO	27.06.2023
1K-Oznaka potrdila o skladnosti	SA
Datum statusa vozila	27.06.2023
Status vozila (id)	1
Status vozila (opis)	registrirano
Izvajalna enota prve registracije	REGIA GROUP d.d., PE MOSTE
4A-Registrsko obmocje tablice prve registracije	LJUBLJANA
4A-Podvrsta tablice prve registracije	NT
C-Spol uporabnika (če gre za fizično osebo)	P
C-Ali je uporabnik tudi lastnik vozila	DA
C1.3-Upravna enota uporabnika (oznaka)	009
C1.3-Upravna enota uporabnika (opis)	GROSUPLJE
C1.3-Občina uporabnika (oznaka)	032
C1.3-Občina uporabnika (opis)	Grosuplje
C2-Ali je lastnik pravna ali fizična oseba	P
D.1-Znamka	CITROEN
D.2-Tovarniška oznaka	BFZKXC-B0MA00
D.3-Komercialna oznaka	C4 X / 100 / ELEKT.
D.4.2-Država (opis)	Francija
D.4.2-Država (koda)	FRA
D.5-Datum izdaje COC dokumenta	26.06.2023
E-VIN	VR7BFZKXCPE023004
F.1-Največja tehnično dovoljena masa vozila	2040
G-Masa vozila	1715
J-Kategorija in vrsta vozila (oznaka)	M1
J-Kategorija in vrsta vozila (opis)	osebni avtomobil
K-Homologacijska oznaka vozila	e9*2007/46*6816*15
L-Število osi	2
M-Medosje	2670
M.1-Zadnji previs	1050,0
N-Razporeditev najv. tehnično dovoljene mase na osi	1020/1070
O.1.3-Priklopnik s centralno osjo	–1
O.2-Nezavirano priklopno vozilo	–1
P.1.3-Vrsta goriva (opis)	Ni goriva
P.1.5-Oznaka motorja	PERMANENTI MAGN. SINHRON MOTOR
P.2.1-Tip	100
P.2.3-Delovna napetost	400
P.2.4-Pogonske baterije	Lithium-ion 400V
P.2.5-Oznaka motorja	ZK01
R-Barva vozila (opis)	navaden – BELA – SREDNJA
S.1-Število sedežev	5
T-Najvišja hitrost	150
V.1-CO	68
V.7-CO2	0
V.9-Podatek o okoljevarstveni kategoriji vozila	715/2007*2018/1832AX (EURO)
X-Oblika nadgradnje (oznaka)	AA
X-Oblika nadgradnje (opis)	limuzina
Y.1-Dolžina	4600
Y.2-Širina	1800
Y.3-Višina	1525
Z.1-Dovoljene pnevmatike in platišča	195/60 R18 96H 6.50J18 ET26, 215/60 R17 96H 6.50J17 ET32, 215/65 R16 98H 6.50J16 ET32
Datum izdaje potrdila o skladnosti	26.06.2023
Okoljevarstvena oznaka	Ni relevantno
Komercialna oznaka do prvega	C4 X



Slika 2: **Ujemajoč oglas z zapisom iz množice**



Slika 3: **Pordrobnejša re-identifikacija oglasa**

Ta primer kaže, da lahko, kot smo storili že pri prejšnji množici, brez dobre anonimizacije izvedemo re-identifikacijo in pridobimo podatke iz množic, ki naj bi bile varne.

6.3 Analiza 3. primera: certifikati pridelovalcev

Kot tretji primer smo analizirali javno dostopno podatkovno množico o izdanih varnostnih in strokovnih certifikatih v Republiki Sloveniji. Množica vsebuje 8.472 zapisov, pri čemer vsak zapis predstavlja posamezno izdajo certifikata določenemu podjetju ali posamezniku. Vsebovani atributi vključujejo: ime certifikacijskega organa, naziv certifikata, področje certifikacije, številko in datum izdaje certifikata, veljavnost, status (aktiven/potekel), ime podjetja ali nosilca, kraj oziroma sedež podjetja, panogo dejavnosti ter vrsto standarda (npr. ISO 9001, ISO 14001, ISO/IEC 27001 ipd.).

Analiza strukture podatkovne množice je pokazala, da ta vsebuje atribute, ki lahko v določenih primerih omogočajo posredno identifikacijo posameznikov, predvsem kadar gre za samostojne podjetnike ali fizične osebe, ki nastopajo kot nosilci certifikatov. Prisotnost atributov, kot so naziv podjetja ali osebe, kraj, datum izdaje in vrsta certifikata, predstavlja kombinacijo potencialnih kvazi-identifikatorjev, ki bi v povezavi z javno dostopnimi viri lahko omogočili prepoznavo posameznika.

Pri pregledu anonimizacijskih značilnosti množice nismo zaznali uporabe nobene izmed standardnih tehnik anonimizacije, kot so generalizacija ali razne agregacije. Edini ukrep, ki bi ga bilo mogoče delno prepoznati, je supresija pri določenih atributih (npr. izpuščene identifikacijske številke). Kljub temu struktura množice ohranja dovolj natančne informacije, da bi bilo ob določenih okoliščinah mogoče razkriti identiteto posameznika.

V tem primeru nismo izvajali postopka re-identifikacije, saj množica ni bila objavljena z oznako anonimiziranih podatkov. Namen analize je bil predvsem opozoriti na dejstvo, da se lahko tudi v odprtih podatkovnih zbirkah, ki so primarno namenjene preglednosti in informiranju javnosti, nahajajo osebni podatki ali podatki, ki omogočajo njihovo posredno razkritje. Takšne situacije poudarjajo pomen ustrezne presoje, ali je objava določenih atributov res nujna, ter potrebo po dosledni uporabi tehnik anonimizacije v primerih, kjer to zahteva zakonodaja ali etična odgovornost upravljavcev podatkov.

6.4 Povzetek pregledov

Analiza treh različnih podatkovnih množic je pokazala različne stopnje tveganja za zasebnost posameznikov in obstoječe ali potencialne možnosti re-identifikacije.

Primer 1 – Kazniva dejanja: Množica vsebuje podrobne zapise o posameznikih, ki so vpleteni v kazniva dejanja, vključno z demografskimi podatki in kontekstom dogodkov. Prisotnost neposrednih identifikatorjev, kvazi-identifikatorjev in občutljivih atributov omogoča visoko tveganje za re-identifikacijo. Poskus povezovanja podatkov z javno dostopnimi viri je pokazal, da je identifikacija posameznikov praktično izvedljiva, kar jasno kaže na potrebo po ustrezni anonimizaciji pri obdelavi in objavi takšnih podatkov.

Primer 2 – Registracije vozil: Množica vsebuje zapise o posameznih registracijah vozil, kjer so prisotni neposredni in kvazi-identifikatorji (VIN številka, starost lastnika, status vozila, registrska območja). Analiza je pokazala odsotnost sistematične anonimizacije, tveganje za re-identifikacijo pa je bilo potrjeno z eksperimentalnim poskusom, pri katerem smo posamezne zapise povezali z javno dostopnimi oglasi za prodajo vozil.

Primer 3 – Certifikati kmetijskih in strokovnih pridelovalcev: Množica vsebuje javno objavljene podatke o prejemnikih certifikatov, pri čemer so neposredni identifikatorji (ime in naziv nosilca certifikata) namenoma prisotni. Kljub temu, da re-identifikacije nismo izvajali, analiza kaže, da je kombinacija atributov potencialno dovolj natančna za identifikacijo posameznika ali podjetja. Ta primer poudarja, da je v odprtih podatkih prisotnost osebnih ali posredno identificirajočih atributov smiselna le, če je to v skladu z namenom objave in zakonodajo.

Skupna ugotovitev vseh treh pregledov je, da podatkovne množice v praksi pogosto vsebujejo osebne podatke ali podatke, ki omogočajo identifikacijo posameznikov. Stopnja tveganja se razlikuje glede na naravo in namen množice, prisotnost neposrednih identifikatorjev, kvazi-identifikatorjev ter občutljivih atributov. Analiza potrjuje, da je uporaba ustreznih tehnik anonimizacije ključna za zmanjšanje možnosti re-identifikacije, predvsem, ko želimo zaščititi zasebnost posameznikov.

7 PRIKAZ MOČNEJŠE ANONIMIZACIJE

V tem poglavju bomo predstavili pristop k pravilni anonimizaciji podatkovne množice policijskih prekškov, ki je bila obravnavana kot prvi primer v našem pregledu. Kot smo ugotovili v analizi, je množica vsebovala neposredne identifikatorje, kvazi-identifikatorje in občutljive podatke, kar je ustvarjalo visoko tveganje za ponovno identifikacijo posameznikov.

Cilj tega poglavja je prikazati metodologijo sistematične anonimizacije, ki zmanjšuje tveganje za re-identifikacijo, hkrati pa ohranja uporabnost podatkov za analitične in raziskovalne namene. Posebna pozornost je namenjena ohranjanju strukture podatkov in možnosti analiziranja agregiranih podatkov, pri čemer se uporabi kombinacija tehnik, kot so supresija, generalizacija, psevdonimizacija in, po potrebi, agregacija podatkov.

7.1 Postopek anonimizacije

Identifikacija neposrednih in kvazi-identifikatorjev: neposredne identifikatorje (npr. zaporedna številka osebe, ime, priimek) smo identificirali in označili kot občutljive atribute. Kvazi-identifikatorji, kot so starostni razred, spol, lokacija (uprava, občina) ter časovni atributi (mesec, dan, ura), so bili evidentirani za nadaljnjo obdelavo.

Supresija neposrednih identifikatorjev: vse atribute, ki bi omogočali neposredno identifikacijo posameznika, smo odstranili ali psevdonimizirali. Zaporedne številke in imena smo nadomestili z anonimnimi oznakami (npr. ID001, ID002) brez možnosti povratne povezave do originalnih podatkov.

Generalizacija kvazi-identifikatorjev: starost smo zamenjali s starostnimi razredi (npr. 18–25, 26–35, 36–45), da bi zmanjšali natančnost in hkrati ohranili možnost statistične obdelave. Lokacijske atribute smo znižali na višjo administrativno raven (npr. policijska uprava namesto občine ali naselja). Časovne atribute (ura, dan) smo agregirali v širše intervale (npr. jutro, popoldan, večer).

Psevdonimizacija občutljivih atributov: atributi, kot so opis kaznivega dejanja ali status prekrška, so ostali v množici, vendar smo jih po potrebi kodirali ali kategorizirali, da bi preprečili neposredno prepoznavanje specifičnih primerov.

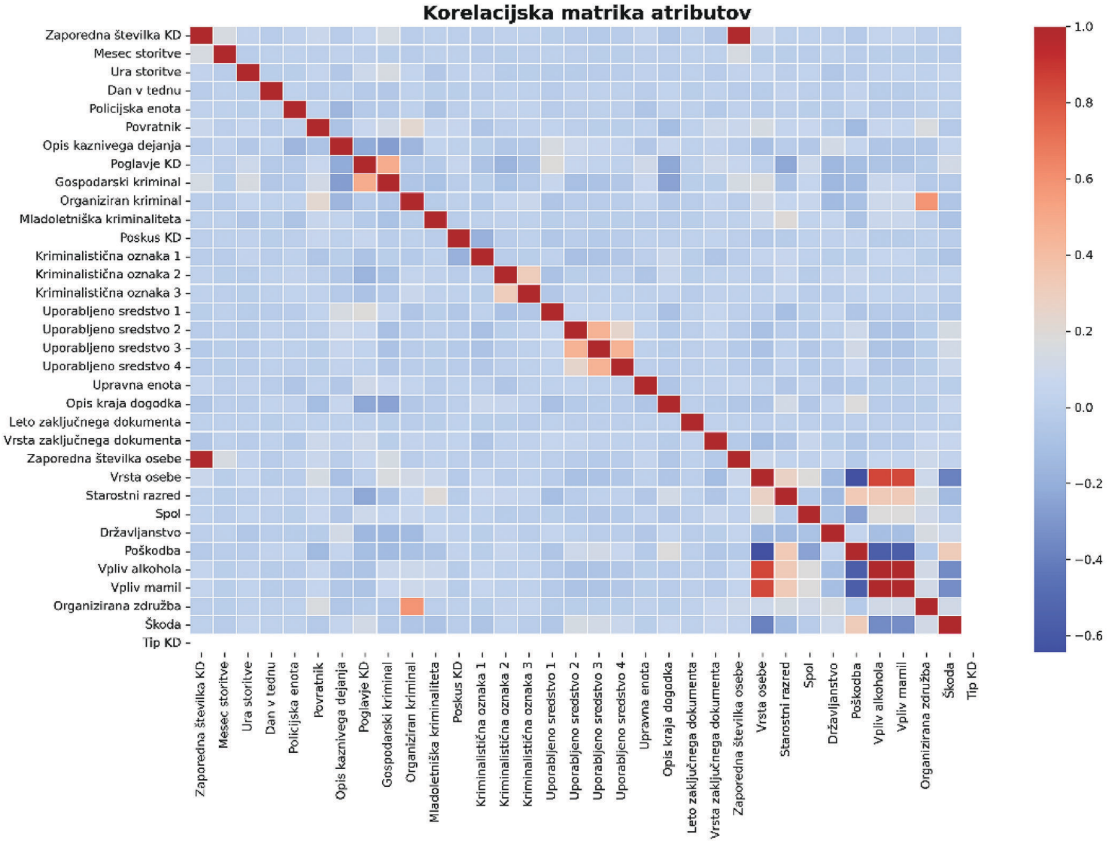
Agregacija in pregled doslednosti: v primeru, da je kombinacija kvazi-identifikatorjev še vedno omogočala edinstvene zapise, smo zapise združili ali agregirali (npr. manjši podatkovni sklopi so bili združeni v skupine). Preverili smo konsistentnost celotne množice, da ni prišlo do izgube pomembnih informacij za analizo, hkrati pa smo zmanjšali tveganje za re-identifikacijo.

Evalvacija tveganja: po izvedbi anonimizacije smo ovrednotili k-anonimnost, l-raznolikost in druge meritve tveganja za re-identifikacijo. Rezultati so pokazali, da je bilo tveganje bistveno znižano, hkrati pa so podatki ohranili uporabnost za raziskovalne in statistične analize.

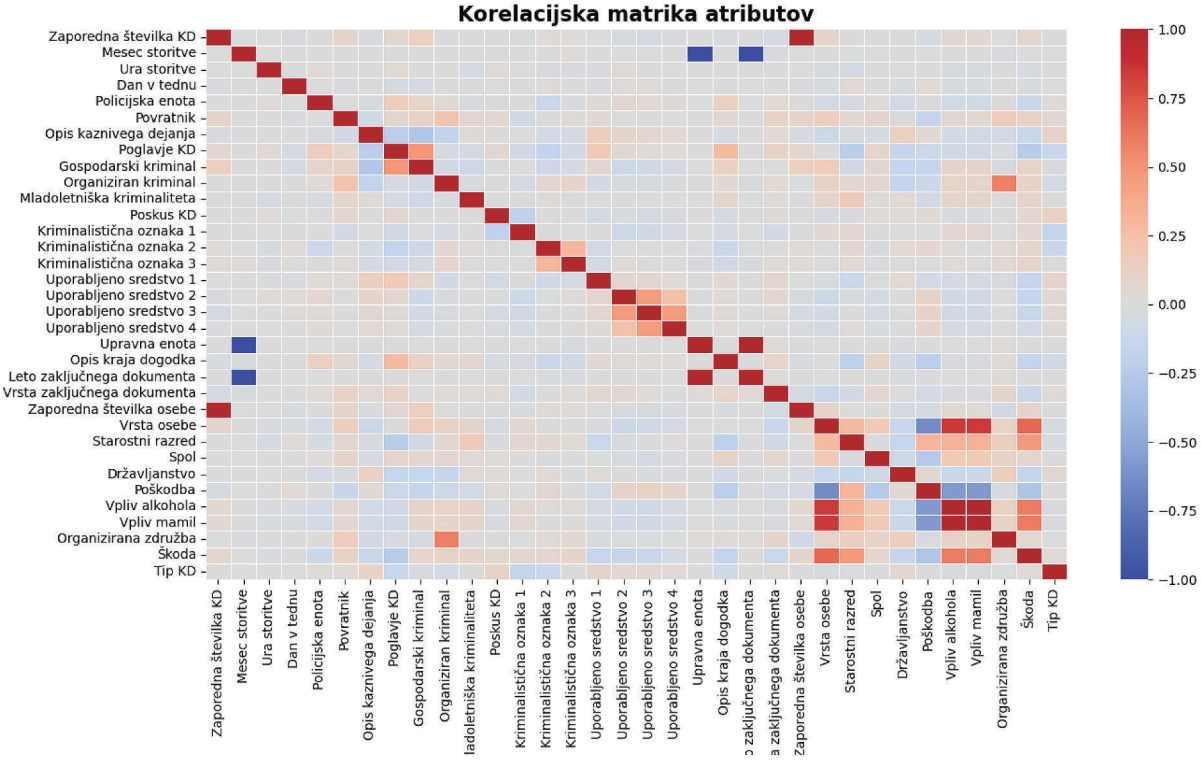
7.2 Prikaz anonimizacije

V prikazu anonimizacije smo izvedli postopek anonimizacije nad podatkovno množico kriminalnih dejanj, pri čemer smo želeli hkrati ohraniti uporabnost podatkov in zagotoviti ustrezno raven zaščite zasebnosti. Za oceno vpliva anonimizacije na analitično vrednost podatkov smo izračunali in primerjali korelacijske metrike podatkov pred anonimizacijo in po njej. Rezultati, predstavljeni na Sliki 4 in Sliki 5, prikazujejo, v kolikšni meri je bila struktura medsebojnih povezav med atributi ohranjena ter kako so se posamezne relacije spremenile zaradi uporabljenih anonimizacijskih metod.

Za ponazoritev zaščite zasebnosti pa smo izvedli tudi preverjanje odpornosti anonimizirane množice na poskus ponovne identifikacije. Na ta način smo iz novo anonimizirane množice izločili vse zapise, ki bi se lahko ujemali z dejanjem, uporabljenim v re-identifikacijskem primeru, ter jih prikazali v Tabeli 3. Rezultat jasno kaže, da anonimizacija učinkovito preprečuje enolično prepoznavanje posameznih zapisov, saj so se podatki združili v večje skupine z istimi atributi, kar otežuje identifikacijo posameznika. S tem prikazom smo tako pokazali dvojni vidik kakovostne anonimizacije: ohranitev analitične uporabnosti podatkov ter hkrati zanesljivo zaščito pred napadi re-identifikacije.



Slika 4: **Korelacijska matrika pred anonimizacijo**



Slika 5: **Korelacijska metrika atributov po anonimizaciji**

Tabela 3: **Zapisi ujemajoči z člankom po anonimizaciji**

Atribut	Vrednosti (ločene z vejico)
Zaporedna številka KD	KD041951, KD041951, KD013801, KD013801
Mesec storitve	(ni podatka), (ni podatka), (ni podatka), (ni podatka)
Ura storitve	Popoldan (12–18), Popoldan (12–18), Popoldan (12–18), Popoldan (12–18)
Dan v tednu	Četrtek, Četrtek, Četrtek, Četrtek
Policijska enota	Regionalna, Regionalna, Regionalna, Regionalna
Povratnik	Ne, Ne, Ne, Ne
Opis kaznivega dejanja	KZ08/116-/4// – Umor, KZ08/116-/4// – Umor, KZ12/116*/1// – Umor, KZ12/116*/1// – Umor
Poglavje KD	KD zoper življenje in telo, KD zoper življenje in telo, KD zoper življenje in telo, KD zoper življenje in telo
Gospodarski kriminal	Splošna, Splošna, Splošna, Splošna
Organiziran kriminal	(ni podatka), (ni podatka), (ni podatka), (ni podatka)
Mladoletniška kriminaliteta	(ni podatka), (ni podatka), (ni podatka), (ni podatka)
Poskus KD	Da, Da, Ne, Ne
Kriminalistična oznaka 1	Umor in samomor, Umor in samomor, Umor in samomor, Umor in samomor
Kriminalistična oznaka 2	(prazno), (prazno), (prazno), (prazno)
Kriminalistična oznaka 3	(prazno), (prazno), (prazno), (prazno)
Uporabljeno sredstvo 1	221 – Orožje, 221 – Orožje, 201 – Nož, 201 – Nož
Uporabljeno sredstvo 2	(prazno), (prazno), (prazno), (prazno)
Uporabljeno sredstvo 3	(prazno), (prazno), (prazno), (prazno)
Uporabljeno sredstvo 4	(prazno), (prazno), (prazno), (prazno)
Upravna enota	Regija, Regija, Regija, Regija
Opis kraja dogodka	Drugo, Drugo, Drugo, Drugo
Leto zaključnega dokumenta	2023, 2023, 2023, 2023
Vrsta zaključnega dokumenta	Poročilo, Poročilo, Poročilo, Poročilo
Zaporedna številka osebe	OSEBA072107, OSEBA072108, OSEBA024992, OSEBA024993
Vrsta osebe	Žrtev, Ostalo, Ostalo, Žrtev
Starostni razred	18–34, 55+, 18–34, 55+
Spol	Moški, Moški, Moški, Ženski
Državljanstvo	Slovensko, Slovensko, Slovensko, Slovensko
Poškodba	Lahka telesna poškodba, (prazno), (prazno), Smrtna poškodba
Vpliv alkohola	NN, Ne, Ne, NN
Vpliv mamil	NN, Ne, Ne, NN
Organizirana združba	Ne, Ne, Ne, Ne
Škoda	Brez škode, Brez škode, Brez škode, Brez škode

8 SKLEP

Na podlagi izvedene analize treh različnih podatkovnih množic in prikaza postopka pravilne anonimizacije smo ugotovili, da se v praksi še vedno pogosto pojavljajo primeri, kjer odprti ali deljeni podatki vsebujejo osebne oziroma posredno prepoznavne informacije. Posebej zaskrbljujoče je, da kar dva od treh analiziranih primerov ne kažeta znakov sistematično izvedene anonimizacije, kar bistveno povečuje tveganje za ponovno identifikacijo posameznikov.

V vseh analiziranih primerih smo zaznali pomanjkljivosti pri uporabi anonimizacijskih tehnik. V prvem primeru, ki se je nanašal na kazniva dejanja, smo ugotovili, da kombinacija demografskih in

kontekstualnih podatkov omogoča visoko verjetnost re-identifikacije, zlasti ob povezovanju z javno dostopnimi viri. V drugem primeru, kjer smo analizirali prve registracije vozil, smo s praktično izvedenim poskusom re-identifikacije pokazali, da je že en sam neposredni identifikator (npr. VIN številka) zadosten za ponovno prepoznavo posameznika. Tretji primer, ki je obravnaval javno objavljene certifikate ekoloških pridelovalcev, pa izpostavlja pomembno razliko med zakonito objavo osebnih podatkov zaradi transparentnosti in dejanskim tveganjem za zasebnost, ki kljub temu ostaja prisotno.

Na podlagi zastavljenih raziskovalnih vprašanj smo prišli do naslednjih ugotovitev:

- V kolikšni meri izbrane odprte podatkovne zbirke omogočajo ponovno identifikacijo posameznikov? Analiza je pokazala, da izbrane podatkovne zbirke v veliki meri omogočajo ponovno identifikacijo, predvsem zaradi prisotnosti kvazi-identifikatorjev in v nekaterih primerih celo neposrednih identifikatorjev. Tveganje se dodatno poveča ob povezovanju z zunanjimi javno dostopnimi viri.
- Katere tehnike anonimizacije oziroma psevdonimizacije so bile uporabljene in kako učinkovite so? V večini analiziranih primerov tehnike anonimizacije niso bile ustrezno uporabljene ali pa sploh niso bile prisotne. Kjer so bile uporabljene, so bile pogosto nezadostne (npr. delna odstranitev podatkov brez celovitega pristopa), kar ni preprečilo možnosti re-identifikacije.
- Ali izbrane zbirke ustrezajo sodobnim standardom varstva osebnih podatkov? Ugotovili smo, da analizirane zbirke v večini primerov ne dosegajo sodobnih standardov varstva osebnih podatkov, saj ne zagotavljajo zadostne ravni anonimizacije in ne vključujejo sistematične ocene tveganja.

Na podlagi ugotovitev predlagamo, da bi moralo biti ob objavi odprtih podatkovnih zbirk obvezno vključeno tudi jasno opisano:

- katere anonimizacijske ali psevdonimizacijske tehnike so bile uporabljene,
- kakšna je bila ocena tveganja za ponovno identifikacijo,
- ter katere omejitve anonimizacije ostajajo prisotne.

Takšna praksa bi bistveno povečala transparentnost obdelave podatkov ter omogočila boljše razumevanje tveganj za končne uporabnike.

S prikazom postopka močne anonimizacije smo pokazali, da lahko s kombinirano uporabo metod supresije, generalizacije, agregacije in psevdonimizacije bistveno zmanjšamo tveganje ponovne identifikacije, ne da bi pri tem popolnoma izgubili uporabno vrednost podatkov. Ugotovili smo, da mora biti anonimizacija izvedena sistematično in na podlagi ocene tveganja, pri čemer je treba upoštevati značilnosti posamezne podatkovne množice.

Omejitve raziskave so v omejenem številu (treh) podatkovnih zbirk, kar omejuje možnost posploševanja rezultatov. Poleg tega so bili eksperimenti re-identifikacije izvedeni na podlagi javno dostopnih virov, kar pomeni, da bi lahko z uporabo dodatnih virov tveganje še dodatno naraslo. Prav tako analiza ni vključevala kvantitativnega merjenja stopnje anonimnosti, temveč je temeljila predvsem na kvalitativni oceni tveganja.

V prihodnje bi bilo smiselno raziskavo razširiti na večje število podatkovnih zbirk ter vključiti avtomatizirane metode za zaznavanje tveganj re-identifikacije. Nadaljnje delo bi lahko vključevalo tudi razvoj orodij za ocenjevanje tveganja ter primerjalno analizo učinkovitosti različnih anonimizacijskih tehnik.

Za organizacije, ki se bodo v prihodnje srečevale s podobnimi izzivi, predlagamo naslednje ukrepe:

- predhodno ocenjevanje tveganja za re-identifikacijo pred objavo podatkov,
- izbiro ustreznih tehnik anonimizacije glede na tip podatkov,
- redno posodabljanje postopkov anonimizacije,
- ter vzpostavljanje ravnovesja med transparentnostjo in varstvom zasebnosti.

Pravilna anonimizacija je ključni element pri zagotavljanju skladnosti z zakonodajo o varstvu osebnih podatkov in pomemben dejavnik pri ohranjanju zaupanja javnosti v odprte podatke. S skrbno načrtovanimi postopki je mogoče doseči ravnotežje med dostopnostjo informacij in zaščito zasebnosti posameznikov.

9 VIRI

[1] Y. G. C. Z. Marijn Janssen, »Understanding the evolution of open government data research: towards open data sustainability and smartness,« 1 April 2021. [Elektronski]. Available: https://www.researchgate.net/publication/351175130_Understanding_the_evolution_of_open_government_data_research_towards_open_data_sustainability_and_smartness. [Poskus dostopa 22 April 2026].

[2] M. A. R. T. Di Wang, »Open access data policies and technologies,« 1 Marec 2025. [Elektronski]. Available: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2543925125000014. [Poskus dostopa 22 April 2025].

[3] Europska unija, »EU Open Data Portal,« 10 april 2025. [Elektronski]. Available: https://data.europa.eu/en. [Poskus dostopa 26 Maj 2026].

[4] A. O. E. C. Fatemeh Ahmadi Zeleti, »Exploring the economic value of open government data,« 1 November 2016. [Elektronski]. Available: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0740624X16300077. [Poskus dostopa 22 Maj 2026].

[5] Slovenija, »OPSI,« 10 April 2025. [Elektronski]. Available: https://podatki.gov.si/. [Poskus dostopa 26 Maj 2026].

[6] Amerika, »DATA.GOV,« USA, https://data.gov/.

[7] Parlament, Evropski, »UREDBA (EU) 2016/679 EVROPSKEGA PARLAMENTA IN SVETA,« 27 April 2016. [Elektronski]. Available: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SL/TXT/?uri=CELEX:32016R0679. [Poskus dostopa 7 Avgust 2025].

[8] Slovenija, »Pravno informacijski sistem republike slovenije,« 15 december 2022. [Elektronski]. Available: https://pisrs.si/pregledPredpisa?id=ZAKO7959. [Poskus dostopa 26 April 2026].

[9] DPO Europe GmbH, »Uvodna izjava 26,« GDPR text, 27 Maj 2026. [Elektronski]. Available: https://gdpr-text.com/sl/read/recital-26/. [Poskus dostopa 25 Junij 2025].

[10] K. Gardhouse, »Direct and Indirect Personal Identifiers: What are they?,« PRIVATEAI, 3 April 2023. [Elektronski]. Available: https://www.private-ai.com/en/2023/04/08/personal-identifiers/. [Poskus dostopa 6 Maj 2025].

[11] DPO Europe GmbH, »Člen 4 SUVP (GDPR). Opredelitev pojmov,« GDPR TEXT, 27 Maj 2026. [Elektronski]. Available: https://gdpr-text.com/sl/read/article-4/. [Poskus dostopa 23 Julij 2025].

[12] ISSS, »Direct Identifier and Indirect Identifier in Data Privacy,« ISSS UK, 2 Februar 2024. [Elektronski]. Available: https://www.isss.org.uk/2024/02/02/direct-identifier-and-indirect-identifier-in-data-privacy/. [Poskus dostopa 5 Maj 2025].

[13] J. Powar, »SoK: Managing risks of linkage attacks on data privacy,« 1 Februar 2023. [Elektronski]. Available: https://petsymposium.org/popets/2023/popets-2023-0043.pdf. [Poskus dostopa 5 Maj 2025].

[14] S. Latanya, »k-ANONYMITY: A MODEL FOR PROTECTING PRIVACY,« 1 Maj 2002. [Elektronski]. Available: https://epic.org/wp-content/uploads/privacy/reidentification/Sweeney_Article.pdf. [Poskus dostopa 26 April 2026].

[15] G. M. F. O. N. S. Medjahed Amina Fatima Zohra, »Advancing Heterogeneous Data Integration,« 1 Januar 2025. [Elektronski]. Available: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050925005964. [Poskus dostopa 22 April 2025].

[16] Q. Wang, »An Enhanced K-Anonymity Model against,« October 2011. [Elektronski]. Available: https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=48555d692f13621f3db89904873e744c248e6c18#page=67. [Poskus dostopa 5 Maj 2025].

[17] N. L. L. Suresh Venkatasubramanian, »Ninghui Li Tiancheng Li,« Department of Computer Science, Purdue University, 26 April 2026. [Elektronski]. Available: https://personal.utdallas.edu/~mxk055100/courses/privacy08f_files/tcloseness.pdf. [Poskus dostopa 19 julij 2025].

[18] Proofpoint, »Throw Back Hack: The Infamous AOL Data Leak,« Proofpoint, 21 Marec 2021. [Elektronski]. Available: https://www.proofpoint.com/us/blog/insider-threat-management/throw-back-hack-infamous-aol-data-leak. [Poskus dostopa 5 Maj 2025].

[19] A. Narayanan, »Robust De-anonymization of Large Sparse Datasets,« IEEE, 1 Januar 2008. [Elektronski]. Available: https://ieeexplore.ieee.org/document/4531148. [Poskus dostopa 8 Maj 2025].

[20] Avstralija, »MBS/PBS data publication,« 23 Marec 2018. [Elektronski]. Available: https://www.oaic.gov.au/privacy/privacy-assessments-and-decisions/privacy-decisions/investigation-reports/mbspbs-data-publication. [Poskus dostopa 5 Maj 2025].

[21] Australska vlada, »MBS/PBS data publication,« Australina goverment, 23 Marec 2018. [Elektronski]. Available: https://www.oaic.gov.au/privacy/privacy-assessments-and-decisions/privacy-decisions/investigation-reports/mbspbs-data-publication. [Poskus dostopa 25 Junij 2025].

[22] U. H. Khan, »All You Need to Know About Data Aggregation,« Astera, 3 Julij 2024. [Elektronski]. Available: https://www.astera.com/type/blog/data-aggregation/. [Poskus dostopa 6 Maj 2025].

[23] Connecticut State, »Open Data Aggregation and Suppression Guidelines,« Connecticut State, 26 Maj 2026. [Elektronski]. Available: https://portal.ct.gov/-/media/ct-data/data_aggregation_guidance_v2.pdf. [Poskus dostopa 6 Maj 2025].

[24] Informatica, »Understanding Data Generalization & Advanced De-identification Techniques,« Informatica, 23 November 2023. [Elektronski]. Available: https://www.informatica.com/blogs/data-generalization-advanced-de-identification.html. [Poskus dostopa 6 Maj 2025].

[25] Evropska unija, »Guidelines 01/2025 on Pseudonymisation,« Evropa, 21 Januar 2025. [Elektronski]. Available: https://www.edpb.europa.eu/system/files/2025-01/edpb_guidelines_202501_pseudonymisation_en.pdf. [Poskus dostopa 6 Maj 2025].

[26] J. G. D. K. M. V. A. Machanavajjhala, »CS rochester,« 7 April 2007. [Elektronski]. Available: https://www.cs.rochester.edu/u/muthuv/ldiversity-TKDD.pdf. [Poskus dostopa 27 Maj 2026].

[27] N. Li, »CS purdue,« 1 Januar 2001. [Elektronski]. Available: https://www.cs.purdue.edu/homes/ninghui/papers/t_closeness_icde07.pdf. [Poskus dostopa 20 julji 2025].

[28] A. R. Cynthia Dwork, »Differential privacy,« 1 Januar 2014. [Elektronski]. Available: https://www.cis.upenn.edu/~aaroth/Papers/privacybook.pdf. [Poskus dostopa 5 Maj 2025].

[29] K2view, »What is Synthetic Data Generation?,« K2view, 23 Marec 2025. [Elektronski]. Available: https://www.k2view.com/what-is-synthetic-data-generation/. [Poskus dostopa 7 Maj 2025].

▪

Žan Povše je zaposlen na Fakulteti za elektrotehniko, računalništvo in informatiko, Univerze v Mariboru, kjer deluje na področju raziskovanja. Na isti fakulteti je uspešno zaključil magistrski študij ter svoje strokovno in raziskovalno delo nadaljuje z aktivnim sodelovanjem pri raziskovalnih projektih.

▪

Marko Kompara je raziskovalec in asistent na Fakulteti za elektortehniko, računalništvo in informatiko, kjer je tudi pridobil doktorat z disertacijo na temo protokolov za dogovarjanje ključev v omejenih okoljih. Od takrat je bil in je še vedno vključen v številke projekte na podoročju kibernetske varnosti (npr. CyberSec4Europe, Cyber F-IT, RUKIV, RPUP, AKADIMOS). Njegovi raziskovalni interesi so zasebnost, kriptografija, brezžične komunikacije in varnost informacijskih sistemov.

▪

Lili Nemec Zlatolas je izredna profesorica na Univerzi v Mariboru, Fakulteti za elektrotehniko, računalništvo in informatiko, njeno raziskovalno področje pa obsega kibernetsko varnost. Aktivna je pri predmetih informacijske varnosti, osnov programiranja in podatkovnih baz. Je dejavna v različnih mednarodnih in nacionalnih projektih, med drugim v Horizon Europe projektu WEM Cyber, Erasmus+ projektu SafeWeb, sodelovala pa je tudi v projektu Horizon 2020 CONCORDIA, enem največjih evropskih projektov na področju kibernetske varnosti. Prav tako je sodelovala pri nacionalnem projektu RUKIV – Razvoj programov usposabljanj za kibernetsko varnost, namenjenem izobraževanju in krepitvi kompetenc na področju kibernetske varnosti. Sodeluje tudi v delovnih skupinah Diversity & Inclusion pri organizaciji Informatics Europe in skupini DiverseIT pri CEPIS, ter združenju WOMEN4CYBER, kjer prispeva k spodbujanju raznolikosti, enakosti in vključevanja v informatiki ter IKT.

Uporaba umetne inteligence in strojnega učenja v sodobnem nogometu: sistematični pregled literature

Rok Vrban[1], Seamus Kelly[2], Uroš Rajkovič[1], Mirjana Kljajić Borštnar[1]
[1]Fakulteta za organizacijske vede, 4000 Kranj
[2]University College Dublin, D04 C1P1 Dublin
rok.vrban@student.um.si, seamus.kelly@ucd.ie, uros.rajkovic@um.si, mirjana.kljajic@um.si

Izvleček

Strojno učenje in umetna inteligenca postajata ključna dejavnika pri razvoju sodobnega nogometa, saj omogočata globlje razumevanje igralnih procesov in učinkovitejše odločanje. Namen sistematičnega pregleda literature je analizirati uporabo teh tehnologij pri prepoznavanju talentov, napovedovanju poškodb, napovedovanju rezultatov tekem ter analizi tehnično-taktičnih značilnosti igre. V pregled je bilo vključenih 35 empiričnih študij iz obdobja 2020 – 2025, pridobljenih iz vodilnih znanstvenih baz podatkov. Rezultati kažejo, da algoritmi strojnega učenja omogočajo bolj natančne in zanesljive napovedi ter razvoj individualiziranih trenažnih strategij v primerjavi s tradicionalnimi pristopi. Analiza potrjuje, da uporaba podatkovno podprtih metod izboljšuje proces selekcije, zmanjšuje tveganje za poškodbe in prispeva k večji taktični učinkovitosti ekip. Sistematični pregled poudarja potrebo po nadaljnjem razvoju standardiziranih modelov, ki bodo omogočili etično, varno in učinkovito uporabo umetne inteligence v športnem okolju.

Ključne besede: digitalne tehnologije, nogomet, strojno učenje, umetna inteligenca

Use of Artificial Intelligence and Machine Learning in Modern Football: A Systematic Review

Abstract

Machine learning and artificial intelligence are becoming key components in the development of modern football, enabling deeper insights into player performance and more effective decision-making.

The purpose of this study was to conduct a systematic literature review to analyze the use of these technologies in talent identification, injury prediction, match outcome forecasting, and technical-tactical performance analysis. The analysis included a total of 35 empirical studies published between 2020 and 2025, sourced from major scientific databases.

The results indicate that machine learning algorithms provide more accurate and reliable predictions and support the development of individualized training strategies compared to traditional approaches. The analysis confirms that data-driven methods enhance player selection, reduce injury risk, and improve teams' tactical efficiency. This systematic review highlights the need for further development of standardized models to ensure the ethical, safe, and effective implementation of artificial intelligence in sports environments.

Keywords: artificial intelligence, digital technologies, football, machine learning

1 UVOD

Nogomet je najpopularnejši šport na svetu, saj v njem po ocenah [1] aktivno sodeluje približno 270 milijonov ljudi. Njegov vpliv presega športno dimenzijo in vključuje pomembne ekonomske, družbene ter kulturne razsežnosti, kar ustvarja širok raziskovalni interes v različnih akademskih disciplinah, od sociologije in medicine do inženiringa in računalništva [2]. Zaradi svoje razširjenosti, kompleksnosti in strukturiranega tekmovalnega okolja se nogomet pogosto uporablja kot raziskovalni poligon za interdisciplinarne študije, saj omogoča preplet različnih metodoloških in teoretičnih pristopov. Globalizacija in hitro spreminjajoče se poslovno ter športno okolje zahtevata nove strategije upravljanja talentov tako v podjetjih kot v športnih organizacijah [3]. Povečana konkurenca in boj za vrhunske kadre sta povzročila, da so procesi identifikacije, razvoja in zadrževanja talentov strateško pomembni tudi v športu, zlasti v nogometu. Klubi in nogometne zveze so danes pod pritiskom, da obetavne športnike prepoznajo že v zgodnjih letih in jih razvijajo v profesionalne igralce najvišjega ranga [4].

Prepoznavanje talenta je kompleksen proces, ki vključuje identifikacijo posameznikov z izjemnimi sposobnostmi in napovedovanje njihovega potenciala za prihodnji razvoj. Tradicionalni postopki so pogosto temeljili na subjektivnih opažanjih trenerjev, intuiciji in trenutnih tekmovalnih rezultatih [5]. Takšni pristopi ne upoštevajo kompleksnosti razvoja igralcev in lahko vodijo do napačnih ocen, saj se osredotočajo na trenutno stanje, ne pa na dolgoročni potencial. Posledica so nesistematične in pristranske odločitve, ki lahko vodijo k izgubi talentov ali nezmožnosti doseganja njihovega polnega potenciala [6], [7].

Razlike med vrhunskimi športniki in manj uspešnimi posamezniki izhajajo iz kombinacije perceptivno-kognitivnih, motoričnih, psiholoških in okoljskih dejavnikov [8]. Ekološki pristop k razvoju talentov [9], [10] poudarja, da športni razvoj ni rezultat zgolj posameznikovih sposobnosti, temveč kompleksen preplet interakcij med športnikom in njegovim družbenim, kulturnim in fizičnim okoljem. Pomembni dejavniki vključujejo tako kraj rojstva, socialno-ekonomski status, športne politike, podporo družine, vrstnikov in trenerjev, kot dostop do športne infrastrukture ter kakovost razvojnih programov [11].

Raznolikost raziskovalnih pristopov na področju razvoja talentov potrjuje bogata paleta teoretičnih modelov, kot so Stages of Talent Development, Deliberate Practice, Developmental Model of Sport Participation (DMSP), Long-Term Athlete Development (LTAD), Differentiated Model of Giftedness and Talent (DMGT), Athletic Talent Development Environment Model (ATDE), Three-Dimensional Athlete Development Model (3D-AD) in Foundations, Talent, Elite and Mastery Framework (FTEM) [12]. Širjenje števila modelov odraža kompleksnost interakcij med posameznikom in njegovim okoljem, pri čemer je ključna sistematična in načrtna vadba v obdobju otroštva in adolescence [13].

Raziskave na področju nogometa se naslanjajo na različne metodološke pristope, od kvalitativnih intervjujev in obsežnih anket do sekundarnih analiz obstoječih podatkov in kvazi-longitudinalnih študij [14]. Longitudinalne raziskave omogočajo zanesljive rezultate, vendar so pogosto problematične zaradi možnega izpada sodelujočih, hitrega zastaranja meril ter omejene dostopnosti objektivnih kazalnikov uspešnosti [2], [15]. Zaradi tega narašča interes za sistematične preglede, ki združujejo kvantitativne, kvalitativne in mešane metode [16]–[19].

Z razvojem digitalnih tehnologij, umetne inteligence in zmogljivih računalniških orodij je šport vstopil v novo obdobje, kjer podatkovno podprti pristopi dopolnjujejo ali nadomeščajo tradicionalne metode [20], [21]. Nosljivi senzorji, sistemi GPS (angl. global positioning system – sistem globalnega pozicioniranja), avtomatizirana videoanalitika, strojno učenje ter orodja navidezne in obogatene resničnosti omogočajo zbiranje ogromnih količin podatkov o fizičnih, tehničnih, taktičnih in psiholoških značilnostih športnikov [5], [22]. Tako nastajajo celoviti profili igralcev, ki olajšajo razlikovanje med rastjo, zrelostjo in trenažno starostjo ter omogočajo personalizirane razvojne programe.

Vendar pa implementacija teh pristopov ni brez izzivov. Glavne ovire vključujejo pomanjkanje strokovnega znanja za interpretacijo podatkov, organizacijske omejitve ter pravna in etična vprašanja glede varstva osebnih podatkov [22]. Kljub temu se krepi zavedanje, da vlaganja v tehnološko infrastrukturo in usposabljanje kadrov prispevajo k dolgoročni konkurenčnosti nogometnih klubov [23].

Metode strojnega učenja so se v nogometu izkazale kot posebej obetavne na štirih področjih: napove-

dovanje poškodb, analiza tehnično-taktične uspešnosti, napovedovanje talentov ter napovedovanje rezultatov tekem [24]. Tehnološki napredek omogoča zbiranje in obdelavo podatkov, ki se v tradicionalnih postopkih ne bi mogli sistematično zajeti, kar omogoča objektivnejše, pravičnejše in natančnejše odločanje ter strateško načrtovanje.

S sistematičnim pregledom literature želimo predstaviti področja, hkrati pa povzemamo najnovejše ugotovitve o uporabi naprednih tehnologij, konkretneje uporabo strojnega učenja pri prepoznavanju in razvoju nogometnega talenta, napovedi poškodb, rezultatov in napovedi tehnično-taktičnih aspektov tekme. Osredotočamo se na empirične izsledke, tehnološke pristope, izzive in etične vidike ter ponujamo teoretični in aplikativni okvir za nogometne akademije in klube, ki želijo tehnologijo še bolj sistematično vključiti v svoje procese dela.

2 METODOLOGIJA

Pri pregledu literature smo upoštevali smernice PRISMA modela. Smernice so namenjene raziskovalcem v pomoč pri izvajanju in poročanju o sistematičnih pregledih in meta analizah na pregleden in ponovljiv način. Glavni cilj PRISME je izboljšati kakovost poročanja in zagotoviti, da so pregledi celoviti, sistematični in zanesljivi [25]. Z upoštevanjem smernic PRISMA zagotavljamo, da je naš pregled literature o uporabi strojnega učenja v nogometu metodološko zanesljiv, celovit in pregleden. To poveča zanesljivost naših ugotovitev in olajša ponovljivost drugim raziskovalcem.

Sistematično smo pregledali štiri spletne baze podatkov, in sicer Web of Science (WoS), Scopus, ScienceDirect in ProQuest Dissertations and Theses. Baze vsebujejo veliko število relevantnih člankov na področju športa, digitalnih tehnologij in upravljanja s človeškimi viri. Članke smo iskali v obdobju med leti 2020 in 2025, z namenom izluščenja najsodobnejših raziskav, ki povezujejo omenjena področja. V bazah smo iskali po sistemu ključnih besed v angleškem jeziku. Za ključne besede smo izbrali »Football«, »Soccer«, »Digital technology«, »Artificial Intelligence«, »Machine learning« in »Performance analysis«. S pomočjo Boolovih operatorjev AND in OR smo oblikovali iskalni niz: (football OR soccer) AND (digital technology OR artificial intelligence) AND (machine learning OR performance analysis). Iskanje literature je potekalo septembra 2025. Kot vključitvene kriterije smo upoštevali posamezne kvantitativne raziskave, ki obravnavajo področje vpliva digitalnih tehnologij in umetne inteligence na prepoznavanje in razvoj talenta pri mladih nogometaših, so v angleškem jeziku in niso starejše od pet let (tabela 1).

Tabela 1: **Vključitveni in izključitveni kriteriji**

Vključitveni kriteriji
Populacija Profesionalni nogometaši
Intervencija Uporaba strojnega učenja za napoved poškodb, talenta ali rezultata
Primerjava Tradicionalni postopki in sodobni postopki napovedovanja
Izid Merila uspešnosti: poškodbe, talent, rezultat ali tehnično-taktične lastnosti
Vrste raziskav Empirične/kvantitativne
Časovni okvir Zadnjih 5 let (2020 – 2025)
Jezik Angleščina
Izključitveni kriteriji
Raziskave, ki se ne nanašajo na nogomet ali druge tematsko nesorodne raziskave, članki, ki se osredotočajo izključno na rekreativne ali amaterske igralce, ne-empirični prispevki, študije, ki ne uporabljajo digitalnih tehnologij ali umetne inteligence, publikacije, ki niso v angleškem jeziku, starejše raziskave.

Pri identifikaciji primerov (tabela 2) smo na osnovi naslovov, podnaslovov in povzetkov identificirali 146 zapisov gradiv v mednarodnih bazah podatkov Web of Science (n = 39), Scopus (n = 65), ScienceDirect (n = 26) in ProQuest Dissertations and Theses (n = 16), ki ustrezajo omenjenim iskalnim nizom. Ponavljajoči zapisi med bazami so bili trije. Po začetnem izločanju duplikatov smo v natančnejše preverjanje ustreznosti izbrali 143 zapisov. Na osnovi natančnejšega pregleda povzetka smo izločili 74 zapisov. Neizbrani zapisi so bili bodisi nerelevantni ali nespecifični za izbrano tematiko. Prav tako smo izločili zapise, pri katerih celotna vsebina ni bila na voljo. Vseh 69 zapisov smo nato natančneje pregledali, pri čemer smo 20 zapisov izločili bodisi zaradi neskladnosti oziroma premajhne sorodnosti z namenom naše analize primera. V zadnji fazi smo med 49 relevantnimi ter metodološko najustreznejšimi zapisi izbrali 35 zapisov.

Tabela 2: **Identifikacija raziskav v podatkovnih bazah in registrih**

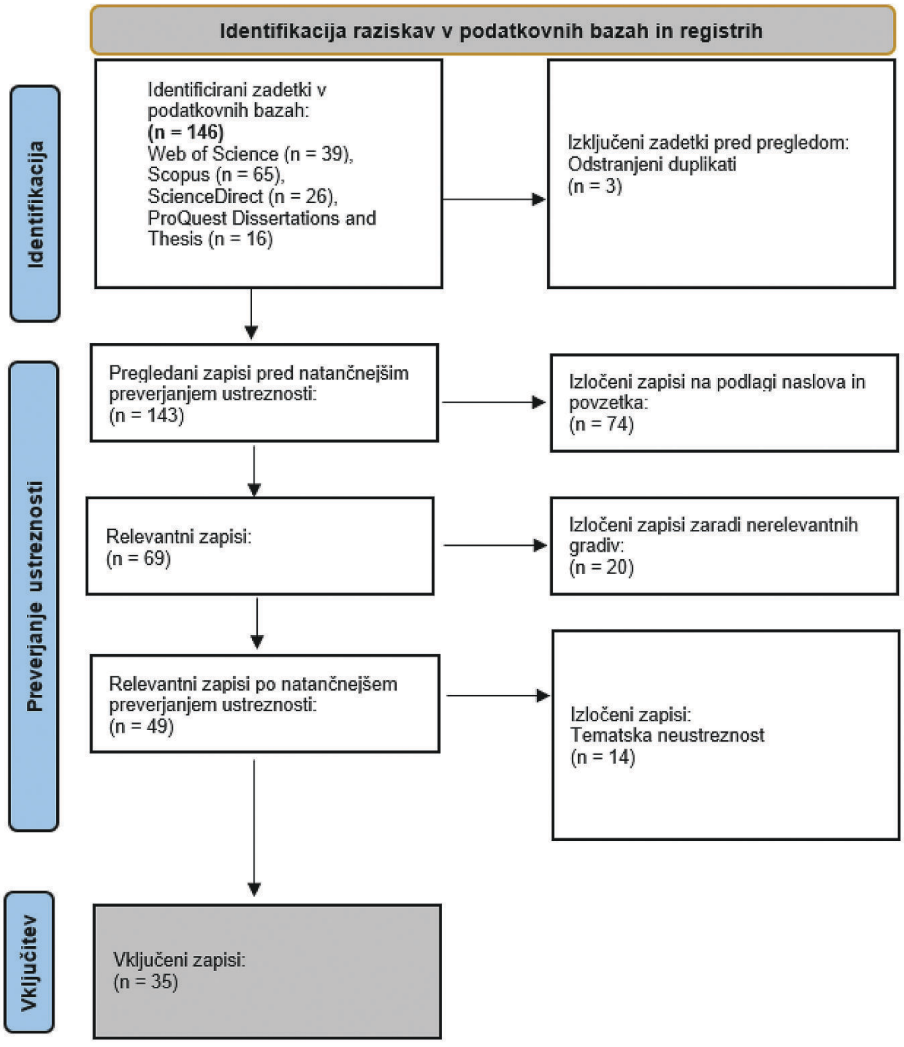


Tabela 3: **Prikaz raziskav, ki preučujejo uporabo metod strojnega učenja z izbranimi področji v nogometu**

Avtor	Leto	Poškodbe	Talent	Rezultat	Tehnično/Taktične odločitve	N°
AlMulla, idr.	2020			✓		1
Rommers, idr.	2020	✓				2
Beal, idr.	2021			✓		3
Bauer, idr.	2021				✓	4
Goes, idr.	2021				✓	5
Jamil, idr.	2021		✓			6
Perri, idr.	2021				✓	7
Ćwiklinski, idr.	2021		✓			8
Sheng, idr.	2021				✓	9
Li & Hong	2022			✓		10

Di Giacomo, idr.	2022				✓	11
Sánchez Gálvez, idr.	2022			✓		12
Cho, idr.	2022				✓	13
Hecksteden, idr.	2022	✓				14
Valle, idr.	2022	✓				15
Buyrukoğlu & Savaş	2022				✓	16
Kelly, idr.	2022		✓			17
Hewitt & Karakuş	2023			✓		18
Forcher, idr.	2023				✓	19
AlMulla, idr.	2023			✓		20
Robles-Palazón, idr.	2023	✓				21
Mohandas, idr.	2023				✓	22
Munoz-Macho, idr.	2024	✓				23
Gu, idr.	2024			✓		24
Wong, idr.	2024			✓		25
Morciano idr.	2024				✓	26
Song, idr.	2024			✓		27
Duncan, idr.	2024		✓			28
Altmann, idr.	2024		✓			29
de Haan, idr.	2025		✓			30
Rahimian, idr.	2025				✓	31
van Arem, idr.	2025		✓			32
Takamido, idr.	2025				✓	33
Yazbeck, idr.	2025				✓	34
Freitas, idr.	2025	✓				35

3 REZULTATI

Rezultati raziskav kažejo, da strojno učenje pomembno prispeva k napovedovanju poškodb, razvoju talentov, napovedovanju rezultatov in analizi tehnično-taktičnih sposobnosti v nogometu. Na vseh področjih je mogoče opaziti jasne trende: modeli, ki vključujejo več virov podatkov in napredne algoritme, dosegajo večjo napovedno natančnost, medtem ko združevanje fizičnih, tehničnih, psiholoških in kontekstualnih kazalnikov omogoča celovitejše razumevanje igralčeve uspešnosti in potenciala.

3.1 Napovedovanje poškodb

Analiza šestih raziskav [26]–[31] kaže, da strojno učenje omogoča celovit pristop k napovedovanju poškodb in optimizaciji treninga. Vse raziskave temeljijo na prospektivnih vzorcih, ki obsegajo od 34 do 734 nogometašev in zajemajo tako mladince kot profesionalne igralce. Večina študij združuje različne vrste podatkov: antropometrične in fizične meritve, funkcionalne teste, zgodovino poškodb, podatke o treningu in tekmah ter klinične ali telemetrične podatke, kot so meritve GPS in ECG (angl. electrocardiogram – elektrokardiogram). Rommers idr. [26] in

Robles-Palazón idr. [29] so se osredotočili na mladinske igralce in identificirala kombinacije antropometričnih in funkcionalnih kazalnikov, ki napovedujejo tveganje poškodb spodnjih okončin. Hecksteden idr. [27] in Freitas idr. [31] poudarjajo pomen kombinacije predsezonskega ocenjevanja in dnevnega spremljanja, ki vključuje tako telesno obremenitev kot kontekstualne dejavnike treninga in tekme. Valle idr. [28] uporabljajo podatke magnetnoresonančnega slikanja (angl. magnetic resonance imaging – MRI) za napoved časa okrevanja po poškodbi, Munoz-Macho idr. [30] pa vključujejo profesionalno bazo ECG za odkrivanje srčnih anomalij. Skupna ugotovitev vseh raziskav je, da posamezni kazalniki, kot so starost, višina, moč ali hitrost, pogosto nimajo dovolj visoke napovedne moči, medtem ko njihova kombinacija z algoritmi strojnega učenja omogoča robustno identifikacijo tveganja poškodb. Gradient boosting modeli, zlasti XGBoost, so se izkazali kot učinkoviti pri klasifikaciji poškodb in napovedovanju časa okrevanja, medtem ko so druge metode, kot sta npr. Naključni gozd (angl. Random Forest) ali metoda podpornih vektorjev (angl. Support Vector Machine – SVM), primerna za specifične aplikacije, in sicer detekcijo srčnih anomalij ali spremljanje obremenitev med treningom. Pomemben vidik implementacije teh modelov je dostopnost in praktičnost podatkov. Merjenje ključnih kazalnikov, kot so fleksibilnost, moč, ravnotežje ali GPS parametri, je hitro in zahteva minimalno opremo, kar omogoča integracijo modelov v vsakodnevni trenažni proces. Prav tako je poudarjena kalibracija in validacija modelov, še posebej pri majhnih vzorcih ali nizki incidenci poškodb. Te raziskave kažejo, da strojno učenje omogoča celosten pristop k napovedovanju poškodb, optimizaciji treninga in izboljšanju kliničnega odločanja. Združitev več tipov podatkov, uporaba naprednih algoritmov in identifikacija kombiniranih kazalnikov omogoča ne le napoved poškodb, temveč tudi prilagojene intervencije za zmanjšanje tveganja in izboljšanje okrevanja. Kljub temu je potrebno nadaljnje raziskovanje z večjimi, raznolikimi vzorci ter vključevanje dinamičnega spremljanja in ponovljenih testiranj za izboljšanje napovedne natančnosti in generalizacijo modelov. Z metodološkega vidika ostaja napovedovanje poškodb tehnično zahtevno predvsem zaradi izrazite neuravnoteženosti podatkov (razredov), saj je poškodb v primerjavi z zdravimi opazovanji malo; posledično je ocena točnosti preoptimistična, zato so primernejše mere, kot sta AUC (angl. area under the ROC curve – ploščina pod krivuljo ROC) in umerjenost napovedanih verjetnosti (angl. calibration), npr. Brierjeva ocena. Pri majhnih vzorcih, saj nekatere študije vključujejo le nekaj deset igralcev, se pojavlja tveganje prekomernega prileganja (angl. Overfitting) in pristranskost ocen uspešnosti, kadar validacija ne poteka na ločeni, neodvisni ravni oziroma s prečnim preverjanjem. Modeli so večinoma validirani znotraj enega kluba ali ene sezone, zato je njihova zunanja in časovna posplošljivost šibka, prenos med ekipami z različnimi merilnimi protokoli (npr. različni GPS--sistemi in frekvence vzorčenja) pa pogosto sploh ni preverjen.

3.2 Identifikacija in razvoj talentov

Pregled sedmih raziskav kaže, da je za natančno oceno potenciala nogometašev potreben večdimenzionalen pristop, ki vključuje tehnične, fizične, psihološke in socialne dejavnike. Raziskave obravnavajo različne starostne skupine, od mladinskih akademij (U8–U19) do profesionalnih igralcev, in vključujejo različne pozicije, vključno z vratarji. Tehnični parametri, kot so natančnost podaj, hitrost reakcije in kontrola žoge, so ključni pri prestopih in selekciji igralcev. Fizične sposobnosti, kot so hitrost, moč, skok in aerobna zmogljivost, močno vplivajo na razvoj tehničnih veščin in uspešnost igralcev [32]–[34]. Psihološki dejavniki, vključno z odpornostjo, motivacijo in sposobnostjo strukturiranja treninga, omogočajo dolgotrajni razvoj in zmanjšujejo tveganje za prezgodnje izgorevanje ali neuspeh [35], [36]. Individualizacija treningov glede na starost, pozicijo in specifične sposobnosti se izkaže za učinkovito strategijo za razvoj talentov. De Haan idr. [37] so pokazali, da tradicionalna klasifikacija po pozicijah pogosto prikriva individualne razlike, medtem ko podatkovno vodeno gručenje omogoča natančnejšo prilagoditev treninga. Strojno učenje omogoča napoved kakovosti in tržne vrednosti igralcev, optimizacijo treningov ter personalizacijo razvoja, pri čemer rezultati temeljijo na kombinaciji tehničnih, fizičnih, psiholoških in socialnih kazalnikov. Vse raziskave poudarjajo, da uporaba strojnega učenja omogoča obdelavo velikih količin podatkov, identifikacijo ključnih dejavnikov in podporo pri odločanju glede prestopov, selekcije in razvoja mladih igralcev. Rezultati kažejo, da kombinacija tehničnih, fizičnih in psiholoških kazalnikov omogoča bolj zanesljive napovedi potenciala, med-

tem ko individualizacija treninga prispeva k optimizaciji razvoja talentov [38]. Pomembna omejitev tega področja je sama opredelitev ciljne spremenljivke: »talent« oziroma »uspeh«, saj je ocena le-tega mnogokrat posredna (npr. uvrstitev v profesionalno ekipo, tržna vrednost ali nadaljnja selekcija), kar v učne oznake vnaša subjektivnost in pristranskost. V vzorcih so praviloma le igralci, ki so že prešli predhodna sita selekcije. Pozitivni razred (perspektivni igralci) je redek, vzorci pa majhni in neceloviti, zato modeli zlahka zajamejo značilnosti merilnega okolja namesto dejanskega potenciala. Pogosta je tudi visoka kolinearnost med antropometričnimi in fizičnimi atributi ter učinek relativne starosti, ki lahko pri gradnji ocene igralca popači pomembnosti spremenljivk. Zaradi tega so napovedi dolgoročnega razvoja kljub visoki točnosti na učnih podatkih le delno zanesljive brez večkratne validacije.

3.3 Napoved rezultatov tekem

Analiza devetih raziskav je pokazala, da uporaba strojnega učenja omogoča napoved rezultatov tekem z visoko natančnostjo, od 63 % do 85 %, odvisno od kakovosti in raznolikosti podatkov. Raziskave vključujejo profesionalne lige v Katarju, Angliji, Mehiki, na Kitajskem in svetovni nivo (FIFA World Cup). Viri podatkov vključujejo tehnične, fizične in taktične statistike igralcev, podatke o golih, kazalnike xG (angl. expected goals – pričakovani zadetki), sledenje igralcev in kontrolo prostora na igrišču. Pomembni napovedni dejavniki vključujejo natančnost strelov, uspešnost podaj, pretečeno razdaljo pri visokih hitrostih, disciplineranost (manj kartonov), kakovost napadov in posest žoge, pa tudi specifične xG kazalnike za posamezne igralce in pozicije. Sekvenčni modeli LSTM (angl. long short-term memory) in GRU (angl. gated recurrent unit) ter nevronske mreže ANN (angl. artificial neural network) in CNN (angl. convolutional neural network) so pokazali višjo napovedno moč kot klasični statistični modeli [39]. Vključitev več sezon ali zgodovinskih podatkov povečuje zanesljivost napovedi. Pomembno je tudi vključevanje kontekstualnih informacij, kot sta npr. značilnosti nasprotnika in okoljski pogoji [40]–[43]. Ansambelske metode (angl. ensemble learning) izboljšajo robustnost modelov, globoko učenje (angl. deep learning) pa omogoča razumevanje kompleksnih interakcij med tehničnimi, fizičnimi in taktičnimi kazalniki. Rezultati kažejo, da kombinacija tehničnih, fizičnih in taktičnih kazalnikov omogoča celovito razumevanje uspešnosti ekip [44]. Sekvenčni modeli omogočajo ne le napoved rezultatov, temveč tudi vpogled v učinkovitost posameznikov, prostorsko kontrolo in optimizacijo taktičnih strategij [45], [46]. Pri tem je treba poročane natančnosti razlagati previdno. Nogometni izid je močno stohastičen pojav z nizko frekvenco golov, zato obstaja zgornja meja napovedljivosti, navedeni razpon (od 63 % do 85 %) pa ni neposredno primerljiv med študijami, ker se razlikujejo definicije naloge (dvorazredna ali trirazredna klasifikacija, angl. two-class or three-class classification, pri čemer trirazredna vključuje izenačenje kot samostojen razred), izbor lige in osnovne vrednosti. Trirazredna klasifikacija (zmaga, izenačenje, poraz) je zaradi izenačenj razredno neuravnotežena, kar lahko umetno zviša izmerjeno točnost modela (angl. inflated accuracy). Pri vključevanju statistik znotraj iste tekme obstaja resno tveganje uhajanja podatkov (angl. Data leakage), saj nekateri agregati (npr. skupni xG ali posest) postanejo na voljo šele po koncu dogodka; metodološko ustrezno je strogo časovno (kronološko) razdeljevanje podatkov in validacija na prihodnjih sezonah namesto naključnega prečnega preverjanja. Sekvenčni in globoki modeli (LSTM, GRU) so poleg tega podatkovno potratni in nagnjeni k prekomernem prileganju pri kratkih časovnih vrstah ene lige, kar dodatno omejuje prenosljivost med tekmovanji.

3.4 Tehnično-taktične sposobnosti

Raziskave na tem področju kažejo, da je mogoče kvantificirati in napovedati timske taktične vzorce, spremljati igralce v realnem času ter oceniti individualno uspešnost [47]–[54]. Ugotovitve poudarjajo pomen prostorske razporeditve [55], kompaktnosti in koordiniranih premikov ekipe. Uspešen povratni pritisk po izgubljeni žogi (t. i. protipressing, angl. counter-pressing), ciljano asinhrono gibanje in ustvarjanje prostora povečujejo verjetnost strelov in golov, medtem ko neusklajena obramba povečuje tveganje prejetih zadetkov [56]. Individualne sposobnosti igralcev, kot so natančnost podaj, moč strelov, trajanje pritiska in uporaba telesa, so ključne za taktični uspeh. Sledenje igralcev z videom in biometričnimi podatki omogoča napoved pripravljenosti, uspešnosti in optimizacijo menjav. Napredni modeli, kot so naključni gozd (angl. Random Forest), nevronske mreže (ANN) in ansambelske metode [57], dosega-

jo visoko natančnost pri napovedi podaj, strelov in timskega vedenja [58]. Vizualizacije, kot so toplotne karte, radarji in 3D diagrami, trenerjem omogočajo celovito oceno igralcev, analizo nasprotnikov in strateško načrtovanje [59]. Strojno učenje tako omogoča natančno spremljanje tako timskih kot individualnih taktičnih vzorcev, napovedovanje uspešnosti posameznikov, optimizacijo treningov, upravljanje menjav in podporo strateškemu odločanju [59], [60]. Integracija podatkov z algoritmi strojnega učenja omogoča interpretacijo in praktično uporabo analitike v realnem času. Tehnično najzahtevnejši del tega področja je sama priprava podatkov: analize slonijo na podatkih o sledenju dogodkovnih podatkih, ki jih dobavlja peščica lastniških ponudnikov kot sta npr. StatsBomb [61] in Wyscout [62], pri čemer se definicije dogodkov, frekvence vzorčenja in ročno označevanje med ponudniki razlikujejo, kar slabi ponovljivost in primerljivost rezultatov. Označevanje taktičnih konceptov (npr. povratni pritisk) je delno subjektivno, zato lahko v model vnese pristranskost označevalca. Pri spremljanju v realnem času so dodatni izziv zakasnitve obdelave, sinhronizacija videa in pozicijskih tokov ter robustnost meritev. Ne nazadnje mnogi modeli (kot npr. nevronske mreže) delujejo kot črna škatla (angl. Black box), zato se v zadnjem času uveljavljajo metode razložljive umetne inteligence (npr. SHAP, angl. SHapley Additive exPlanations), ki naj bi trenerjem zagotovile preglednost (angl. transparency) in zaupanje v napovedi.

4 DISKUSIJA

Rezultati sistematičnega pregleda kažejo, da uporaba umetne inteligence in strojnega učenja v nogometu ni več zgolj teorija, temveč že konkretno vpliva na številna področja trenažnega procesa, selekcije in analize igre. Glavna ugotovitev raziskave je, da sodobni algoritmi omogočajo bolj natančne, objektivne in pravočasne odločitve v primerjavi s tradicionalnimi pristopi, ki so pogosto temeljili na subjektivni oceni trenerjev ali analitikov. To potrjuje premik v paradigmi, in sicer iz odločitev, ki bazirajo na izkušnjah k odločitvam, ki so podatkovno podprte.

Na področju napovedovanja poškodb rezultati dokazujejo, da kombinacija več vrst podatkov, kot so fiziološki, biomehanski, antropometrični in kontekstualnih, skupaj z naprednimi algoritmi, kot so XGBoost, naključni gozd (angl. random forest) ali metoda podpornih vektorjev (SVM), omogočajo bolj zanesljivo prepoznavanje potencialnih poškodb. To odpira nove možnosti za preventivo in individualizacijo treningov. Pomemben prispevek teh modelov je tudi v sposobnosti zaznavanja skritih vzorcev, ki jih klasične metode statistične analize pogosto spregledajo. Kljub temu ostajajo izzivi pri prenosu modelov v prakso, predvsem zaradi potrebe po standardiziranih protokolih zbiranja podatkov, etične obravnave osebnih informacij ter pomanjkanja enotnih sistemov za validacijo modelov med različnimi ekipami.

V kontekstu razvoja talentov se jasno kaže pomen integracije večdimenzionalnih kazalnikov, kot so tehnični, fizični, kognitivni in socialni kazalniki. Raziskave potrjujejo, da strojno učenje omogoča identifikacijo obetavnih igralcev že v zgodnjih fazah razvoja, hkrati pa nudi orodja za načrtovanje personaliziranih razvojnih poti. Takšen pristop presega tradicionalne modele selekcije, ki pogosto temeljijo le na trenutni uspešnosti, saj omogoča napoved dolgoročnega potenciala. Pomemben vidik je tudi zmanjševanje pristranskosti pri ocenjevanju igralcev, kar prispeva k večji objektivnosti in pravičnosti procesa selekcije.

Pri napovedovanju rezultatov tekem je vidno, da kompleksni modeli, kot so nevronske mreže in sekvenčni algoritmi (LSTM, GRU), dosegajo visoko natančnost napovedi, hkrati pa omogočajo globje razumevanje odnosa med tehničnimi, fizičnimi, kognitivnimi in taktičnimi spremenljivkami. Uporaba takih modelov daje klubom konkurenčno prednost, saj omogoča strateško pripravo na tekme in učinkovitejše odločanje med igro. Zanimiv trend predstavlja tudi vključevanje zunanjih dejavnikov, kot so vremenske razmere, značilnosti nasprotnikov in psihološka priprava, kar dodatno povečuje robustnost modelov.

Analize tehnično-taktičnih sposobnosti so pokazale, da umetna inteligenca omogoča nov nivo razumevanja dinamike igre. Sledenje igralcev, prostorska analiza in algoritmi za prepoznavo vzorcev gibanja omogočajo natančno kvantifikacijo taktičnih odločitev in timske koherence. Takšne analize niso uporabne le za retrospektivno oceno tekem, temveč tudi za sprotno prilagajanje strategij med igro, kar lahko pomembno vpliva na izid.

Kljub številnim prednostim uporabe strojnega učenja v nogometu je treba opozoriti na več ključnih izzivov. Največji ostaja kakovost in dostopnost podatkov, saj so ti pogosto razpršeni med različnimi

sistemi, merilnimi orodji in organizacijami. Prav tako obstaja tveganje pretirane odvisnosti od algoritmov, kar lahko vodi v izgubo človeške presoje, ki je v športu še vedno ključna. Pomembno je ohraniti ravnovesje med tehnološko podporo in strokovnim znanjem trenerjev ter športnih analitikov. Etika uporabe osebnih podatkov športnikov ostaja občutljivo področje, kjer je potrebna ustrezna regulacija in nadzor. Poleg teh splošnih ovir je smiselno izpostaviti vrsto bolj specifičnih, tehničnih izzivov, ki se ponavljajo v pregledanih študijah. Mednje sodi razredna neuravnoteženost in majhni vzorci (značilni zlasti za napovedovanje poškodb in selekcijo talentov) pogosto vodijo v optimistično pristranske ocene uspešnosti; točnost je v takih primerih zavajajoča mera, ustreznejše pa so npr. AUC, F1 in umerjenost napovedanih verjetnosti (angl. calibration). Naslednji problem je prevladujoča šibka validacija: modeli so večinoma preizkušeni le znotraj ene lige, enega kluba ali ene sezone, redko pa z zunanjo oziroma časovno (kronološko) validacijo. Težava lahko nastane tudi pri podatkih znotraj iste tekme, saj je pogosto prisotno tveganje uhajanja podatkov. Pomanjkljivost ocene modela lahko predstavljajo tudi sami podatki, saj so heterogeni in nestandardizirani: različni ponudniki sledilnih in dogodkovnih podatkov uporabljajo različne definicije dogodkov, frekvence vzorčenja in postopke označevanja, kar otežuje združevanje podatkov ter neposredno primerjavo med študijami. Večina uporabljenih pristopov je močno odvisna od ekspertnih definicij, kar v modele vnaša pristranskost in omejuje avtomatizacijo. Težave se lahko pojavijo tudi pri oceni napovedno najuspešnejših modelov (npr. nevronske mreže) saj so rezultati slabo razložljivi, zato se uveljavljajo metode razložljive umetne inteligence (npr. SHAP), ki povečujejo preglednost in zaupanje uporabnikov. In ne nazadnje, ponovljivost je nizka, saj so podatkovni nabori pogosto lastniški, koda in natančni protokoli pa redko javno dostopni; pomanjkanje skupnih primerjalnih naborov oziroma »benchmarking« onemogoča pošteno primerjavo med metodami. Naslavljanje teh tehničnih vrzeli, predvsem standardizacije podatkov, strožjih validacijskih protokolov in razložljivosti, je verjetno pomembnejši pogoj za zanesljivo rabo v praksi kot zgolj uvajanje kompleksnejših algoritmov.

Splošno gledano, sistematični pregled potrjuje, da umetna inteligenca in strojno učenje predstavljata pomemben paradigmatski premik v načinu razumevanja, analiziranja in upravljanja nogometnih procesov. Njuna uporaba ni omejena zgolj na elitni profesionalni nivo, temveč ima potencial tudi za mladinske akademije, kjer bi lahko pomagala pri zgodnjem odkrivanju in usmerjanju talentov. Nadaljnje raziskave bi morale vključevati longitudinalne pristope, primerjave med različnimi starostnimi in kakovostnimi ravnmi igralcev ter razvoj standardiziranih modelov za praktično uporabo.

Diskusija tako potrjuje, da je prihodnost nogometa neločljivo povezana z razvojem digitalnih tehnologij in zmožnostjo klubov, akademij ter trenerjev, da te tehnologije učinkovito integrirajo v svoje delovne procese. Umetna inteligenca ne nadomešča človeka, temveč razširja njegovo sposobnost zaznavanja, interpretacije in odločanja, kar pomeni, da bo vloga podatkovno pismenih strokovnjakov v prihodnje še pomembnejša.

5 ZAKLJUČEK

Pregled obstoječe literature jasno kaže, da strojno učenje in napredne digitalne tehnologije močno vplivajo na profesionalni nogomet. Pregledane študije potrjujejo dodano vrednost na vseh štirih obravnavanih področjih, in sicer pri napovedovanju poškodb, prepoznavanju in razvoju talentov, napovedovanju rezultatov ter analizi tehnično-taktičnih sposobnosti, pri čemer modeli, ki združujejo več virov podatkov in napredne algoritme, praviloma presegajo tradicionalne pristope. Te prednosti pa so v praksi pogojene z reševanjem tehničnih vrzeli, izpostavljenih v diskusiji, predvsem standardizacije podatkov, strožje zunanje in časovne validacije ter razložljivosti modelov, brez katerih ostaja posplošljivost rezultatov negotova. Za nogometne akademije in klube je zato priporočljivo postopno vključevanje podatkovno podprtih pristopov, v kombinaciji z ustreznim usposabljanjem kadrov in razvojem infrastrukture. Celovit in sistematičen pristop, ki vključuje več virov podatkov in napredne algoritme, omogoča ne le izboljšano odločanje na kratki rok, temveč tudi dolgoročni razvoj igralcev in optimizacijo uspešnosti ekip. Rezultati tega pregleda poudarjajo, da strojno učenje predstavlja strateško orodje, ki lahko transformira procese talent managementa, analize tekem in taktičnega planiranja v profesionalnem nogometu, s čimer odpira nove možnosti za inovativne in podatkovno vodene pristope v športni praksi.

6 LITERATURA

[1] M. J. Asken and R. Rabinovici, »The global reach of soccer: cultural, medical, and performance perspectives,« *Sports Med.*, vol. 51, pp. 233–245, 2021. [Online]. Available: https://doi.org/10.1007/s40279-020-01369-8

[2] A. M. Williams, *Science and soccer: developing elite performers*, 4th ed., London: Routledge, 2020.

[3] B. Dalayga and A. Baskaran, »Globalization and talent management strategies in organizations,« *Int. J. Bus. Manage.*, vol. 14, no. 5, pp. 1–11, 2019. [Online]. Available: https://doi.org/10.5539/ijbm.v14n5p1

[4] M. Carlsson-Wall, K. Kraus, and M. Messner, »Global talent management in professional football clubs,« *Account., Org. Soc.*, vol. 103, 101460, 2023. [Online]. Available: https://doi.org/10.1016/j.aos.2022.101460

[5] N. Leite, J. Baker, and J. Sampaio, »Talent identification and development in sport: an overview of research and practice,« *Int. J. Sports Sci. Coaching*, vol. 16, no. 2, pp. 512–526, 2021. [Online]. Available: https://doi.org/10.1177/1747954121992049

[6] A. H. Roberts, D. Greenwood, M. Stanley, C. Humberstone, F. Iredale, and A. Raynor, »Coach knowledge in talent identification: a systematic review and meta-synthesis,« *J. Sci. Med. Sport*, vol. 22, no. 10, pp. 1163–1172, 2019. [Online]. Available: https://doi.org/10.1016/j.jsams.2019.05.008

[7] K. Till and J. Baker, »Challenges and future directions in talent identification and development in sport,« *Front. Sports Act. Living*, vol. 2, 601012, 2020. [Online]. Available: https://doi.org/10.3389/fspor.2020.601012

[8] D. Farrow, »Expertise in sport skill acquisition and transfer: implications for talent identification and development,« *J. Sports Sci.*, vol. 28, no. 13, pp. 1347–1358, 2010. [Online]. Available: https://doi.org/10.1080/02640414.2010.511752

[9] C. H. Larsen, D. Alfermann, K. Henriksen, and M. K. Christensen, »Successful talent development in soccer: the ecology of talent development environments in Denmark,« *Scand. J. Med. Sci. Sports*, vol. 23, no. 6, pp. 679–693, 2013. [Online]. Available: https://doi.org/10.1111/sms.12018

[10] K. Henriksen, L. K. Storm, and C. H. Larsen, »Ecological approaches to talent development in sport: a review and future directions,« *Int. Rev. Sport Exerc. Psychol.*, vol. 16, no. 1, pp. 124–147, 2023. [Online]. Available: https://doi.org/10.1080/1750984X.2021.1976748

[11] V. Gesbert, F. D'Arripe-Longueville, and D. Hauw, »Ecological dynamics and talent development in sport: the role of socio-cultural constraints,« *Front. Psychol.*, vol. 12, 627567, 2021. [Online]. Available: https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.627567

[12] M. Barth, »Models of talent development in sport: a systematic review,« *Int. J. Sports Sci. Coaching*, vol. 15, no. 3, pp. 459–475, 2020. [Online]. Available: https://doi.org/10.1177/1747954119897844

[13] J. Baker, N. Wattie, and J. Schorer, »A proposed conceptualization of talent in sport: the first step in a long and winding road,« *Psychol. Sport Exerc.*, vol. 51, 101804, 2020. [Online]. Available: https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2020.101804

[14] J. Baker and J. Schorer, »Identification and development of talent in sport – introduction to the special issue,« *Talent Dev. & Excellence*, vol. 2, no. 2, pp. 119–121, 2010.

[15] T. L. G. Bergkamp, A. M. Tinga, A. S. M. Niessen, and W. G. P. Frencken, »The validity and reliability of talent identification tests in youth soccer: a systematic review,« *J. Sports Sci.*, vol. 37, no. 20, pp. 2310–2321, 2019. [Online]. Available: https://doi.org/10.1080/02640414.2019.1643377

[16] M. Preciado, D. Villa, and M. Franco, »Mixed-methods systematic reviews in sport sciences: challenges and opportunities,« *Int. Rev. Sport Exerc. Psychol.*, vol. 12, no. 1, pp. 155–172, 2019. [Online]. Available: https://doi.org/10.1080/1750984X.2018.1488262

[17] M. Sandelowski, C. I. Voils, and J. Barroso, »Defining and designing mixed research synthesis studies,« *Res. Schools*, vol. 13, no. 1, pp. 29–40, 2006.

[18] M. Heyvaert, B. Maes, and P. Onghena, »Mixed methods research synthesis: Definition, framework, and potential,« *Qual. Quant.*, vol. 47, no. 2, pp. 659–676, 2013. [Online]. Available: https://doi.org/10.1007/s11135-011-9538-6

[19] P. Pluye and Q. N. Hong, »Combining the power of stories and the power of numbers: mixed methods research and mixed studies reviews,« *Annu. Rev. Public Health*, vol. 35, pp. 29–45, 2014. [Online]. Available: https://doi.org/10.1146/annurev-publhealth-032013-182440

[20] M. N. Elstak, P. Wylleman, and C. Visscher, »The integration of technology in talent development environments: a systematic review,« *Eur. J. Sport Sci.*, vol. 24, no. 1, pp. 45–63, 2024. [Online]. Available: https://doi.org/10.1080/17461391.2023.2187610

[21] M. Lehnert, R. Vaeyens, and A. M. Williams, »Technology and youth soccer: a review of advances and applications,« *Sports Med.*, vol. 54, no. 2, pp. 231–248, 2024. [Online]. Available: https://doi.org/10.1007/s40279-023-01885-2

[22] E. Monsees, »AI in football: challenges and opportunities in data-driven performance analysis,« *Artif. Intell. Sport*, vol. 2, no. 1, pp. 15–34, 2025. [Online]. Available: https://doi.org/10.1016/j.aisport.2025.100021

[23] N. Chmait and H. Westerbeek, »Digital transformation in professional football: strategies for talent development and performance,« *Eur. Sport Manage. Q.*, vol. 21, no. 4, pp. 515–534, 2021. [Online]. Available: https://doi.org/10.1080/16184742.2020.1791209

[24] M. Rico-González, A. Los Arcos, and F. Y. Nakamura, »Machine learning applications in soccer: a systematic review,« *Sports*, vol. 11, no. 2, 33, 2023. [Online]. Available: https://doi.org/10.3390/sports11020033

[25] M. J. Abelha, S. Fernandes, D. Mesquita, F. Seabra, and A. T. Ferreira-Oliveira, »Graduate Employability and Competence Development in Higher Education—A Systematic Literature Review Using PRISMA,« *Sustainability*, vol. 12, 5900, 2020. [Online]. Available: https://doi.org/10.3390/su12155900

[26] N. Rommers, R. Rössler, E. Verhagen, F. Vandecasteele, S. Verstockt, R. Vaeyens, M. Lenoir, E. D'Hondt, and E. Witvrouw, »A machine learning approach to assess injury risk in elite youth football players,« *Med. Sci. Sports Exerc.*, vol. 52, no. 8, pp. 1745–1751, 2020. [Online]. Available: https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000002305

[27] A. Hecksteden, G. P. Schmartz, Y. Egyptien, K. Aus der Fünten, A. Keller, and T. Meyer, »Forecasting football injuries by combining screening, monitoring and machine learning,« *Sci. Med. Football*, vol. 7, no. 3, pp. 214–228, 2022. [Online]. Available: https://doi.org/10.1080/24733938.2022.2095006

[28] X. Valle, S. Mechó, E. Alentorn-Geli, et al., »Return to play prediction accuracy of the MLG-R classification system for hamstring injuries in football players: A machine learning approach,« *Sports Med.*, vol. 52, no. 12, pp. 2271–2282, 2022. [Online]. Available: https://doi.org/10.1007/s40279-022-01672-5

[29] F. J. Robles-Palazón, J. M. Puerta-Callejón, J. A. Gámez, M. De Ste Croix, A. Cejudo, F. Santonja, P. Sainz de Baranda, and F. Ayala, »Predicting injury risk using machine learning in male youth soccer players,« *Chaos Solitons Fractals*, vol. 167,

113079, 2023. [Online]. Available: https://doi.org/10.1016/j.chaos.2022.113079

[30] A. A. Munoz-Macho, M. J. Dominguez-Morales, and J. L. Sevillano-Ramos, »Analyzing ECG signals in professional football players using machine learning techniques,« *Heliyon*, vol. 10, no. 5, e26789, 2024. [Online]. Available: https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e26789

[31] D. N. Freitas, S. S. Mostafa, R. Caldeira, F. Santos, E. Fermé, E. R. Gouveia, et al., »Predicting noncontact injuries of professional football players using machine learning,« *PLoS ONE*, vol. 20, no. 1, e0315481, 2025. [Online]. Available: https://doi.org/10.1371/journal.pone.0315481

[32] M. Jamil, A. Phatak, S. Mehta, M. Beato, D. Memmert, and M. Connor, »Using multiple machine learning algorithms to classify elite and sub-elite goalkeepers in professional men's football,« *Sci. Rep.*, vol. 11, pp. 1–12, 2021. [Online]. Available: https://doi.org/10.1038/s41598-021-01187-5

[33] M. J. Duncan, E. L. J. Eyre, N. Clarke, A. Hamid, and Y. Jing, »Importance of fundamental movement skills to predict technical skills in youth grassroots soccer: A machine learning approach,« *Int. J. Sports Sci. Coaching*, vol. 19, no. 3, pp. 1–15, 2024. [Online]. Available: https://doi.org/10.1177/17479541231202015

[34] S. Altmann, L. Ruf, S. Thiem, T. Beckmann, O. Wohak, C. Romeike, and S. Härtel, »Prediction of talent selection in elite male youth soccer across 7 seasons: A machine-learning approach,« *J. Sports Sci.*, vol. 42, no. 24, pp. 2481–2494, Dec. 2024. [Online]. Available: https://doi.org/10.1080/02640414.2024.2442850.

[35] B. Ćwiklinski, A. Giełczyk, and M. Choraś, »Who Will Score? A Machine Learning Approach to Supporting Football Team Building and Transfers,« *Entropy*, vol. 23, 90, 2021. [Online]. Available: https://doi.org/10.3390/e23010090

[36] A. L. Kelly, C. A. Williams, and M. R. Wilson, »Machine learning and youth soccer development: opportunities and challenges,« *J. Sports Sci.*, vol. 40, no. 10, pp. 1112–1120, 2022. [Online]. Available: https://doi.org/10.1080/02640414.2021.1965215

[37] M. de Haan, S. van der Zwaard, J. Sanders, P. J. Beek, and R. T. Jaspers, »Beyond playing positions: Categorizing soccer players based on match-specific running performance using machine learning,« *J. Sports Sci. Med.*, vol. 24, no. 3, pp. 565–577, 2025. [Online]. Available: https://doi.org/10.52082/jssm.2025.565

[38] K. van Arem, F. Goes-Smit, and J. Söhl, »Forecasting the future development in quality and value of professional football players,« *Appl. Sci.*, vol. 15, no. 16, 8916, 2025. [Online]. Available: https://doi.org/10.3390/app15168916

[39] A. M. Sánchez Gálvez, R. Álvarez González, S. Sánchez Gálvez, and M. Anzures García, »Model for prediction of the result of a soccer match based on the number of goals scored by a single team,« *Computación y Sistemas*, vol. 26, no. 1, pp. 295–302, 2022. [Online]. Available: https://doi.org/10.13053/CyS-26-1-4172

[40] J. AlMulla and T. Alam, »Machine learning models reveal key performance metrics of football players to win matches in Qatar Stars League,« *IEEE Access*, vol. 8, pp. 213695–213705, 2020. [Online]. Available: https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3038601

[41] R. Beal, S. E. Middleton, T. J. Norman, and S. D. Ramchurn, »Combining machine learning and human experts to predict match outcomes in football: A baseline model,« *Proc. AAAI Conf. Artif. Intell.*, vol. 35, no. 13, pp. 15447–15455, 2021. [Online]. Available: https://doi.org/10.1609/aaai.v35i13.17815

[42] J. AlMulla, M. T. Islam, H. R. H. Al-Absi, and T. Alam, »SoccerNet: A Gated Recurrent Unit-based model to predict soccer match winners,« *PLoS ONE*, vol. 18, no. 8, e0288933, 2023. [Online]. Available: https://doi.org/10.1371/journal.pone.0288933

[43] Y. Song, G. Sun, C. Wu, B. Pang, W. Zhao, and R. Zhou, »Construction of 2022 Qatar World Cup match result prediction model and analysis of performance indicators,« *Front. Sports Act. Living*, vol. 6, 1410632, 2024. [Online]. Available: https://doi.org/10.3389/fspor.2024.1410632

[44] Y. Li and Y. Hong, »Prediction of football match results based on edge computing and machine learning technology,« *Int. J. Mobile Comput. Multimedia Commun.*, vol. 13, no. 2, pp. 1–10, 2022. [Online]. Available: https://doi.org/10.4018/IJMCMC.293749

[45] A. Wong, E. Li, H. Le, G. Bhangu, and S. Bhatia, »A predictive analytics framework for forecasting soccer match outcomes using machine learning models,« *Decis. Anal. J.*, vol. 14, 100537, 2024. [Online]. Available: https://doi.org/10.1016/j.dajour.2024.100537

[46] C. Gu, V. De Silva, and M. Caine, »A machine learning framework for quantifying in-game space-control efficiency in football,« *Knowl.-Based Syst.*, vol. 283, 111123, 2024. [Online]. Available: https://doi.org/10.1016/j.knosys.2023.111123

[47] P. Bauer and G. Anzer, »Data-driven detection of counterpressing in professional football: A supervised machine learning task based on synchronized positional and event data with expert-based feature extraction,« *Data Min. Knowl. Discov.*, vol. 35, pp. 2009–2049, 2021. [Online]. Available: https://doi.org/10.1007/s10618-021-00763-7

[48] F. R. Goes, M. S. Brink, M. T. Elferink-Gemser, M. Kempe, and K. A. P. M. Lemmink, »The tactics of successful attacks in professional association football: Large-scale spatiotemporal analysis of dynamic subgroups using position tracking data,« *J. Sports Sci.*, vol. 39, no. 5, pp. 523–532, 2021. [Online]. Available: https://doi.org/10.1080/02640414.2020.1834689

[49] Z. Sheng, H. Zhang, J. Sun, et al., »GreenSea: a machine learning decision support system for soccer coaching,« *Expert Syst. Appl.*, vol. 176, 114897, 2021. [Online]. Available: https://doi.org/10.1016/j.eswa.2021.114897

[50] H. Cho, H. Ryu, and M. Song, »Pass2vec: Analyzing soccer players' passing style using deep learning,« *Int. J. Sports Sci. Coaching*, vol. 17, no. 2, pp. 355–365, 2022. [Online]. Available: https://doi.org/10.1177/17479541211033078

[51] T. Forcher, T. Beckmann, O. Wohak, C. Romeike, F. Graf, and S. Altmann, »Prediction of defensive success in elite soccer using machine learning Tactical analysis of defensive play using tracking data and explainable AI,« *Sci. Med. Football*, vol. 8, no. 4, pp. 317–332, 2023. [Online]. doi: 10.1080/24733938.2023.2239766.

[52] R. Takamido, J. Ota, and H. Nakamoto, »PassAI: Explainable artificial intelligence algorithm for soccer pass analysis using multimodal information resources,« *arXiv*, 2025. [Online]. Available: https://doi.org/10.48550/arXiv.2503.08945

[53] P. Rahimian, J. Flisar, and D. Sumpter, »Automated explanation of machine learning models of footballing actions in words,« *arXiv*, 2025. [Online]. Available: https://doi.org/10.48550/arXiv.2504.00767

[54] M. Yazbeck, M. Abdullah, S. Alhanouti, E. Vatne, J. Hagen, T. T. Allen, and S. Krening, »Perfect shot reveal: Machine learning analysis of goal-scoring strategies in soccer,« *Int. J. Sports Sci. Coaching*, vol. 20, no. 4, pp. 1549–1563, 2025. [Online]. Available: https://doi.org/10.1177/17479541251333941

[55] S. Buyrukoğlu and S. Savaş, »Stacked-based ensemble machine learning model for positioning footballer,« Arab. J. Sci. Eng., vol. 48, pp. 1371–1383, 2022. [Online]. Available: https://doi.org/10.1007/s13369-022-06857-8
[56] U. Di Giacomo, F. Mercaldo, A. Santone, and G. Capobianco, »Machine learning on soccer player positions,« *Int. J. Decis. Support Syst. Technol.*, vol. 14, no. 1, pp. 1–16, 2022. [Online]. Available: https://doi.org/10.4018/IJDSST.286678
[57] G. Morciano, A. Zingoni, and G. Calabrò, »Optimization and comparison of machine learning algorithms for the prediction of the performance of football players,« *Neural Comput. Appl.*, vol. 36, pp. 19653–19666, 2024. [Online]. Available: https://doi.org/10.1007/s00521-024-10260-9
[58] J. H. Hewitt and O. Karakuş, »A machine learning approach for player and position classification in football event data,« *Sports Analytics*, vol. 2, no. 1, 100015, 2023. [Online]. Available: https://doi.org/10.1016/j.spa.2023.100015
[59] A. Mohandas, M. Ahsan, and J. Haider, »Tactically maximize game advantage by predicting football substitutions using machine learning,« Big Data and Cognitive Computing, vol. 7, no. 2, p. 117, 2023. [Online]. Available: https://doi.org/10.3390/bdcc7020117
[60] P. Perri, C. Simonelli, A. Rossi, A. Trecroci, G. Alberti, and F. M. Iaia, »Relationship between wellness index and internal training load in soccer: Application of a machine learning model,« *Int. J. Sports Physiol. Perform.*, vol. 16, no. 5, pp. 695–703, 2021. [Online]. Available: https://doi.org/10.1123/ijspp.2020-0093
[61] StatsBomb, »StatsBomb: Football data and analytics.« [Online]. Available: https://statsbomb.com (dostop: 5. 7. 2026).
[62] Hudl, »Wyscout: Football video analysis and data platform.« [Online]. Available: https://www.hudl.com/products/wyscout (dostop: 5. 7. 2026).

▪

Rok Vrban je magister ekonomskih in poslovnih ved ter zaposlen kot samostojni strokovni sodelavec in vodja projektov na Znanstveno-raziskovalnem središču (ZRS) Bistra Ptuj. Njegovo strokovno delo obsega predvsem vodenje mednarodnih razvojnih in raziskovalnih projektov (npr. v okviru programov Interreg). Raziskovalno je aktiven na področju športnega managementa, športne informatike ter uporabe digitalnih tehnologij in metod strojnega učenja (umetne inteligence) pri odločanju, s poudarkom na identifikaciji in analizi talentov v nogometnih akademijah ter klasifikaciji nogometnih tehnik.

▪

Seamus Kelly je izredni profesor za športni menedžment na Šoli za javno zdravje, fizioterapijo in športne znanosti Univerze v Dublinu (UCD). Je nekdanji profesionalni nogometaš, ki je igral v Združenem kraljestvu in na Irskem, ter ima trenerske izkušnje na Irskem. Kot kvalitativni raziskovalec se posebej posveča preučevanju vidikov menedžmenta v profesionalnem nogometu.

▪

Uroš Rajkovič je izredni profesor za področje informacijskih sistemov na Fakulteti za organizacijske vede (FOV) Univerze v Mariboru. Doktorat znanosti s področja managementa informacijskih sistemov je pridobil leta 2009 na FOV, kjer danes poučuje predmete s področja podatkovnih baz, sistemov za podporo odločanju in zdravstvene informatike. Njegovo raziskovalno delo se osredotoča na razvoj odločitvenih modelov (večkriterijsko kvalitativno modeliranje), zdravstveno informatiko (podpora odločanju v procesu zdravstvene nege) ter optimizacijo procesov z uporabo ekspertnih sistemov in simulacij. Je aktiven član uredniškega odbora revije *Uporabna informatika* in predsednik programskega odbora konference Vzgoja in izobraževanje v informacijski družbi (VIVID).

▪

Mirjana Kljajić Borštnar je redna profesorica za področje informacijskih sistemov na Fakulteti za organizacijske vede Univerze v Mariboru. Njeno raziskovalno delo obsega uporabo metod umetne inteligence za podporo odločanju, podatkovno podprto odločanje ter digitalno preobrazbo organizacij. Je avtorica in soavtorica številnih znanstvenih člankov, objavljenih v mednarodnih znanstvenih revijah in zbornikih konferenc. Je sopredsedujoča programskemu odboru Blejske e-konference in Simpozija o operacijskih raziskavah v Sloveniji. Aktivno deluje v Slovenskem društvu INFORMATIKA kot glavna urednica revije Uporabna informatika.

Poslovna informatika v Sloveniji: empirične ugotovitve in razvojne implikacije raziskave PIS 2025

Anton Manfreda[1], Nejc Brancelj[1], Marko Budler[1], Jure Erjavec[1], Elena Galevska[1], Mirko Gradišar[1], Aleš Groznik[1], Bor Krizmanič[1], Tanja Malovrh[1], Tina Nartnik[1], Angela Sekulovska[1], Mojca Simonovič[1], Mojca Indihar Štemberger[1], Luka Tomat[1], Peter Trkman[1], Tomaž Turk[1], Jurij Jaklič[1]
[1] Univerza v Ljubljani, Ekonomska fakulteta, 1000 Ljubljana
anton.manfreda@ef.uni-lj.si, jurij.jaklic@ef.uni-lj.si

Izvleček

Prispevek predstavlja rezultate raziskave Poslovna informatika v Sloveniji 2025 o stanju poslovne informatike v slovenskih organizacijah. Analiza zajema področja managementa informatike, digitalizacije, umetne inteligence, managementa poslovnih procesov, upravljanja podatkov, informacijskih tehnologij, ERP sistemov, poslovne analitike in informacijske varnosti. Rezultati kažejo, da organizacije povečujejo vlaganja v informatiko, vendar večino sredstev še vedno namenjajo tekočemu delovanju. Digitalizacijo najpogosteje razumejo kot izboljševanje učinkovitosti in procesov, redkeje kot preoblikovanje poslovnih modelov. Uporaba umetne inteligence narašča predvsem na področju avtomatizacije in analitike, vendar jo spremljajo organizacijske in kompetenčne ovire. Upravljanje podatkov in BI sta v srednji fazi zrelosti, z izrazito razpršenimi praksami. Informacijska varnost je osredotočena predvsem na osnovne zaščitne mehanizme in regulatorno skladnost. Rezultati nakazujejo postopno napredovanje, vendar tudi potrebo po bolj strateškem in sistematičnem razvoju področja.

Ključne besede: digitalizacija, management informatike, poslovna informatika, stanje poslovne informatike v Sloveniji, management podatkov, ERP, poslovna analitika, umetna inteligenca

Business Informatics in Slovenia: Empirical Findings and Development Implications of the PIS 2025 Survey

Abstract

The paper presents the results of the PIS 2025 survey on the state of business informatics in Slovenian organizations. The analysis covers IT management, digitalization, artificial intelligence, business process management, data governance and data management, information technologies, ERP systems, business intelligence, and information security.

The findings indicate increasing investments in IT, although most resources are still allocated to operational activities. Digitalization is predominantly perceived as a means of improving efficiency and processes rather than transforming business models. The use of artificial intelligence is growing, especially in automation and analytics; however, it is constrained by organizational and competence-related barriers. Data governance and business intelligence show medium maturity levels with highly dispersed practices. Information security primarily focuses on basic protection mechanisms and regulatory compliance. Overall, the results suggest gradual progress accompanied by the need for a more strategic and systematic development of business informatics.

Keywords: digitalization, IT management, business informatics, state of business informatics in Slovenia, data management, ERP, business analytics, artificial intelligence

1 UVOD

Poslovna informatika predstavlja eno ključnih področij delovanja sodobnih organizacij. Informacijska tehnologija (IT), digitalizacija, podatki in analitika vse bolj neposredno vplivajo na učinkovitost poslovnih procesov, kakovost odločanja ter razvoj novih storitev in poslovnih modelov. Ob tem se vloga informatike postopno spreminja: poleg zagotavljanja zanesljivega delovanja sistemov in infrastrukture ima vse pomembnejšo vlogo pri izboljševanju procesov, podpori odločanju in uresničevanju strateških usmeritev organizacij.

Za razumevanje teh sprememb je pomembno spremljati dejansko stanje v praksi. Posamezni primeri projektov ali tehnoloških rešitev namreč ne dajejo celovite slike o tem, kako razširjene so določene prakse, kako organizacije upravljajo informatiko ter s katerimi izzivi se najpogosteje srečujejo. Sistematične raziskave omogočajo vpogled v širše vzorce, stopnjo zrelosti na posameznih področjih ter razlike med organizacijami. Takšne raziskave imajo tudi pomembno praktično vrednost. Rezultati lahko služijo kot izhodišče za primerjavo lastnih praks z drugimi organizacijami, za prepoznavanje področij, kjer se pojavljajo skupni izzivi, ter za bolj utemeljeno načrtovanje razvoja informatike, digitalizacije in upravljanja podatkov. Hkrati pa omogočajo tudi spremljanje razvoja skozi čas, kar pomaga razumeti, kako se spreminjajo prioritete organizacij, kako hitro se uveljavljajo nove tehnologije ter na katerih področjih napredek poteka počasneje.

Raziskava Poslovna informatika v Sloveniji 2025 (PIS 2025) nadaljuje niz sorodnih raziskav, ki so bile v Sloveniji izvedene v preteklih letih in omogočajo primerjavo razvoja poslovne informatike v daljšem časovnem obdobju. Takšna primerjava je posebej pomembna, ker pokaže ne le trenutno stanje, temveč tudi smeri razvoja ter postopno uveljavljanje novih pristopov in tehnologij. Rezultate je smiselno obravnavati tudi v širšem kontekstu mednarodnih trendov, saj so številni izzivi, povezani z digitalizacijo, upravljanjem podatkov, umetno inteligenco (UI) in varnostjo, skupni organizacijam v različnih okoljih.

Namen tega prispevka je tako prispevati k boljšemu razumevanju stanja poslovne informatike v Sloveniji ter izpostaviti ključne trende in izzive, ki so pomembni za nadaljnji razvoj tega področja.

Raziskava PIS 2025 temelji na anketnem vprašalniku, pripravljenem za analizo stanja in trendov na področju poslovne informatike v Sloveniji. Vprašalnik je vsebinsko zajemal devet medsebojno povezanih sklopov: management informatike, digitalno poslovanje in inovacije, UI, management poslovnih procesov (MPP), upravljanje in management podatkov, IT, celovite programske rešitve, poslovno obveščanje in analitiko ter varnost. Raziskava se v posameznih delih vsebinsko navezuje na predhodno izvedene raziskave PIS 2005 [1], PIS 2009 [2] in PIS 2017 [3], kar omogoča primerjavo rezultatov skozi čas ter presojo razvojnih trendov na področju poslovne informatike v Sloveniji. Pri vprašanjih, kjer so anketiranci ocenjevali stopnjo strinjanja ali pomembnosti posameznih trditev, je bila uporabljena 5-stopenjska Likertova lestvica.

Zbiranje podatkov je potekalo med junijem in oktobrom 2025. V raziskavi je sodelovalo 207 organizacij, pri čemer se število veljavnih odgovorov med posameznimi vprašanji razlikuje, saj niso bila vsa vprašanja relevantna za vse organizacije. Primarna osredotočenost je bila predvsem na srednja in velika podjetja, vprašalnik pa je bil namenjen respondentom z ustreznim pregledom nad področjem poslovne informatike in digitalizacije, kot so člani uprave, direktorji informatike ali osebe odgovorne za področje informatike ali digitalizacije. 32 % organizacij v vzorcu ima med 50 in 249 zaposlenih, 25 % med 250 in 1499, 14 % pa 1500 ali več zaposlenih, 28 % pa je bilo manjših organizacij. Po primarni usmeritvi je bilo 52 % organizacij pretežno usmerjenih na medorganizacijske trge (angl. Business-to-Business, B2B), 24 % na trg končnih potrošnikov (angl. Business-to-Consumer, B2C), 24 % pa jih je enakovredno delovalo na obeh trgih. Med najbolj zastopanimi panogami so telekomunikacije, računalništvo in informacijske storitve (18 %), predelovalne dejavnosti (13 %), trgovina (9 %) in finančne ter zavarovalniške dejavnosti (9 %).

V nadaljevanju predstavljamo rezultate raziskave po posameznih področjih ter jih, kjer je to smiselno, primerjamo z rezultati preteklih raziskav in z ugotovitvami iz širšega okolja.

2 MANAGEMENT INFORMATIKE

Management informatike se nanaša na način delovanja, organiziranost in procese, s katerimi organizacije zagotavljajo, da IT učinkovito podpira poslovne cilje [4]. Z učinkovitim managementom lahko podjetja poskrbijo, da so IT viri ustrezno razporejeni in da tehnološke naložbe podpirajo strateške poslovne

cilje, hkrati pa obvladujejo povezana tveganja [5]. Ključnega pomena je tudi usklajenost IT strategije, organiziranosti, kulture in procesov s poslovno strategijo, organiziranostjo, kulturo in procesi. Management informatike v tem kontekstu vključuje dejavnosti in mehanizme, s katerimi podjetja vzpostavljajo in ohranjajo to usklajenost, pri čemer so ključni podpora vodstva, učinkovita komunikacija in sprotno usklajevanje poslovnih in IT strategij za doseganje organizacijskih ciljev [6], [7]. Ker podjetja tehnologijo vse bolj uporabljajo kot vir konkurenčne prednosti, se je management informatike iz pretežno operativne funkcije obvladovanja stroškov razvil v strateški koncept, ki povezuje tehnološke zmožnosti s poslovno strategijo, managementom in ustvarjanjem vrednosti [8], [9].

Pomemben vidik managementa informatike je organizacijska umestitev službe za informatiko. Podjetja organizirajo IT oddelke na različne načine, od močno centraliziranih modelov, kjer se odločitve in izvajanje vodijo iz centrale, do decentraliziranih pristopov, kjer imajo poslovne enote več avtonomije pri tehnoloških naložbah [10]. Centralizacija praviloma prinaša več standardizacije, stroškovne učinkovitosti ter doslednost pri varnosti in skladnosti, medtem ko decentralizacija omogoča večjo prilagodljivost potrebam. Zato so vse pogostejši hibridni pristopi s skupnimi storitvami, ki kombinirajo standardizirano infrastrukturo, aplikacije in varnost s prilagodljivostjo na ravni enot [11]. Pomemben vidik organizacijske zasnove je tudi razmerje med IT oddelkom in poslovnimi enotami. Uspešna velika podjetja imajo formalne enote, ki skrbijo, da tehnološke naložbe odražajo poslovno strategijo in prioritete [12].

V sklopu managementa informatike smo analizirali predvsem (1) ali podjetja vsebinsko oziroma organizacijsko ločujejo informatizacijo in digitalizacijo, (2) organiziranost informatikov ter položaj najvišje rangirane osebe, odgovorne za informatiko, (3) obseg in strukturo vlaganj v informatiko ter (4) ključne prioritete managementa informatike.

45 % anketiranih podjetij je navedlo, da ločujejo informatizacijo in digitalizacijo, bodisi vsebinsko bodisi organizacijsko. To je pomembno izhodišče tudi za razumevanje nadaljnjih rezultatov, saj se ločena obravnava pogosto kaže tudi v drugačni organiziranosti, formalizaciji odgovornosti ter umeščanju digitalizacije kot samostojnega področja ali kot dela informatike.

2.1 Organiziranost informatikov

V sodobnih organizacijah ima vodja službe za informatiko pomembno vlogo, pri čemer se odgovornosti vse bolj širijo od tehnološkega delovanja proti strateškemu poslovnemu vodenju [13]. Na strateški vpliv vloge pomembno vpliva ravno položaj najvišje rangirane osebe odgovorne za informatiko [8]. Od sodobnih direktorjev informatike (angl. Chief Information Officer, CIO) se na eni strani pričakuje operativna odličnost, zanesljivost infrastrukture, obvladovanje stroškov in zagotavljanje storitev, na drugi strani pa prepoznavanje priložnosti, ki jih omogoča tehnologija, spodbujanje inovacij ter oblikovanje pobud digitalne transformacije. Raziskave potrjujejo, da se prisotnost CIO v vrhnjem vodstvu pozitivno povezuje z izidi digitalnih inovacij [14].

V nekaterih podjetjih se pojavlja vloga vodje digitalizacije (angl. Chief Digitalisation Officer, CDO), kar odraža delitev med upravljanjem infrastrukture, ki je bližje CIO, in vodenjem digitalne poslovne transformacije, ki je bližje CDO. Raziskave potrjujejo, da je tesno sodelovanje med vlogama učinkovitejše kot tekmovalno razmerje [15].

V raziskavi PIS 2025 se je izkazalo, da je v organizacijah, ki razlikujejo med informatizacijo in digitalizacijo, oseba, odgovorna za informatiko, v 33 % primerov na ravni člana najvišjega vodstva, v 51 % pa je neposredno podrejena vodstvu ter v 16 % posredno podrejena. Oseba odgovorna za digitalizacijo pa je v 27 % primerov član vodstva podjetij, v 23 % primerov pa posredno podrejen vodstvu. Takšna razlika lahko nakazuje, da je področje digitalizacije v določenem delu organizacij še vedno pogosto umeščeno bolj koordinacijsko ali projektno, ne pa nujno kot stalna vodstvena funkcija. Z vidika organiziranosti ima informatika v tej skupini najpogosteje oblikovano posebno organizacijsko enoto (56 %), medtem ko je poseben oddelek za digitalizacijo manj formaliziran, saj je kot posebna enota prisotna le v 26 % primerov. Pogostejši pa so primeri, kjer so za digitalizacijo zadolženi posamezniki (36 %) ali pa formalno odgovorne osebe oziroma enote sploh ni (18 %). To pomeni, da digitalizacija v praksi pogosto deluje kot razpršena odgovornost ali kot »dodatna naloga« znotraj obstoječih organizacijskih struktur, kar lahko vpliva na konsistentnost prioritet, koordinacijo in spremljanje učinkov.

V organizacijah, ki informatizacije in digitalizacije ne ločujejo, je najvišje rangirana oseba odgovorna za

informatiko oziroma digitalizacijo v 34 % član najvišjega vodstva, v 52 % neposredno podrejena vodstvu ter v 14 % posredno podrejena. Tudi v tej skupini prevladuje posebna organizacijska enota (52 %), vendar ostaja opazen delež organizacij, kjer so za področje zadolženi zgolj posamezniki (25 %) ali pa ni nihče formalno določen (15 %).

V primerjavi s preteklimi PIS raziskavami je smiselno izpostaviti, da je že leta 2009 večina organizacij imela posebno organizacijsko enoto za informatiko (52 %), hkrati pa je bil delež organizacij brez formalne zadolžitve 11 %, v letu 2017 pa je delež posebnih enot upadel (43 %) in se je povečal delež organizacij, kjer so bili za informatiko zadolženi posamezniki (29 %).

2.2 Zagotavljanje sredstev in preverjanje investicij

Glede na raziskave so podjetja v preteklosti običajno vlagala od 1 do 10 odstotkov prihodkov v IT, pri čemer so podjetja v finančnih storitvah pogosto presegala ta razpon [16]. Ker se cilji naložb spreminjajo od operativne učinkovitosti k strateški rasti, postaja razporejanje sredstev bistveno bolj zahtevno. IT in poslovni vodje morajo uravnotežiti konkurenčne prioritete med več funkcionalnimi področji [8]. V preteklih raziskavah se je izkazalo, da podjetja v storitvenih sektorjih pogosteje dajejo prednost naložbam v management odnosov s strankami in poslovno inteligenco (angl. Business Intelligence, BI), medtem ko proizvodna podjetja poudarjajo operativno učinkovitost in integracijo sistemov za proizvodnjo in distribucijo [17]. Manjša podjetja uporabljajo IT naložbe predvsem za krepitev zmožnosti na področju upravljanja odnosov s strankami (angl. Customer Relationship Management, CRM) in podpore odločanju, saj tehnologija deloma nadomešča omejene kadrovske vire.

V raziskavi PIS 2025 je večina organizacij v letu 2025 (glede na 2024) povečala sredstva namenjena informatiki (53 %), medtem ko 30 % organizacij ocenjuje, da bo proračun približno enak. Takšna porazdelitev nakazuje, da je informatika pri večini organizacij prepoznana kot področje, kjer so dodatna vlaganja potrebna bodisi zaradi modernizacije infrastrukture, povečanja zahtev po zanesljivosti in varnosti, bodisi zaradi novih poslovnih pobud in projektov.

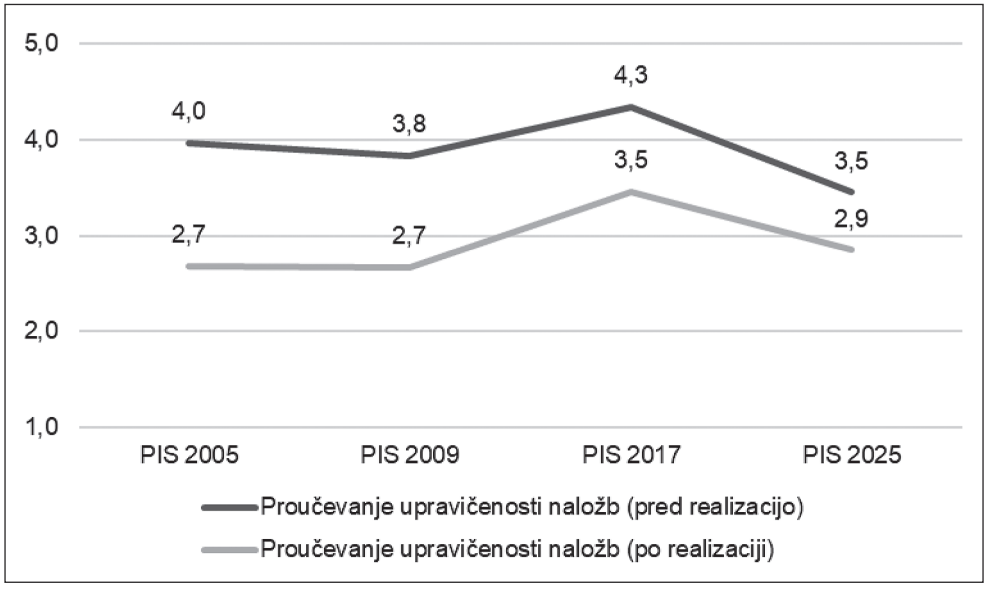
Pri deležu čistih prihodkov, namenjenih informatiki, je največ podjetij v razredu 1–2 % (25 %), sledijo <1 % (18 %), 4–5 % (15 %) ter več kot 10 % (12 %). Razpršenost rezultatov je pričakovana, saj je delež praviloma povezan z velikostjo organizacije, panogo, stopnjo digitalne zrelosti, zahtevnostjo poslovnih procesov in obsegom regulativnih zahtev.

Pri razdelitvi sredstev med tekoče aktivnosti in razvoj prevladujejo organizacije, ki večji del sredstev namenjajo tekočemu delovanju. 73 % jih namreč navaja, da za tekoče aktivnosti namenijo vsaj 50 % sredstev. Ob tem je razmeroma visok tudi delež podjetij, ki tega deleža ne poznajo (17 %), kar lahko nakazuje, da se v določenih organizacijah ne spremlja strukture porabe. Na podlagi podatkov ugotavljamo, da je v večini organizacij informatika še vedno pretežno usmerjena v zagotavljanje stabilnega delovanja in vzdrževanja, medtem ko je razvojni del pogosto omejen oziroma manj izrazit.

Učinkovito upravljanje IT investicij zahteva tudi dosledno proučevanje pred naložbo in sistematično vrednotenje po izvedbi. Podjetja morajo pred potrditvijo večjih naložb pripraviti jasne poslovne cilje, merljive koristi, ocene stroškov, časovnice izvedbe in ocene tveganj [18]. Strateško načrtovanje IT v kombinaciji z oceno in uresničevanjem koristi predstavlja temelj učinkovitega managementa informatike [19]. Vrednotenje po uvedbi in realizacija koristi sta posebej pomembni, saj raziskave kažejo, da številni IT projekti ne dosežejo pričakovanih koristi, tudi če so izvedeni pravočasno in znotraj proračuna. Zato je potrebno meriti učinke tako s finančne kot nefinančne perspektive [20]. Evalvacija IT investicij mora sistematično presojati, ali rešitve dosegajo predvidene poslovne izide ter identificirati odstopanja in možnosti prilagoditev [19]. Zmožnosti realizacije koristi, zlasti pri kompleksnih pobudah, kot so uvedbe celovitih informacijskih sistemov (IS), zahtevajo usklajen razvoj komplementarnih virov in organizacijskih zmožnosti ter postopno in pravilno investiranje, da se podjetja izognejo neučinkoviti razporeditvi sredstev [21].

Organizacije v našem vzorcu načeloma proučijo upravičenost IT investicij pred realizacijo, medtem ko so pri preverjanju upravičenosti po realizaciji rezultati nekoliko slabši. Hkrati pa je v primerjavi z raziskavo PIS 2017 razvidno, da organizacije proučevanju upravičenosti naložb namenjajo manj pozornosti (slika 1).

Rezultati raziskave nakazujejo, da je priprava utemeljitev in odločanje pred investicijo razmeroma standardizirano, medtem ko je sistematično spre-

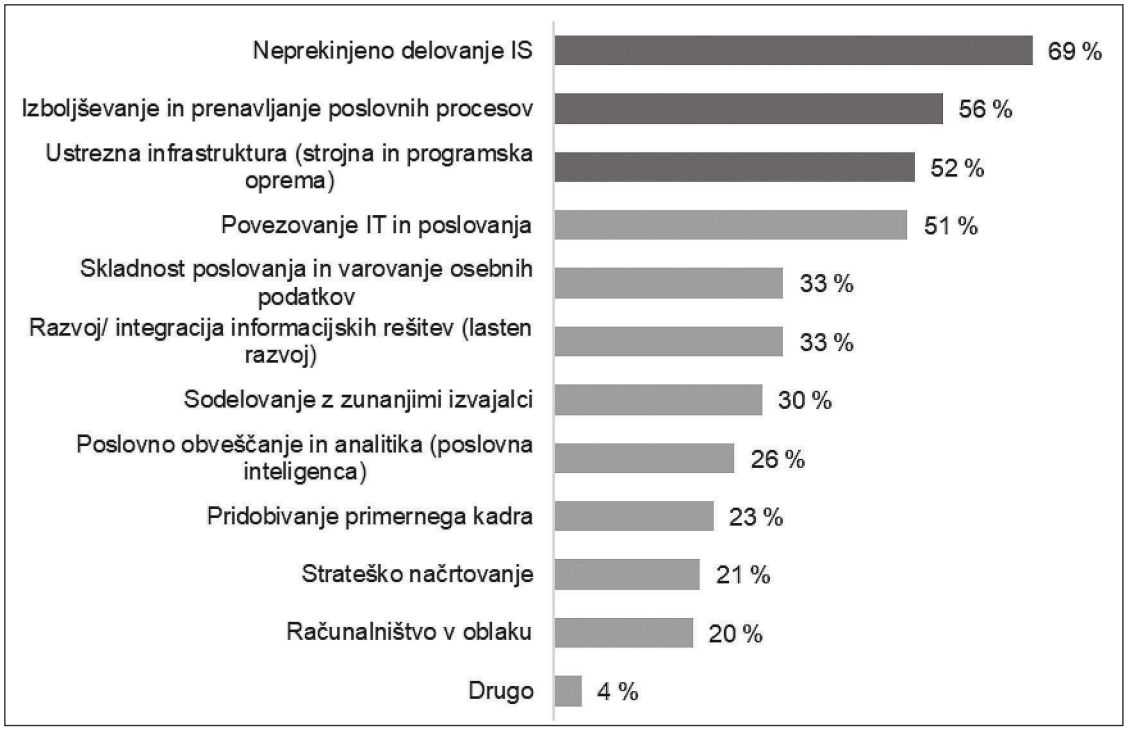


Slika 1: **Proučevanje upravičenosti naložb (1 – sploh se ne strinjam, 5 – povsem se strinjam).**

mljanje učinkov po izvedbi (npr. realizacija koristi, doseganje ciljev, merjenje učinkov na procese in uporabnike) manj dosledno. To je lahko povezano z zahtevnostjo merjenja koristi, pomanjkanjem lastništva kazalnikov, časovnimi omejitvami ali dejstvom, da se koristi IT pobud pogosto pokažejo posredno in z zamikom.

2.3 Prioritete managementa informatike

Prioritete managementa informatike so se skozi desetletja razvijale predvsem v smeri usklajenosti med IT in poslovnimi oddelki. Slednje je predstavljalo osrednjo vlogo managementa pri vzpostavljanju ciljev med IT in drugimi oddelki [22]. Usklajenost zahteva močno podporo vodilnega managementa,



Slika 2: **Prioritete managementa informatike.**

učinkovito komunikacijo, zaupanje in ustrezno določanje prioritet [23]. Organizacijska arhitektura mora delovati kot ključni mehanizem, ki povezuje IT sisteme z organizacijskimi cilji, spodbuja razpoložljivost informacij, optimizira vire in zagotavlja komplementarnost med poslovnimi funkcijami [24]. Ravno ustvarjanje vrednosti in inovacij vse bolj zahteva, da IT preseže operativno odličnost in predvsem omogoča nove poslovne modele, digitalno transformacijo ter konkurenčno razlikovanje [25].

Med prioritetami managementa informatike (slika 2) izstopajo štiri področja, in sicer zagotavljanje neprekinjenega delovanja IS (69 %), izboljševanje poslovnih procesov (56 %), posodobitev tehnološke infrastrukture (52 %) ter povezovanje IT in poslovanja (51 %). Med najnižje uvrščenimi prioritetami so pridobivanje ustreznega IT kadra (23 %), strateško načrtovanje informatike (21 %) ter računalništvo v oblaku (20 %).

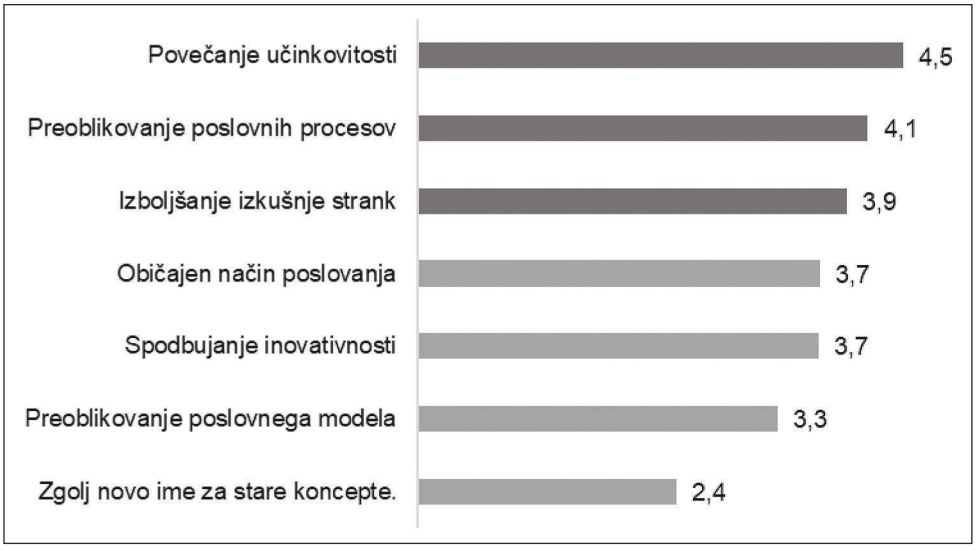
Celotno stanje prioritet nakazuje, da jedro managementa informatike ostaja usmerjeno v zanesljivost delovanja in infrastrukturo, ob tem pa sta visoko tudi procesna izboljšava ter usklajevanje IT s poslovanjem, kar nakazuje širši pogled na vlogo informatike kot podporo spremembam in učinkovitosti, in ne zgolj operativno funkcijo.

3 DIGITALIZACIJA

Čeprav se je razumevanje digitalizacije sprva razvijalo pretežno s tehnološkega vidika, literatura vse bolj poudarja, da njeni ključni izzivi segajo na področje sprememb poslovnih modelov, procesov, načina razmišljanja zaposlenih in organizacijske kulture [3]. Digitalizacija je tako izhodišče za širšo digitalno preobrazbo organizacij, ki je tesno povezana z višjo konkurenčnostjo podjetij in boljšimi poslovnimi rezultati, predvsem prek povečane inovativnosti, večje učinkovitosti in zniževanja stroškov [26], [27]. V sklopu digitalno poslovanje in inovacije smo tako preverjali, kako organizacije razumejo pojem digitalizacije, kateri so ključni pobudniki projektov digitalizacije, kako digitalizacija vpliva na poslovne modele ter kateri dejavniki predstavljajo ovire za njen razvoj.

3.1 Razumevanje digitalizacije in vpliv na poslovne modele

Ključno vprašanje je, ali organizacije digitalizacijo razumejo zgolj kot operativno orodje za izboljšanje obstoječega ali kot strateški vzvod za korenito preoblikovanje poslovanja. Rezultati raziskave na podlagi 109 veljavnih odgovorov kažejo, da organizacije digitalizacijo v največji meri razumejo kot sredstvo za povečanje učinkovitosti poslovanja (slika 3). Povprečna vrednost tega kazalnika je kar 4,46. To je skladno z ugotovitvami raziskave PIS 2017, kjer je bil ta kazalnik prav tako najvišje ocenjen (4,39). Sledi preoblikovanje poslovnih procesov (4,14), medtem ko je preoblikovanje poslovnega modela ocenjeno bistveno nižje (3,31). Razkorak med obema kazalnikoma nakazuje, da organizacije digitalizacijo pogosteje razumejo kot orodje za postopno optimizacijo in izboljševanje obstoječih procesov, manj pa kot vzvod za radikalne spremembe v poslovanju organizacij. To je



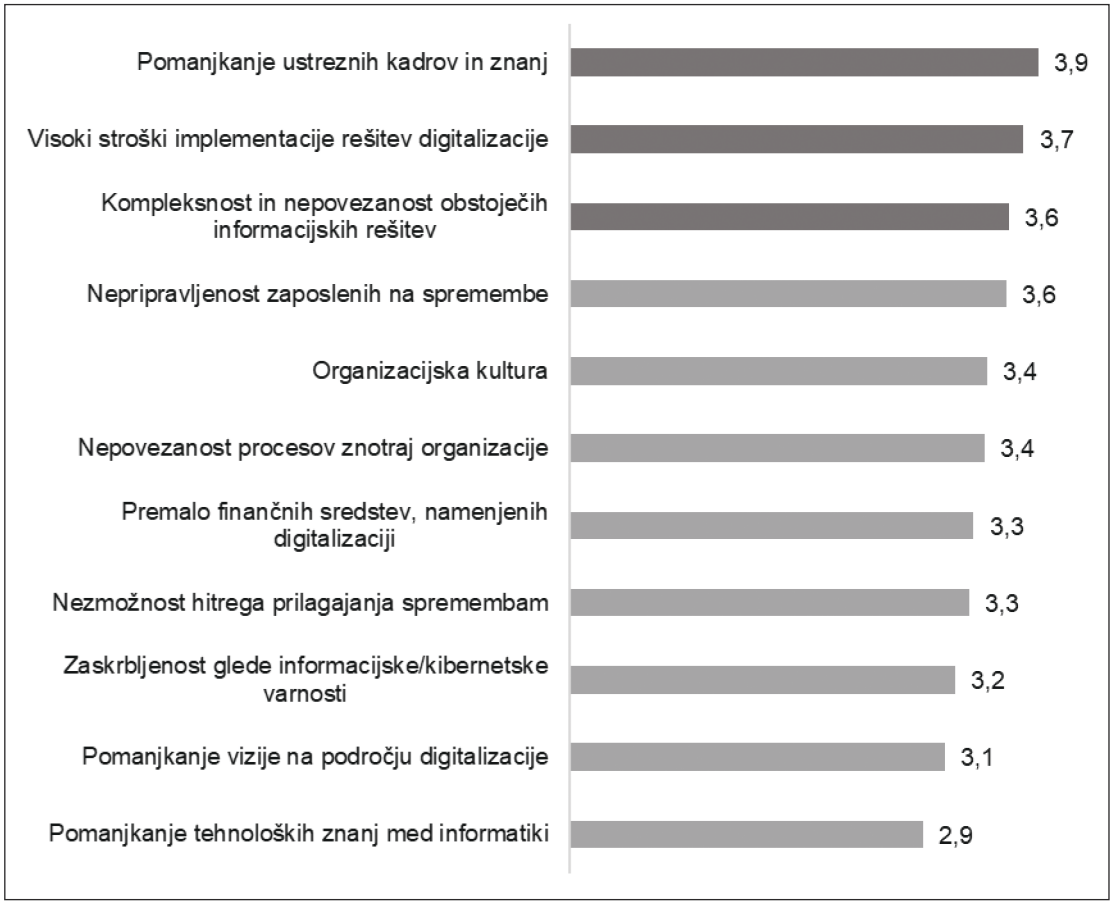
Slika 3: **Razumevanje digitalizacije v podjetjih (1 – sploh se ne strinjam, 5 – povsem se strinjam).**

skladno z opredelitvijo digitalizacije nekaterih avtorjev, ki jo opisujejo kot osnovno stopnjo uporabe digitalnih tehnologij z namenom optimizacije obstoječih procesov ter izboljšanja učinkovitosti in uporabniške izkušnje [28]. Med prve tri najpomembnejše kazalnike se uvršča še izboljšanje izkušnje strank (3,94). Najnižja povprečna ocena pri trditvi, da je digitalizacija zgolj novo ime za stare koncepte (2,38), pa potrjuje, da organizacije digitalizacijo razumejo kot vsebinsko in ne zgolj terminološko spremembo.

Ugotovitve predhodnega vprašanja dodatno potrjujejo tudi rezultati vprašanja o tem, kako digitalne rešitve dejansko vplivajo na poslovni model, torej ne le kako organizacije digitalizacijo razumejo, temveč kaj z njo v praksi dosegajo. Tudi tu je najvišjo povprečno vrednost zabeležilo zmanjševanje stroškov in izboljšanje operativne učinkovitosti (4,18). Najnižje pa je ocenjena trditev, da organizacije aktivno razvijajo povsem nove digitalne rešitve, ki presegajo obstoječe poslovne modele (3,26), kar je skladno s predhodnimi ugotovitvami. Relativno visoko je ocenjen tudi vpliv digitalnih rešitev na ustvarjanje novih priložnosti za inovacije (3,83), medtem ko je njihov neposreden vpliv na prihodke nekoliko zmernejši (3,56). Podobno velja za nadomeščanje fizičnih produktov z digitalnimi rešitvami in ustvarjanje dodatne vrednosti za stranke (3,50).

3.2 Pobudniki oz. prožilci projektov digitalizacije

Med ključnimi pobudniki oz. prožilci projektov digitalizacije prednjačijo notranji deležniki. Velika večina, kar 75 %, organizacij je kot ključne pobudnike oz. prožilce projektov digitalizacije navedla upravo organizacije oz. strateške usmeritve. Drugi najpomembnejši pobudniki so uporabniki znotraj organizacije (61 %). Pomembno vlogo igrajo tudi zakonske in regulatorne zahteve (50 %), medtem ko so stranke oz. kupci (28 %) in dobavitelji (11 %) mnogo manj pomembni prožilci za digitalizacijo. Glede na to, da država preko različnih spodbud kot so subvencije ali davčne olajšave, podjetja spodbuja k investiranju v



Slika 4: **Dejavniki, ki jih organizacije prepoznavajo kot oviro pri digitalizaciji (1 – sploh se ne strinjam, 5 – povsem se strinjam).**

digitalizacijo, je zanimivo, da je le 11 % vprašanih navedlo državo kot pomemben pobudnik za projekte digitalizacije. To kaže na bistveno manjši vpliv države na proženje projektov digitalizacije z spodbudami v primerjavi z zakonske in regulatorne zahteve.

3.3 Dejavniki, ki ovirajo digitalizacijo v organizacijah

V sklopu digitalnega poslovanja in inovacij smo preučevali tudi zaznane ovire za digitalizacijo v organizacijah. Rezultati s povprečnimi vrednostmi za vse ovire so prikazani na sliki 4. Med navedenimi ovirami za digitalizacijo se nobena ni izkazala kot izrazito prevladujoča. Kot največjo oviro so organizacije (n=108) izpostavile pomanjkanje ustreznih kadrov in znanj (3,86). Tudi druge raziskave so identificirale pomanjkanje kvalificirane delovne sile kot eno od ključnih ovir za uspešno digitalizacijo v evropskih podjetjih [29], [30]. Sledijo visoki stroški implementacije rešitev digitalizacije (3,74) ter kompleksnost in nepovezanost obstoječih informacijskih rešitev (3,62), kar nakazuje na pomembnost tehnološke in infrastrukturne konsolidacije. Med izrazitejšimi ovirami so tudi nepripravljenost zaposlenih na spremembe (3,60) ter organizacijska kultura (3,44), kar dodatno poudarja pomen organizacijskih in vedenjskih dejavnikov. Najnižjo povprečno vrednost dosega pomanjkanje tehnoloških znanj med informatiki (2,91). Zanimiva je primerjava rezultatov samo podjetij iz panoge, ki se ukvarja z dejavnostmi, povezanimi z IT (SKD panoga K), v primerjavi z rezultati vseh organizacij, zajetih v naši raziskavi. Na splošno podjetja v tej panogi ocenjujejo ovire kot veliko manjše kot ostale organizacije. Tudi podjetja iz omenjene panoge zaznavajo največjo oviro v pomanjkanju kadra, vendar manjšo kot ostali (3,31). Vidijo pa ta podjetja veliko manjšo oviro v nepripravljenosti zaposlenih na spremembe (2,38) kot ostali (3,60). To najverjetneje odraža višjo digitalno zrelost te panoge in s tem manjši kulturni odpor do sprememb.

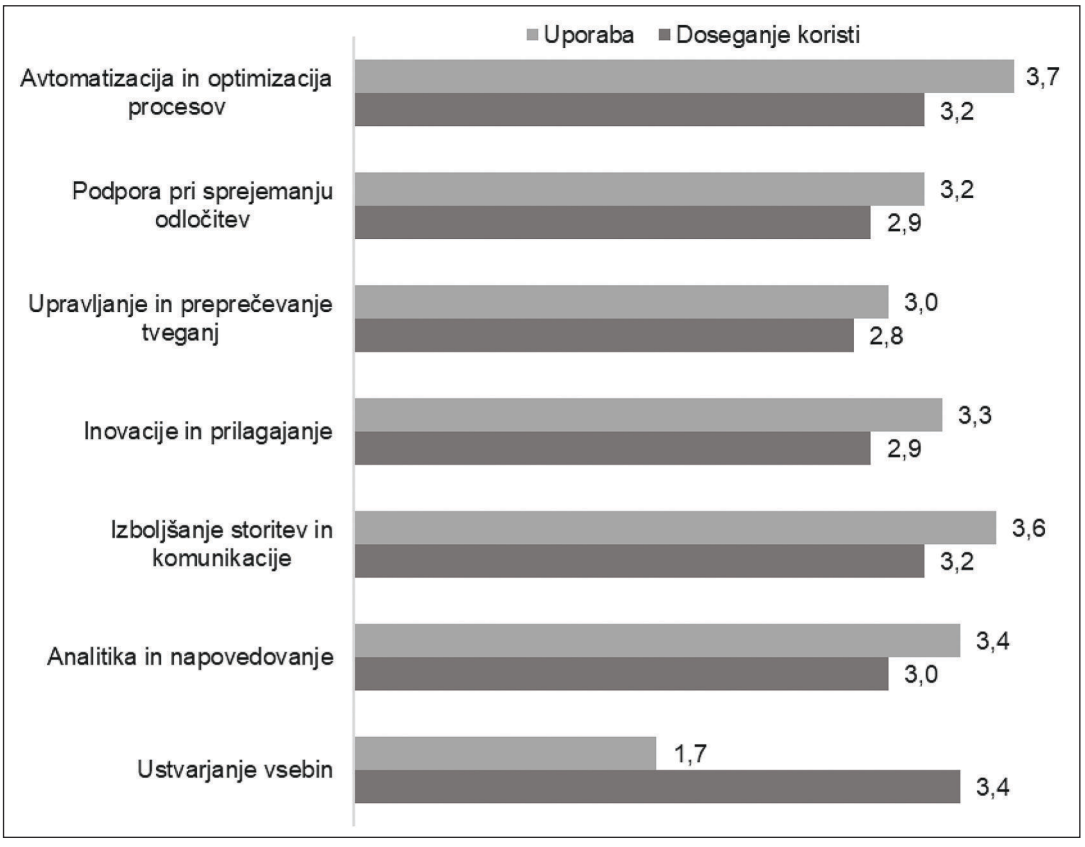
4 UMETNA INTELIGENCA

UI temeljito spreminja delovanje organizacij v skorajda vseh sektorjih. UI v tem kontekstu zajema računalniške sisteme, ki so zmožni opravljati naloge, ki običajno zahtevajo človeško poznavanje in presojo, vključno s prepoznavanjem vzorcev, analizo podatkov, odločanjem in avtonomnim učenjem [31]. Integracija UI v organizacijske procese je v današnjem svetu nujna, če želijo podjetja zagotavljati ali ohranjati konkurenčno prednost na trgu, podjetja pa UI prepoznavajo kot strateško sredstvo in operativno orodje za povečanje učinkovitosti, spodbujanje inovativnosti in zagotavljanje zadostne dodane vrednosti strankam na vse bolj digitaliziranih trgih.

Vendar pa je za področje uvajanja UI značilna precejšnja heterogenost. Medtem ko so velike korporacije začele sistematično vključevati UI, se mala in srednje velika podjetja (MSP) soočajo z različnimi izzivi, ki izhajajo iz omejitev virov, omejitev infrastrukture in vrzeli v zmogljivostih podjetij [32]. V pričujoči raziskavi se osredotočamo predvsem na MSP, saj predstavljajo hrbtenico večine gospodarstev, čeprav pogosto precej zaostajajo za večjimi podjetji pri uvajanju tehnologij. Ovire pri uvedbi in uporabi UI, specifične za MSP, se nanašajo predvsem na omejene finančne vire, premalo usposobljene ključne kadre in neustrezno tehnološko infrastrukturo [33]. Pri tem literatura poudarja tudi nezadostno znanje o aplikacijah UI in neustrezno opredeljene strategije, upoštevati pa je potrebno tudi stroške implementacije, izzive integracije UI rešitev z obstoječimi sistemi ter etične in varnostne dileme [34].

Če želimo razumeti dejavnike uvajanja UI v organizacije, jih moramo analizirati z različnih vidikov. Tehnološki vidiki zajemajo predvsem zaznano uporabnost in kompleksnost uporabe, organizacijski vidiki se nanašajo na podporo najvišjega vodstva, finančne vire in sposobnosti zaposlenih, okoljski vidiki pa se izražajo predvsem preko pritiska konkurence, regulativnih okvirov in trženjskih zahtev [35]. Poleg obvladovanja dejavnikov, ki vplivajo na uspešnost uvajanja UI v poslovanje, pa je uspešna integracija odvisna tudi od upoštevanja celovitih okvirov upravljanja, ki zajemajo etične smernice, protokole za obvladovanje tveganj in različne odgovornosti zaposlenih na vseh nivojih organizacije, zato je ključnega pomena, da organizacije vzpostavijo temeljne mehanizme upravljanja uvedbe UI v svoje delovne procese [36]. Dinamika različnih dejavnikov tako ustvarja nujnost, da organizacije k uvedbi UI pristopijo ne le kot k tehnološki implementaciji, temveč kot k celostni organizacijski preobrazbi, ki zahteva usklajenost različnih strategij, upravljavsko infrastrukturo, sposoben kader in prilagoditev organizacijske kulture, da ustreza sodobnim tehnologijam [37].

V raziskavi PIS 2025 smo ugotavljali stopnjo uporabe orodij UI med slovenskimi podjetji in koristi, ki

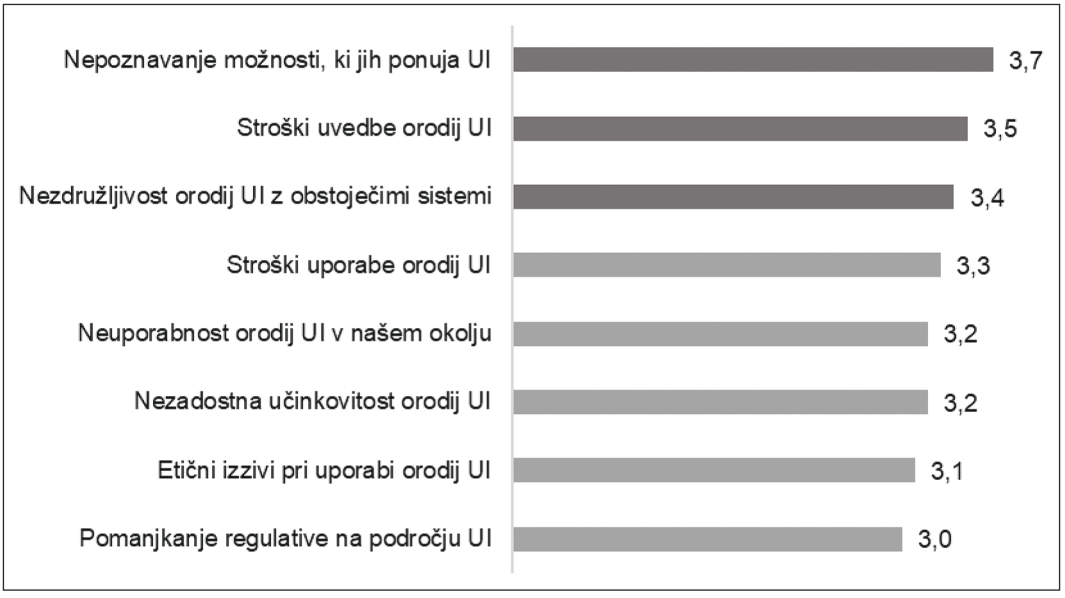


Slika 5: **Povprečne ocene uporabe UI in doseženih koristi po posameznih namenih (1 – se ne uporablja / ne dosegamo, 5 – se zelo uporablja / dosegamo).**

jih uporaba UI prinaša. Slika 5 prikazuje povprečne ocene uporabe orodij UI ter povprečne ocene doseganja koristi na različnih področjih poslovanja. Najvišje vrednosti uporabe so zaznane pri avtomatizaciji in optimizaciji procesov (3,7), izboljšanju storitev in komunikacije (3,6) ter analitiki in napovedovanju (3,4), kjer so hkrati dosežene tudi relativno visoke koristi. Srednje ravni uporabe in koristi so prisotne pri podpori odločanju, upravljanju tveganj ter inovacijah in prilagajanju. Izrazito odstopa področje ustvarjanja vsebin, kjer je stopnja uporabe nizka, zaznane koristi pa visoke, kar kaže na neskladje med razširjenostjo uporabe in njenimi učinki.

Ugotovitve nakazujejo, da se UI najpogosteje uporablja na področjih, kjer neposredno prispeva k učinkovitosti in obdelavi podatkov, vendar višja stopnja uporabe ne pomeni nujno sorazmerno višjih koristi. Razlike med uporabo in koristmi lahko odražajo nezrelost organizacij na področju uvedbe UI v svoje poslovanje. Nasprotno pa primer ustvarjanja vsebin kaže na pomemben, še neizkoriščen potencial UI, saj visoke zaznane koristi ob nizki uporabi kažejo na priložnost za širšo in bolj sistematično uvedbo. Skupno gledano pa rezultati nakazujejo na velik pomen premišljenega in strateškega uvajanja UI, usmerjenega v dejanske učinke in ne zgolj v obseg uporabe.

V delu, ki se nanaša na ovire za uvajanje UI v poslovanje (slika 6), rezultati nakazujejo, da so te ovire zaznane kot večplastne in med seboj prepletene, pri čemer ne izstopajo zgolj tehnični ali finančni dejavniki, temveč predvsem razumevanje same tehnologije. Najbolj izrazita ovira se kaže v nepoznavanju možnosti, ki jih UI ponuja (3,7), kar kaže, da številni deležniki potenciale UI zaznavajo kot nejasne ali premalo konkretne za uporabo v praksi. Takšno pomanjkanje znanja se nadalje povezuje s pomisleki glede smiselnosti vlaganj, saj so stroški uvedbe (3,5) in vprašanja združljivosti z obstoječimi sistemi (3,4) zaznani kot pomemben zaviralni dejavnik. Hkrati se pri delu respondentov pojavlja dvom o dejanski dodani vrednosti UI, kar se odraža v ocenah o njeni učinkovitosti (3,2) in uporabnosti v konkretnem delovnem okolju (3,2). V tem kontekstu stroški uporabe (3,3) delujejo kot dodatna ovira, ki krepi previdnost



Slika 6: **Ovire za uvedbo in uporabo UI (1 – nikakor ne predstavlja ovire, 5 – predstavlja zelo zahtevno oviro).**

pri implementaciji. Etični vidiki (3,1) in pomanjkanje regulative (3,0) so sicer zaznani kot manj izraziti, vendar ostajajo del širšega okvira negotovosti, ki spremlja uvajanje UI v organizacije.

Ugotavljamo, da ovire pri uvedbi in uporabi UI niso omejene zgolj na tehnološke ali finančne vidike, temveč so močno povezane tudi s človeškimi in organizacijskimi dejavniki. Visoka ocena nepoznavanja možnosti UI poudarja potrebo po sistematičnem izobraževanju, usposabljanju in strateški komunikaciji o potencialih teh tehnologij. Finančne ovire, povezane z uvedbo in uporabo, ter tehnična nezdružljivost z obstoječimi sistemi lahko zavirajo odločitve za implementacijo, zlasti v organizacijah z omejenimi viri. Relativno nižja zaznava etičnih in regulativnih vprašanj kot ovir lahko pomeni bodisi manjšo ozaveščenost o teh tveganjih bodisi večje zaupanje v obstoječe mehanizme nadzora. Skupno rezultati nakazujejo, da bi celostni pristopi k uvajanju UI, ki združujejo tehnične rešitve, finančno načrtovanje ter razvoj kompetenc zaposlenih, lahko pomembno zmanjšali zaznane ovire.

Pri uporabi UI je za organizacije pomembno, da imajo politiko upravljanja uporabe, saj takšna politika omogoča sistematično, odgovorno in skladno uvajanje ter uporabo te tehnologije. Večina anketirancev (77 %) navaja, da takšne celovite politike nima, medtem ko 23 % vprašanih poroča, da politiko upravljanja uporabe tehnologij UI v organizaciji že imajo vzpostavljeno. Razmerje med odgovori jasno kaže na izrazito prevlado negativnega odgovora, kar nakazuje, da je sistematičen pristop k urejanju uporabe UI še razmeroma redek.

Ugotovljeno razmerje ima pomembne implikacije za razumevanje stopnje zrelosti slovenskih organizacij pri uvajanju in upravljanju tehnologij UI. Visok delež organizacij brez celovite politike lahko pomeni, da se tehnologije UI uvajajo na zahtevo oz. za poseben namen (angl. ad hoc), brez jasnih pravil glede odgovornosti, etike, varovanja podatkov in obvladovanja tveganj. To povečuje možnost slabih praks, pravnih tveganj ter neučinkovite rabe tehnologije. Po drugi strani pa manjšinski delež organizacij z vzpostavljeno politiko kaže na začetke institucionalizacije upravljanja UI, kar je mogoče razumeti kot korak k bolj odgovorni, transparentni in strateški rabi te tehnologije. Rezultat tako nakazuje potrebo po večji ozaveščenosti ter razvoju formaliziranih okvirov za upravljanje uporabe UI v organizacijah.

5 MANAGEMENT POSLOVNIH PROCESOV

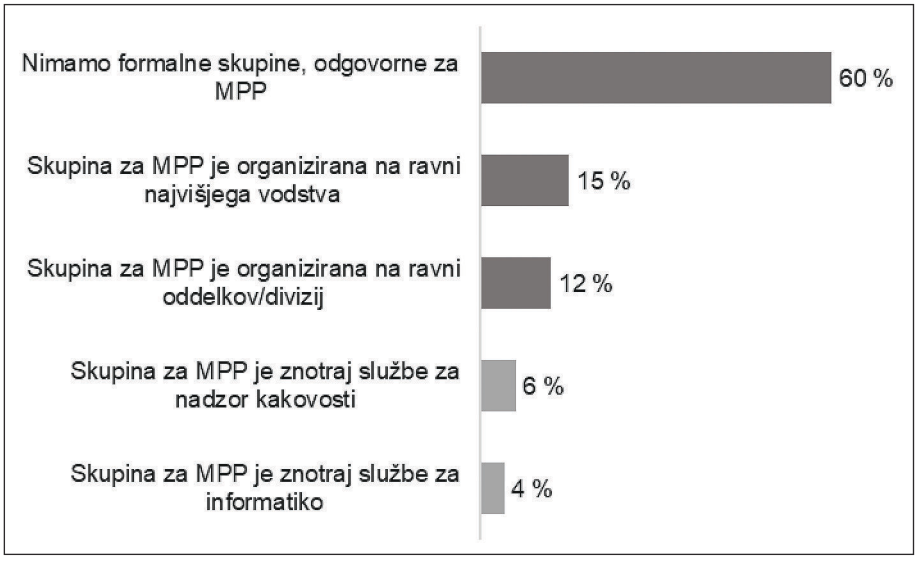
MPP se nanaša na sistematičen pristop k upravljanju in analiziranju izvajanja dela znotraj organizacije z namenom zanesljivega doseganja rezultatov in identifikacijo možnosti za izboljšanje poslovnih procesov [38]. Digitalna transformacija organizacij, ki jo poganjajo nove tehnologije, ne spreminja le vedenja posameznikov in prinaša nove oblike avtomatizacije,

Slika 7: **Identifikacija pomena in zanimanja za MPP v organizacijah.**

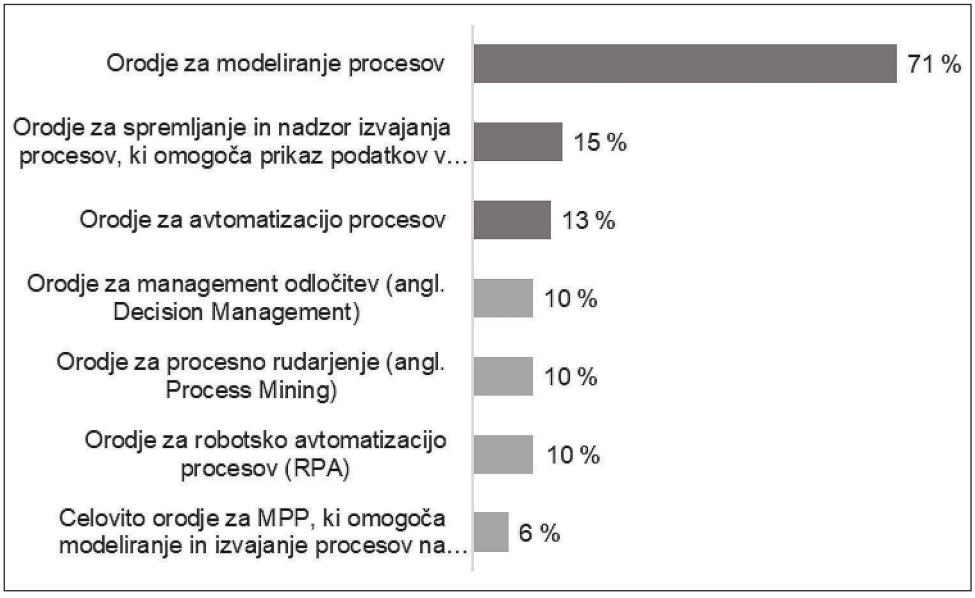
temveč tudi temeljito preoblikuje obstoječe procese in omogoča nove [39].

Rezultati raziskave PIS 2025 kažejo (slika 7), da je zanimanje organizacij za MPP zatorej prisotno, vendar večinoma na zmerni ravni. Čeprav polovica organizacij poroča o aktivnih iniciativah na področju MPP, je razvidno, da ima le manjši delež organizacij jasno izraženo strateško zavezanost vrhnjega managementa za to področje. Kljub zaznanemu zanimanju se to le delno odraža v dejanski organiziranosti MPP (slika 8). Več kot polovica organizacij (60 %) namreč navaja, da v njih ne obstaja formalno organizirana skupina ali enota, odgovorna za MPP, kar kaže, da MPP v številnih primerih ostaja projektna oz. občasna aktivnost. V takšnih primerih se ob začetku pobud na področju MPP pogosto oblikujejo ad hoc projektne skupine.

Poleg tega rezultati kažejo (slika 9), da organizacije za podporo MPP še vedno pretežno uporabljajo splošna orodja za modeliranje in dokumentiranje procesov, kot sta Draw.io in Bizagi Studio (71 %). Uporaba specializiranih orodij za MPP, ki omogočajo avtomatizacijo, procesno rudarjenje, spremljanje in upravljanje izvajanja procesov, je precej manj razšir-



Slika 8: **Pregled načinov organiziranja MPP znotraj podjetij.**



Slika 9: **Analiza interesnih področij rabe IT-orodij za MPP v organizacijah.**

jena. Zato ta struktura uporabljenih orodij kaže tudi, da je MPP v večini organizacij podprt predvsem na opisni ravni, medtem ko so naprednejši pristopi k celovitemu upravljanju procesov še vedno redki.

Različnost v načinu podpore MPP se odraža tudi v stopnji modeliranja in dokumentiranja poslovnih procesov. Rezultati namreč kažejo na izrazito razpršenost med organizacijami glede deleža modeliranih procesov. Medtem ko ima 23 % organizacij modeliranih največ 10 % poslovnih procesov, jih več kot tretjina (37 %) poroča o več kot 70 % modeliranih procesov. Kljub relativno visokemu povprečnemu deležu modeliranih procesov (51,2 %) ti rezultati kažejo na veliko neenakomernost procesne zrelosti med organizacijami.

6 UPRAVLJANJE IN MANAGEMENT PODATKOV

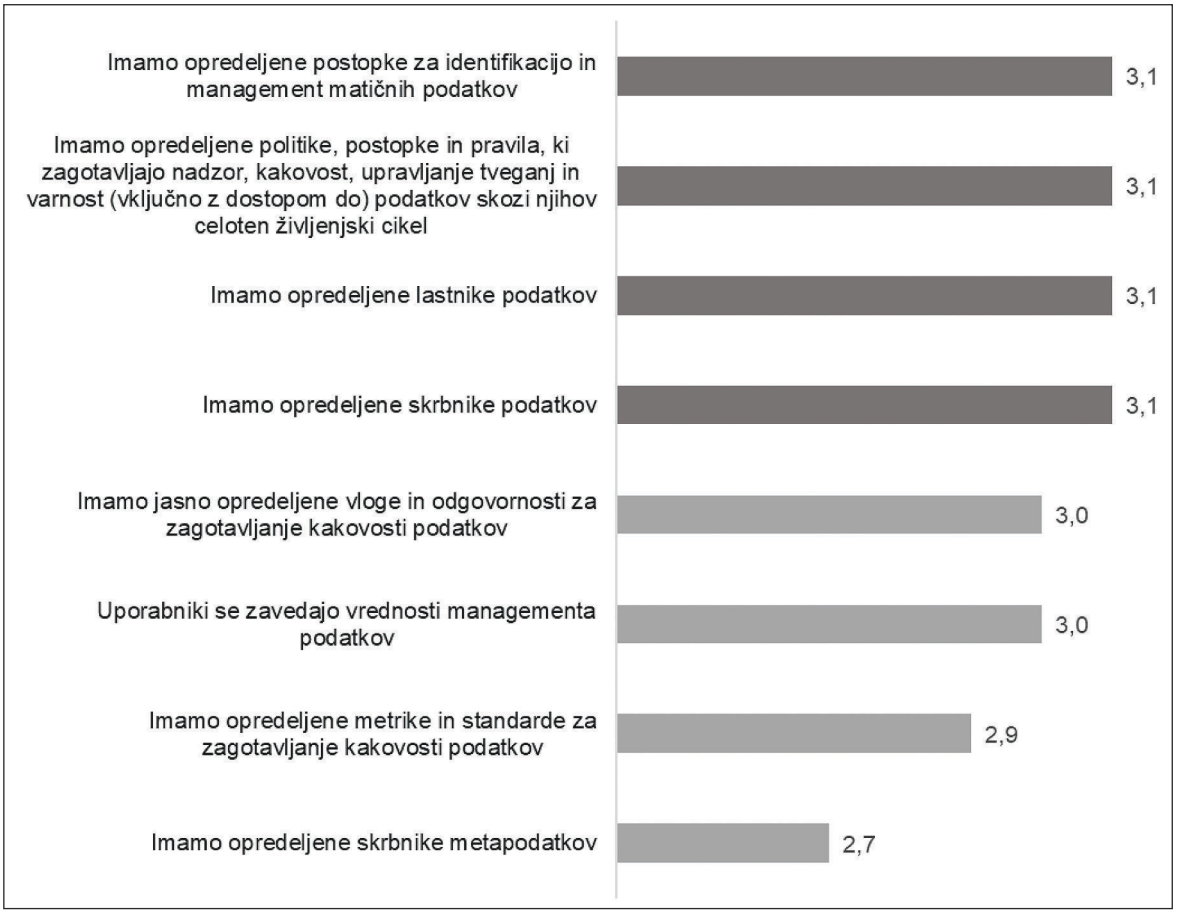
Učinkovito upravljanje podatkov (angl. data governance) in management podatkov (angl. data management) sta danes ključna temelja delovanja sodobnih organizacij, ki podatke prepoznavajo kot strateško sredstvo. Po opredelitvi DAMA International [40] je management podatkov skupek praks, tehnologij in procesov za zbiranje, hrambo, integracijo in uporabo podatkov, medtem ko upravljanje podatkov pomeni vzpostavitev politik, odgovornosti, nadzora in standardov, ki zagotavljajo kakovost, skladnost in etično uporabo podatkov. Upravljanje podatkov torej določa »pravila igre«, management podatkov pa pomeni izvajanje teh pravil v praksi.

Z razvojem digitalne preobrazbe se kompleksnost informacijskih okolij hitro povečuje – podatki prihajajo iz številnih virov, arhitekture postajajo razpršene, avtomatizacija in UI pa zahtevata visoko stopnjo integriranosti in kakovosti podatkov. V zadnjih letih je pomen teh področij še dodatno narasel zaradi razmaha UI in napredne analitike. Kakovost podatkov je postala osrednji pogoj za uspešno delovanje modelov strojnega učenja, saj slabi ali neurejeni podatki neposredno vplivajo na napovedno točnost, nepristranskost in sledljivost rezultatov [41]. Pomen upravljanja in managementa podatkov se močno odraža tudi pri razvoju BI, celovitih programskih rešitvah (angl. Enterprise Resource Planning, ERP) in CRM, kjer točnost, konsistentnost in integriranost podatkov omogočajo zanesljivo poročanje in analitiko. Povečevanje kompleksnosti pomeni, da kasnejši začetek urejanja področja pomeni mnogo več težav in potrebnih naporov, saj je usklajevanje, čiščenje in povezovanje podatkov v heterogenih sistemih bistveno zahtevnejše, kot če so standardi in odgovornosti vzpostavljeni že zgodaj. Prav zato mednarodne smernice [42], [43] priporočajo, da podjetja razvijajo upravljanje podatkov kot stalno funkcijo korporativnega vodenja, ne kot posamezen projekt.

Rezultati raziskave PIS 2025 kažejo, da se upravljanje podatkov v slovenskih organizacijah šele postopoma uveljavlja kot sistematična praksa, čeprav se pomen kakovostnih in povezanih podatkov vse bolj prepoznava. Približno polovica organizacij ima obli-

Slika 10: **Strategija in organiziranost upravljanja podatkov.**

kovano strategijo za upravljanje podatkov (slika 10), kar je primerljivo z evropskim povprečjem, vendar hkrati razkriva, da je področje še daleč od celovite institucionalizacije. Podobno velja za vzpostavljene organe ali vloge. Zavedati se je potrebno, da je upravljanje podatkov tudi ali pa predvsem organizacijski izziv. Gre za področje, kjer se prepletajo tehnološka orodja in človeške odgovornosti. Formalne vloge, kot so skrbniki podatkov, določajo, kdo skrbi za kakovost, lastništvo, varnost in dostopnost podatkov. Po raziskavi ima manj kot 40 % organizacij formalno imenovane odgovorne osebe ali odbore za upravljanje podatkov (slika 10), kar pomeni, da večina deluje v začetnih fazah zrelosti, kjer se aktivnosti izvajajo ad-hoc in pogosto brez krovnega okvira [40].



Slika 11: **Stanje upravljanja podatkov (1 – sploh se ne strinjam, 5 – povsem se strinjam).**

Pri analizi zrelosti na tem področju velja opozoriti, da lahko povprečne vrednosti dajejo varljivo sliko (slika 11): čeprav rezultati na prvi pogled kažejo srednjo stopnjo zrelosti glede upravljanja podatkov (ocene okoli 3 od 5), podrobnejši vpogled razkrije zelo razpršeno stanje. Nekatera podjetja imajo že vzpostavljene formalne politike, vloge in procese, druga pa se z upravljanjem podatkov sploh še niso začela ukvarjati. Ta polarizacija kaže na hitro diferenciacijo področja – vodilne organizacije gradijo napredne podatkovne ekosisteme, medtem ko druge ostajajo na ravni osnovnega shranjevanja in čiščenja podatkov. Takšna razlika je tudi v Evropi vse pogostejša [44], [45].

V delu, ki se nanaša na management podatkov (slika 12), rezultati kažejo nekoliko višjo stopnjo zrelosti, saj organizacije pogosteje zagotavljajo t. i. eno verzijo resnice (centraliziran zapis matičnih podatkov) in vzpostavljajo repozitorije metapodatkov. Vendar tudi tukaj prevladuje reaktivni pristop. Kakovost podatkov se zagotavlja, ko pride do težav, ne pa s stalnim nadzorom in izboljševanjem. Globalni trendi so drugačni: napredne organizacije uvajajo proaktivno zagotavljanje kakovosti (angl. data quality by design) in avtomatizirano spremljanje kakovosti podatkov, kar postaja ključno zlasti pri uvajanju UI, kjer se napake v podatkih neposredno prenašajo v rezultate modelov [41], [43].

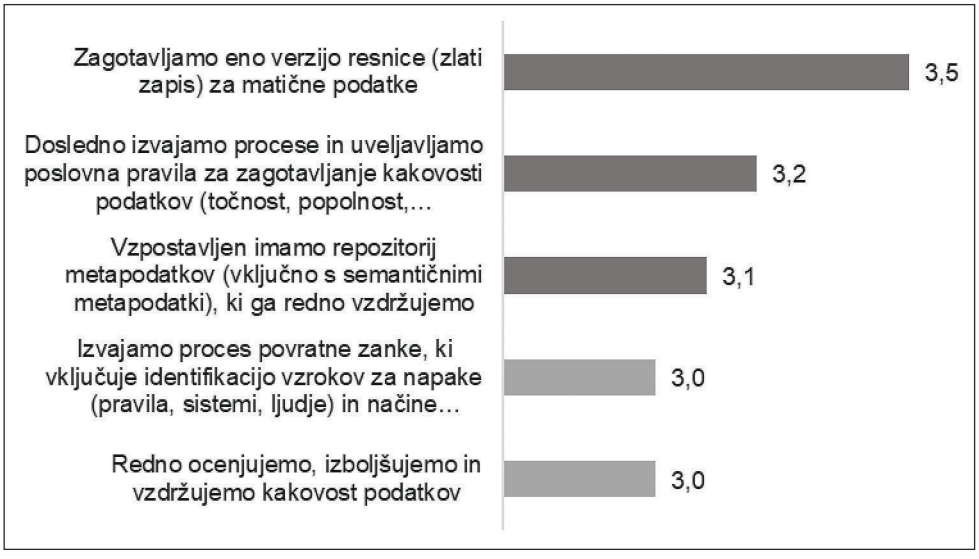
Sklepno lahko povzamemo, da so slovenske organizacije pri upravljanju in managementu podatkov trenutno v srednji fazi zrelosti, vendar z izrazito razpršenimi praksami. Naslednji ključni korak je in bo vzpostavitev formalnih vlog (lastniki in skrbniki podatkov), centralnih funkcij upravljanja podatkov ter integriranih arhitektur, ki bodo zagotavljale kakovost, sledljivost in povezljivost podatkov kot osnovo za uspešno digitalno in UI prihodnost.

7 INFORMACIJSKA TEHNOLOGIJA

Na podlagi rezultatov raziskave, ki so prikazani na sliki 13, ugotavljamo, da so osnovne informacijske rešitve v Sloveniji razmeroma dobro uveljavljene, medtem ko je pri naprednejših tehnologijah zaznati večjo zadržanost.

Vidimo, da so najbolj razširjene tehnologije, ki predstavljajo temelj sodobne informacijske infrastrukture. Med njimi izstopajo virtualizacija strežnikov, dokumenti IS ter rešitve za CRM. Prav tako je razmeroma visoka stopnja uporabe orodij za poslovno obveščanje in osnovno analitiko, kar kaže na zavedanje pomena podatkovno podprtega odločanja.

Manj razširjene so napredne analitične rešitve, obdelava masovnih podatkov (angl. big data) ter internet stvari (angl. Internet of Things, IoT). Pri teh tehnologijah prevladujejo odgovori, ki kažejo na fazo načrtovanja ali zgolj spremljanja razvoja. Podobno velja za robotsko avtomatizacijo procesov (RPA) in UI, kjer je kljub visokemu zanimanju dejanska uporaba še omejena. Najnižjo stopnjo zaznane relevantnosti imajo verižne tehnologije (angl. blockchain) ter navidezna in obogatena resničnost (VR/AR), ki jih velik del organizacij trenutno ne prepoznava kot potrebne.



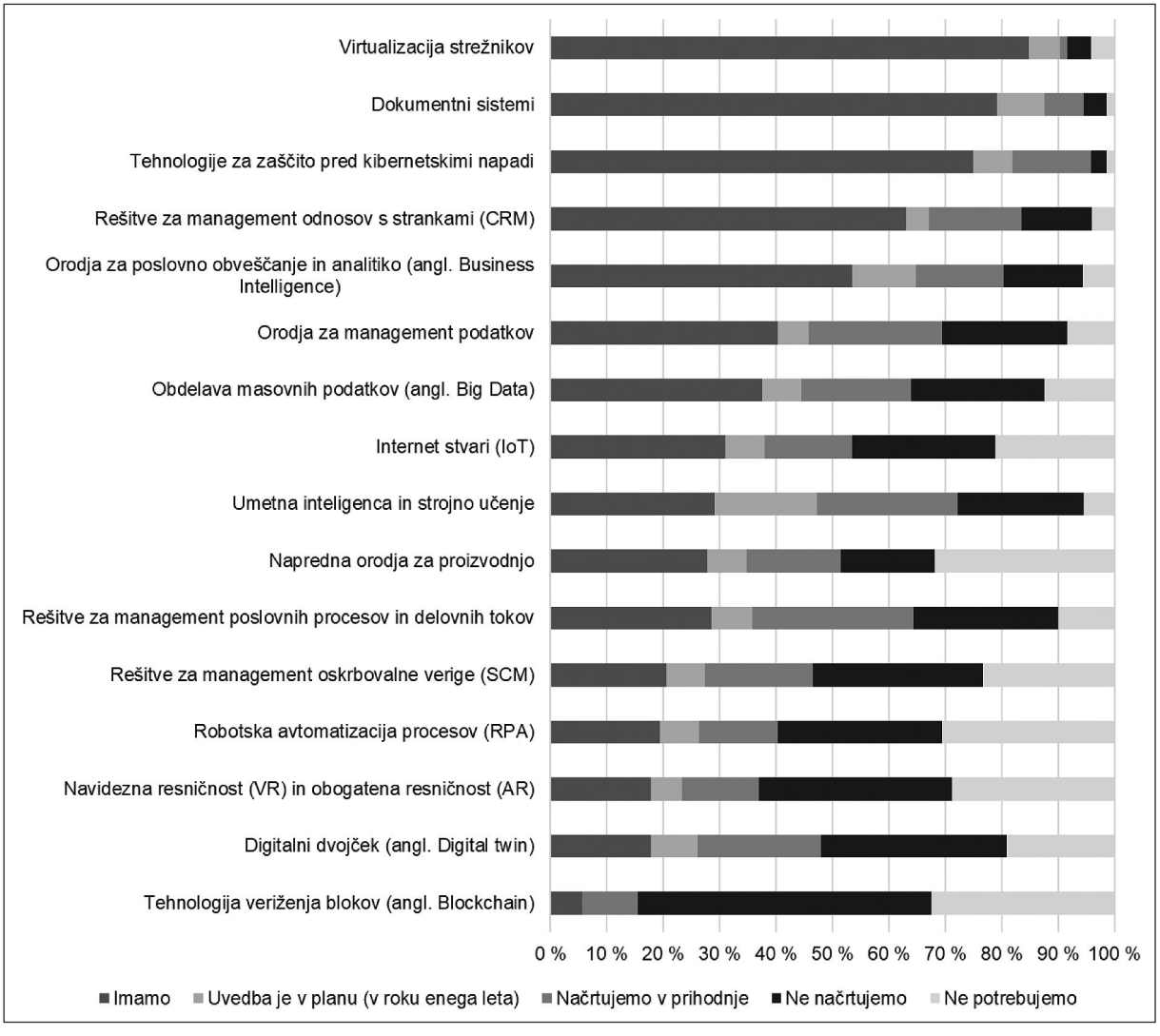
Slika 12: **Stanje managementa podatkov (1 – sploh se ne strinjam, 5 – povsem se strinjam).**

V primerjavi z globalnimi trendi (npr. OECD [46]) Slovenija na področju osnovne informatizacije ne zaostaja bistveno. Uporaba standardnih poslovnih IS in oblačnih storitev je primerljiva z evropskim povprečjem. Razkorak pa se kaže pri uvajanju naprednih digitalnih tehnologij, zlasti UI, RPA in napredne analitike, kjer vodilne svetovne organizacije dosegajo bistveno višjo stopnjo zrelosti.

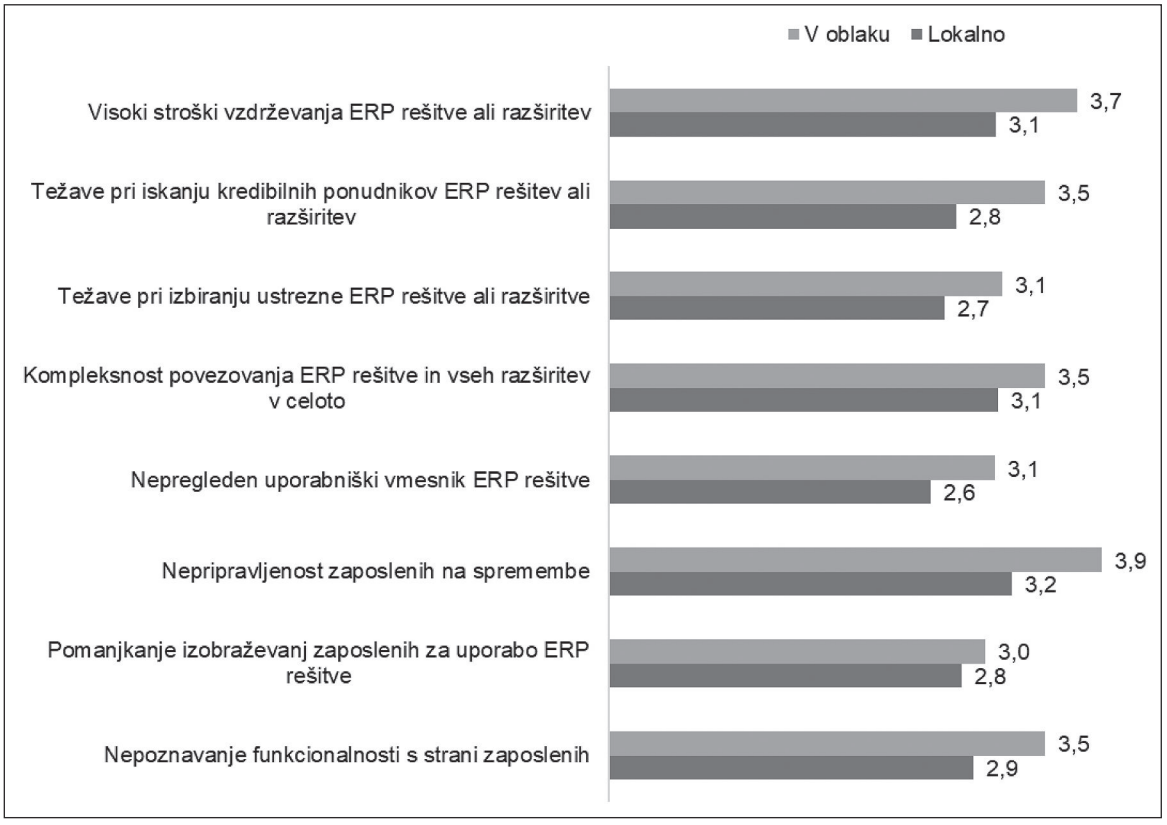
Mednarodne raziskave (npr. McKinsey [47], Gartner [48]) kažejo, da UI in avtomatizacija že pomembno prispevata k produktivnosti in konkurenčnosti, medtem ko slovenske organizacije večinoma še ocenjujejo njihove potencialne koristi in tveganja. Nadaljnji razvoj poslovne informatike bo zahteval večji poudarek na razvoju znanj, jasni opredelitvi poslovnih ciljev ter sistematičnem uvajanju naprednih tehnologij, ki bodo podpirale dolgoročno konkurenčnost.

8 CELOVITE PROGRAMSKE REŠITVE

ERP sistemi predstavljajo integrirane IS, namenjene celoviti podpori ključnim poslovnim procesom organizacije. Njihov temeljni namen je povezovanje področij, kot so finance, nabava, proizvodnja, logistika, prodaja, kadri in vodenje projektov, v enoten IS z osrednjo podatkovno bazo. ERP sistemi tako omogočajo standardizacijo procesov, enotno obdelavo podatkov in večjo preglednost poslovanja v realnem času. V praksi ERP ne predstavlja zgolj programske opreme, temveč kombinacijo tehnologije, vnaprej definiranih poslovnih procesov in organizacijskih pravil, ki usmerjajo delovanje podjetja [49]. S tem ERP



Slika 13: **Dejanska in predvidena uporaba IT.**



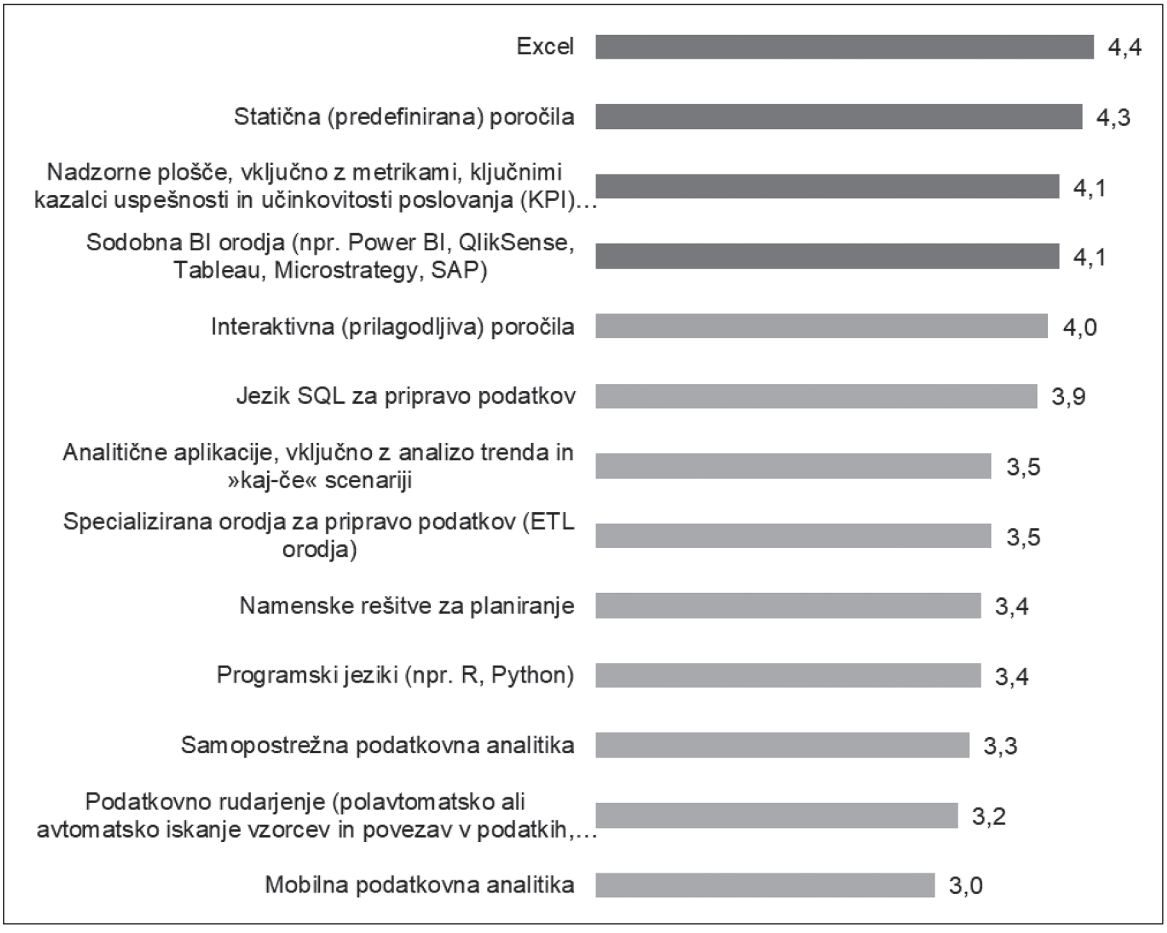
Slika 14: **Zaznani izzivi pri uporabi ERP sistemov glede na arhitekturo namestitve (1 – sploh se ne strinjam, 5 – povsem se strinjam).**

sistemi postajajo hrbtenica informacijskega okolja organizacije in ključno orodje za operativno učinkovitost, nadzor ter strateško odločanje.

Kljub svoji uveljavljenosti pa se ERP sistemi danes soočajo s številnimi izzivi, ki segajo od izbire ustrezne rešitve do njene dolgoročne uporabe. Organizacije se že v fazi izbire soočajo z dilemo med standardiziranimi in prilagodljivimi rešitvami, pa tudi z vprašanji primernosti panogam specifičnih modulov. Uvajanje in implementacija ERP sistemov ostajata organizacijsko in finančno zahtevna projekta, pogosto povezana s spremembami poslovnih procesov, odporom zaposlenih ter tveganji prekoračitve časa in stroškov, pri čemer raziskave dosledno izpostavljajo implementacijo, integracijo in upravljanje tveganj kot osrednje problematične točke življenjskega cikla ERP sistemov [50]. Dodatno kompleksnost prinaša odločitev med lokalno nameščenimi (angl. on-premise) in oblačnimi (angl. cloud) rešitvami, kjer se organizacije tehtajo med nadzorom nad podatki, varnostjo, prilagodljivostjo in stroški lastništva. Spremembe licenčnih modelov, prehod na naročniške oblike uporabe ter naraščajoča odvisnost od ponudnikov pomembno vplivajo na dolgoročno ekonomsko upravičenost ERP rešitev, kar je še posebej izrazito v razmerah povečane negotovosti in omejenih virov, kjer se odločitve o ERP vse pogosteje sprejemajo kratkoročno in oportunistično [51].

Rezultati raziskave potrjujejo, da so ERP sistemi v poslovni praksi že dolgo uveljavljeni, saj jih uporabljajo praktično vsa anketirana podjetja (97 %), pri čemer več kot polovica ERP uporablja že več kot desetletje. ERP v organizacijah ne predstavlja kratkoročnega informacijskega projekta, temveč dolgoročno naložbo.

Pri tem se kot ključno izkaže vprašanje dejanske pokritosti poslovnih procesov. Rezultati kažejo, da osnovna ERP rešitev sama po sebi le redko zadostuje za celovito podporo poslovanju. Le približno tretjina (30 %) podjetij dosega vsaj 70-odstotno pokritost procesov zgolj z osnovnim ERP sistemom, medtem ko se ta delež ob vključitvi razširitev skoraj podvoji (58 %). ERP torej v praksi praviloma deluje kot jedro širšega informacijskega ekosistema, v katerem imajo razširitve – pogosto razvite lokalno (80 %) ali celo interno (30 %) – ključno vlogo pri prilagajanju specifičnim po-



Slika 15: **Uporaba tehnologij in orodij BI&A (1 – sploh ne uporabljajo, 5 – uporaba je zelo pomembna).**

trebam organizacije. To potrjujejo tudi podatki o uvedbi ERP rešitev, saj so v skoraj polovici podjetij pred uvedbo prilagodili poslovne procese (49 %), hkrati pa je bila v še večjem deležu organizacij (66 %) potrebna tudi prilagoditev ERP rešitve značilnostim obstoječih procesov. Področja, kot so upravljanje odnosov z odjemalci, dokumentni management in projektno vodenje, podjetja sistematično pokrivajo zunaj osnovnega ERP jedra, kar dodatno kaže na omejitve standardizacije v kompleksnih organizacijskih okoljih.

Podjetja, ki uporabljajo ERP v oblaku (26 %), poročajo o višjih zaznanih izzivih (slika 14), povezanih z odporom zaposlenih, kompleksnostjo integracij in stroški vzdrževanja, hkrati pa pogosteje sistematično opredeljujejo informacijske potrebe pred uvedbo sistema.

V več kot dveh tretjinah podjetij (69 %) je pred uvedbo ERP rešitve ali posameznih razširitev potekala sistematična opredelitev informacijskih potreb, kar nakazuje, da uspešna uvedba ERP zahteva jasno razumevanje procesnih in podatkovnih zahtev, ne glede na izbrano tehnološko arhitekturo. To nakazuje, da prehod v oblak ne pomeni poenostavitve ERP okolja, temveč zahteva višjo raven organizacijske in procesne zrelosti.

Podjetja, ki ERP uporabljajo v naročniškem modelu (najem licenc), izkazujejo višjo stopnjo zadovoljstva tako z rešitvijo kot z uvajalci ter bistveno redkeje razmišljajo o menjavi sistema. Pri tem pomembno vlogo igra tudi razvoj kompetenc uporabnikov, saj več kot polovica podjetij redno vlaga v izobraževanje zaposlenih za učinkovito uporabo ERP rešitev in povezanih razširitev. Hkrati podatki kažejo jasen časovni vzorec: organizacije, ki so ERP uvedle v zadnjih petih letih, se pogosteje odločajo za najem licenc (63 %) in oblačno namestitev (56 %), medtem ko starejši uporabniki ERP sistemov pogosteje ostajajo pri lokalno nameščenih rešitvah (83 %) in nakupu licenc (58 %).

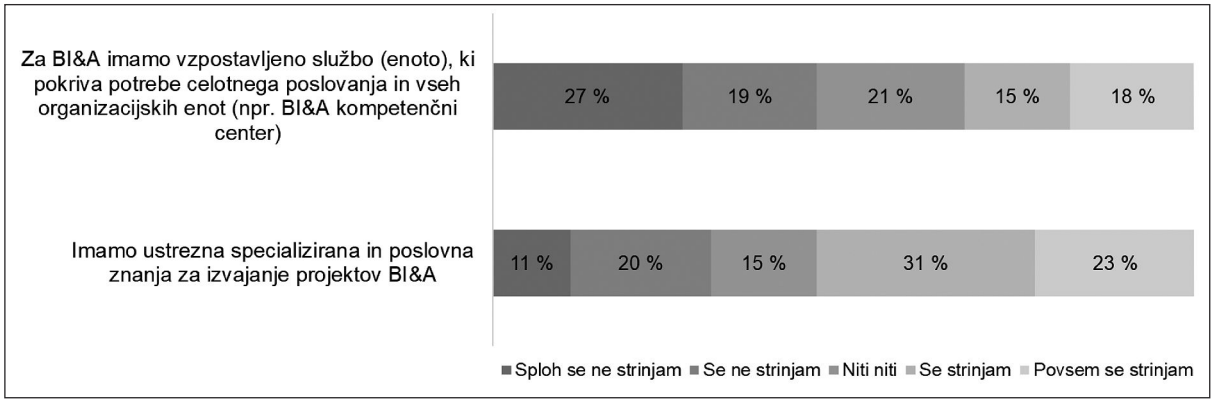
9 POSLOVNO OBVEŠČANJE IN ANALITIKA

Rezultati kažejo, da slovenska podjetja pri uvajanju sodobnih orodij poslovne inteligence (angl. Business Intelligence, BI) sledijo globalnim trendom, vendar z določeno časovno zamudo in omejeno organizacijsko zrelostjo. Najpogosteje uporabljena orodja – Power BI, Qlik Sense, Tableau in v manjšem obsegu SAP BusinessObjects BI – so enaka, kot tista, ki jih v zadnjih letih navaja globalna raziskava Gartner [52]. Primerjava z raziskavo PIS 2009 [2] kaže jasen premik težišča BI v zadnjih 15 letih v Sloveniji od tehnologij za pripravo poročil in zbiranje podatkov k samopostrežnim (angl. self-service BI) in interaktivnim analitičnim okoljem (slika 15). To potrjuje, da slovenska podjetja sledijo svetovnim smernicam pri izbiri tehnologij, pri tem pa se uvajanje najpogosteje začne oddelčno in ne kot celovita strategija na ravni podjetja.

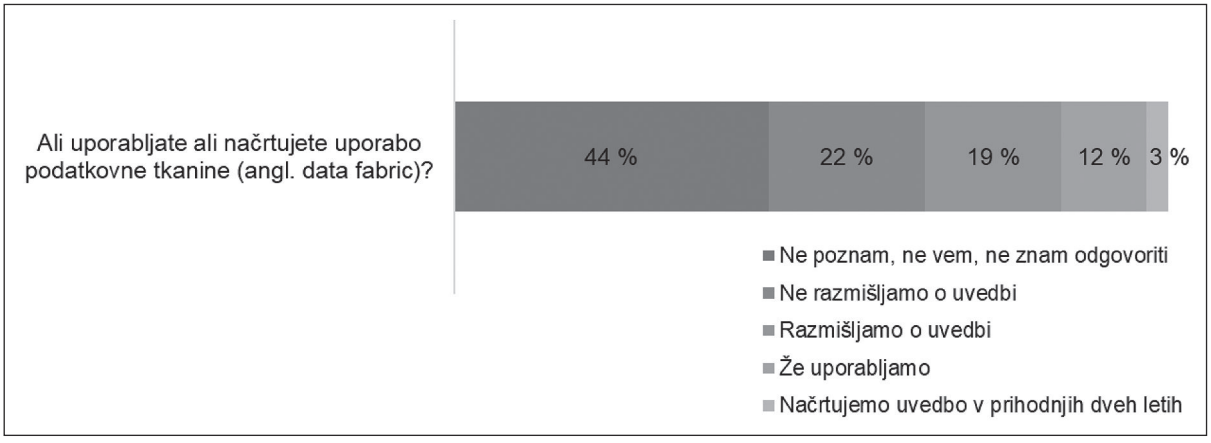
Na isto kaže tudi nizka povprečna ocena organizacijske umeščenosti BI in analitike – podjetja poročajo (slika 16), da nimajo formalno vzpostavljene enote ali službe za BI (skupno 46 %) in da so specializirana poslovna znanja prisotna le delno (skupno 31 %). V primerjavi z mednarodnimi praksami, kjer BI funkcije delujejo kot integrirani centri odličnosti (npr. BI/Analytics Center of Excellence), je to pokazatelj, da je Slovenija še na nekoliko nižji ravni zrelosti BI: v fazi konsolidacije in standardizacije, kjer so tehnologije že sprejete, ni pa še preboja v organizacijskih spremembah, ki jih zahteva kultura odločanja, temelječa na podatkih. Posledica je, da BI pogosto lahko deluje kot skupek orodij in posameznih rešitev, ne pa kot del celovite strategije managementa podatkov. Ta značilnost stanja BI v Sloveniji ostaja primerljiva s stanjem v letu 2009 [2], kljub temu pa lahko ugotovimo, da se BI premika iz IT-oddelkov v roke poslovnih uporabnikov – skladno z globalnim trendom demokratizacije analitike.

V zadnjem času je pri razvoju BI mogoče opaziti pomembno vlogo UI, ki v kombinaciji z napovedno analitiko in avtomatskim odkrivanjem vzorcev omogoča nastanek t. i. UI-razširjene poslovne analitike (angl. augmented analytics). Zanimivo je, da so napredne oblike analitike (npr. podatkovno rudarjenje, napovedno modeliranje, UI-razširjena analitika, mobilna analitika) v Sloveniji tako leta 2009 [2] kot danes še vedno uvrščene nižje, čeprav imajo danes bistveno večji potencial.

Na tehnološki ravni BI hitro prehaja v oblačna in integrirana podatkovna okolja, kjer se združujejo različni viri podatkov, pogosto v realnem času. Koncept podatkovne tkanine (angl. data fabric) omogoča vzpostavitev poenotene, fleksibilne podatkovne infrastrukture, s katero zagotavljamo eno samo okolje za raznolike organizacijske potrebe po managementu podatkov: od podatkovnega inženiringa, integracije podatkov iz različnih okolij, podatkovne znanosti, obdelave strukturiranih in nestrukturiranih podatkov, upravljanja podatkovnih skladišč in podatkovnih jezer (angl. data lake) do poslovnega obveščanja in analitike. Takšna arhitektura omogoča večjo interoperabilnost, dostopnost analitičnih orodij kjerkoli in kadarkoli ter zanesljivejše podatkovne tokove, kar je ključno za podjetja, ki želijo razvijati kulturo odločanja, temelječo na podatkih. Zato je posebej zanimiva slika 17 o poznavanju in uporabi podatkovne tkanine. Več kot 40 % organizacij koncepta ne pozna, le okoli 12 % ga dejansko uporablja, nekaj jih o njem razmišlja. To je skladno s stanjem v Evropi in svetu, kjer tržne raziskave in napovedi kažejo



Slika 16: **Znanja in organiziranost za BI&A.**



Slika 17: **Uporaba podatkovne tkanine.**

potencialno rast globalnega trga s povprečno letno stopnjo rasti (CAGR) 20,7 % do leta 2031 [53], vendar več raziskav tudi kaže na težave pri uvajanju, kar je posledica dejstva, da podatkovna tkanina vendarle še ni zrela tehnologija [54]. Dejstvo, da se slovenska podjetja s tem šele seznanjajo, kaže na prihodnjo razvojno usmeritev – prehod od orodij k integriranim podatkovnim ekosistemom, kjer bo BI deloval kot del širše strategije upravljanja podatkov.

Skupno gledano rezultati potrjujejo, da so slovenska podjetja v vmesni fazi digitalne podatkovne preobrazbe. Sodobna BI orodja, kot so Power BI, Tableau in Qlik, so že široko prisotna, vendar prevladuje njihova uporaba za klasično poročanje in interaktivne vizualizacije, manj pa za napredno analitiko, avtomatizacijo, samopostrežno ali mobilno uporabo. Naslednji razvojni korak bo moral vključevati organizacijsko konsolidacijo BI funkcije, izgradnjo integriranih podatkovnih okolij ter povezovanje BI z UI in napovedno analitiko. Ti elementi bodo v prihodnjih petih letih odločilni za to, ali se bo BI v Sloveniji premaknil iz operativne podpore v strateško orodje odločanja na ravni podjetij.

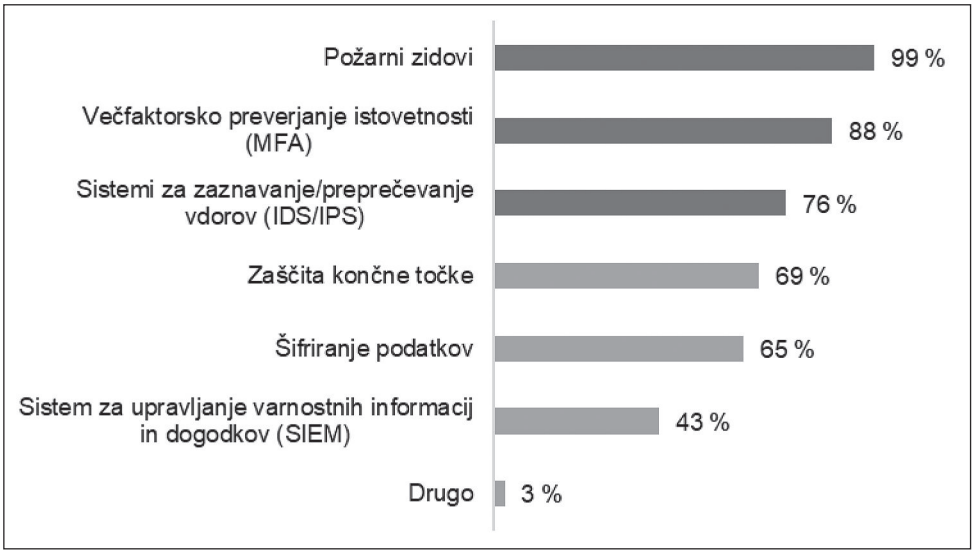
10 VARNOST

Rezultati pregledne raziskave kažejo razmeroma zrelo, a še vedno neenakomerno sliko informacijske varnosti v sodelujočih organizacijah. Vzpostavitev varnostno-operativnega centra (SOC) je eden ključnih kazalnikov organizacijske zrelosti na področju kibernetske varnosti. Podatki kažejo, da ima SOC vzpostavljenih 42 % organizacij, skoraj enak delež (45 %) pa ga še nima, medtem ko je 13 % organizacij v fazi vzpostavljanja. V primerjavi z globalnimi trendi je to nekoliko pod povprečjem večjih in zrelejših okolij, kjer SOC ali vsaj centralizirano funkcijo zaznavanja in odzivanja uporablja več kot polovica srednje velikih in velikih organizacij, še posebej v reguliranih panogah, kot so finance in energetika [55]. Razkorak je delno mogoče pripisati omejenim kadrovskim in finančnim virom ter pomanjkanju ustreznih strokovnjakov, kar je globalno prepoznano kot ena največjih ovir pri razvoju SOC-funkcij.

Na področju uporabe varnostnih standardov in regulativ izstopata Splošna uredba o varstvu podatkov (GDPR), ki jo navaja 52 % organizacij, in standard ISO/IEC 27001, ki ga uporablja 48 % anketirancev. To je skladno z evropskim prostorom, kjer je skladnost z GDPR pogosto primarni sprožilec sistematičnega urejanja informacijske varnosti. Opazno nižji delež uporabe okvirjev, kot so NIST, CIS ali ETSI, nakazuje, da se organizacije večinoma osredotočajo na regulativno skladnost, manj pa na operativne in tehnične varnostne okvire. Globalne raziskave kažejo bolj razpršeno uporabo standardov, pri čemer je NIST Cybersecurity Framework eden najpogosteje uporabljenih okvirov zunaj EU [56]. Pojav NIS2 in DORA v odgovorih sicer kaže na naraščajočo ozaveščenost o novih regulatornih zahtevah, vendar je njihova implementacija še v zgodnji fazi.

Analiza uvedenih varnostnih tehnologij razkriva močno prevlado osnovnih zaščitnih mehanizmov (slika 18).

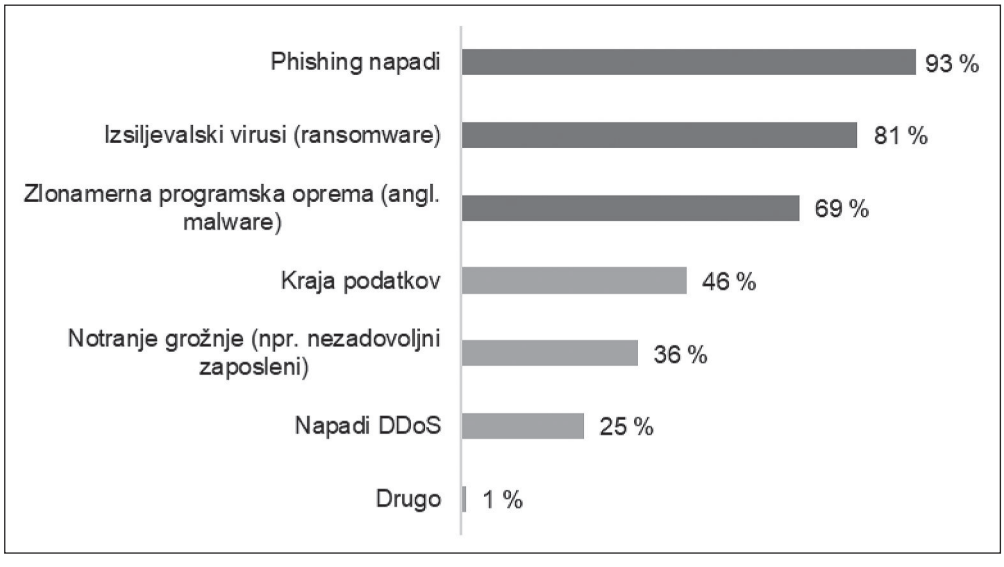
Požarne pregrade uporablja 99 % organizacij, večfaktorsko preverjanje identitete 88 %, sisteme za zaznavanje in preprečevanje vdorov pa 76 %. To je primerljivo z globalnimi podatki, kjer so omenjeni mehanizmi postali de facto standard [57]. Manj



Slika 18: **Odstotek sodelujočih organizacij z uvedenimi varnostnimi tehnologijami.**

spodbuden je podatek, da sistem za upravljanje varnostnih informacij in dogodkov (SIEM) uporablja le 43 % organizacij, kar je bistveno manj od deležev, zaznanih v večjih mednarodnih raziskavah, kjer SIEM ali sorodne platforme uporabljata več kot dve tretjini organizacij z višjo stopnjo digitalizacije. To ponovno nakazuje na omejitve pri naprednejših, kadrovsko in organizacijsko zahtevnejših rešitvah. Zaznane grožnje so izrazito skladne z globalno sliko (slika 19). Phishing napade kot največjo grožnjo navaja 93 % organizacij, sledijo izsiljevalski virusi (81 %) in zlonamerna programska oprema (69 %). Podobno poročajo tudi globalne študije, ki phishing opredeljujejo kot primarni vektor začetnega vdora, še posebej v kombinaciji s socialnim inženiringom [57]. Relativno nižji delež zaznanih notranjih groženj (36 %) je zanimiv, saj mednarodne raziskave kažejo, da so notranji incidenti pogosto podcenjeni in zaznani z zamikom, kljub visokim finančnim in organizacijskim posledicam [58]. To lahko pomeni bodisi dejansko nižjo izpostavljenost bodisi pomanjkanje mehanizmov za zaznavanje tovrstnih incidentov.

Celostno gledano rezultati raziskave potrjujejo, da se organizacije osredotočajo predvsem na osnovno tehnično zaščito in regulatorno skladnost, medtem ko so naprednejši organizacijski in analitični



Slika 19: **Največje grožnje informacijski varnosti.**

pristopi k informacijski varnosti manj razširjeni. V primerjavi z globalnimi trendi je zaznati podoben nabor groženj, a počasnejše uvajanje celovitih varnostnih zmogljivosti, kar predstavlja pomemben izziv za dolgoročno odpornost IS.

11 SKLEP

Rezultati raziskave PIS 2025 kažejo, da poslovna informatika v slovenskih organizacijah ostaja stabilno in pomembno področje, ki se postopno razvija in širi na nova področja. Organizacije povečujejo vlaganja v informatiko, uvajajo sodobna orodja ter postopno širijo uporabo analitike, podatkov in UI. Ob tem pa informatika v večini organizacij še vedno v precejšnji meri ohranja tradicionalno vlogo zagotavljanja zanesljivega delovanja sistemov in infrastrukture, kar se odraža tudi v prioritetah in strukturi porabe sredstev.

Rezultati v več poglavjih kažejo podoben vzorec: tehnološke rešitve so pogosto že prisotne, organizacijski in upravljavski vidiki pa se razvijajo počasneje. To se kaže pri upravljanju podatkov, poslovni analitiki, UI in deloma tudi pri digitalizaciji, kjer organizacije pogosto uvajajo posamezne rešitve, manj pogosto pa vzpostavljajo celovite strategije, formalne vloge in sistematično spremljanje učinkov. Takšno stanje je značilno za organizacije, ki prehajajo iz začetnih faz digitalne preobrazbe v bolj zrele pristope, pri čemer je napredek pogosto neenakomeren in odvisen od velikosti organizacije, panoge in razpoložljivih virov.

Primerjava z rezultati preteklih raziskav potrjuje, da se vloga informatike postopno spreminja. Povečuje se pomen podatkov, analitike in podpore odločanju, več pozornosti se namenja izboljševanju poslovnih procesov in digitalizaciji, hkrati pa se pojavljajo nova področja, kot sta UI in sistematično upravljanje podatkov, ki v preteklih raziskavah niso bila v ospredju. Kljub temu ostajajo nekateri izzivi dolgoročno prisotni, zlasti na področju organizacije, kompetenc in sistematičnega upravljanja informatike.

Rezultati raziskave tudi potrjujejo, da tehnološki razvoj v slovenskih organizacijah praviloma poteka hitreje kot razvoj organizacijskih pristopov in upravljanja, zato bo prav usklajevanje teh dveh vidikov eden ključnih dejavnikov nadaljnjega razvoja poslovne informatike.

Na podlagi ugotovitev lahko ocenimo, da se slovenske organizacije na področju poslovne informatike večinoma nahajajo v vmesni fazi razvoja: osnovna infrastruktura in ključni IS so praviloma vzpostavljeni, sodobna orodja so v uporabi, naslednji razvojni korak pa predstavlja predvsem bolj sistematično upravljanje, povezovanje posameznih področij ter doslednejše spremljanje učinkov. Prav ti vidiki bodo v prihodnjih letih verjetno odločilni za to, v kolikšni meri bo informatika v organizacijah delovala kot strateški dejavnik razvoja in ne le kot podporna funkcija. Ravno raziskave, kot je PIS 2025, omogočajo spremljanje teh sprememb skozi čas in prispevajo k boljšemu razumevanju razvoja poslovne informatike v Sloveniji, kar je pomembno tako za organizacije kot za strokovno javnost.

LITERATURA

[1] A. Groznik *et al.*, »Stanje poslovne informatike v Sloveniji,« *V: Zbornik Dnevi slovenske informatike, Portorož*, vol. 19, p. 21, 2006.

[2] J. Erjavec *et al.*, »Analiza stanja poslovne informatike v slovenskih podjetjih in javnih organizacijah,« *Uporabna informatika*, vol. 18, no. 1, pp. 44–51, 2010.

[3] J. Erjavec, A. Manfreda, J. Jaklič, and M. Indihar Štemberger, »Stanje in trendi digitalne preobrazbe v Sloveniji,« *Economic and Business Review*, vol. 20, no. 4, pp. 109–128, Dec. 2018, doi: 10.15458/85451.56.

[4] N. Robinson, »IT excellence starts with governance,« *Journal of Investment Compliance*, vol. 6, no. 3, pp. 45–49, Jul. 2005, doi: 10.1108/15285810510659310.

[5] A. E. Brown and G. G. Grant, »Framing the Frameworks: A Review of IT Governance Research,« *Communications of the Association for Information Systems*, vol. 15, pp. 696–712, 2005, doi: 10.17705/1CAIS.01538.

[6] Y. E. Chan and B. H. Reich, »IT Alignment: What Have We Learned?,« *Journal of Information Technology*, vol. 22, no. 4, pp. 297–315, Dec. 2007, doi: 10.1057/palgrave.jit.2000109.

[7] A. Manfreda and M. Indihar Štemberger, »Establishing a partnership between top and IT managers,« *Information Technology & People*, vol. 32, no. 4, pp. 948–972, Aug. 2019, doi: 10.1108/ITP-01-2017-0001.

[8] D. Q. Chen, D. S. Preston, and W. Xia, »Antecedents and Effects of CIO Supply-Side and Demand-Side Leadership: A Staged Maturity Model,« *Journal of Management Information Systems*, vol. 27, no. 1, pp. 231–272, Jul. 2010, doi: 10.2753/MIS0742-1222270110.

[9] A. Bharadwaj, O. A. El Sawy, P. A. Pavlou, and N. Venkatraman, »Digital Business Strategy: Toward a Next Generation of Insights,« *MIS Quarterly*, vol. 37, no. 2, pp. 471–482, Jun. 2013, doi: 10.25300/MISQ/2013/37:2.3.

[10] D. Q. Chen, Y. Zhang, J. Xiao, and K. Xie, »Making Digital Innovation Happen: A Chief Information Officer Issue Selling Perspective,« *Information Systems Research*, vol. 32, no. 3, pp. 987–1008, Sep. 2021, doi: 10.1287/isre.2021.1008.

[11] R. E. Browder, S. M. Dwyer, and H. Koch, »Upgrading adaptation: How digital transformation promotes organizational resilience,« *Strategic Entrepreneurship Journal*, vol. 18, no. 1, pp. 128–164, Mar. 2024, doi: 10.1002/sej.1483.

[12] A. Joshi, L. Bollen, H. Hassink, S. De Haes, and W. Van Grembergen, »Explaining IT governance disclosure through the constructs of IT governance maturity and IT strategic role,« *Information & Management*, vol. 55, no. 3, pp. 368–380, Apr. 2018, doi: 10.1016/j.im.2017.09.003.

[13] S. Kratzer, M. Westner, and S. Strahringer, »Four Decades of Chief Information Officer Research: A Literature Review and Research Agenda Based on Main Path Analysis,« *ACM SIGMIS Database: the DATABASE for Advances in Information Systems*, vol. 54, no. 3, pp. 37–74, Jul. 2023, doi: 10.1145/3614178.3614182.

[14] D. Bendig, R. Wagner, E. P. Piening, and J. N. Foege, »Attention to Digital Innovation: Exploring the Impact of a Chief Information Officer in the Top Management Team,« *MIS Quarterly*, vol. 47, no. 4, pp. 1487–1516, Dec. 2023, doi: 10.25300/MISQ/2023/17152.

[15] F. Lorenz and A. Buchwald, »A perfect match or an arranged marriage? How chief digital officers and chief information officers perceive their relationship: a dyadic research design,« *European Journal of Information Systems*, vol. 32, no. 3, pp. 372–389, May 2023, doi: 10.1080/0960085X.2023.2178742.

[16] S. J. Andriole, »Boards of Directors and Technology Governance: The Surprising State of the Practice,« *Communications of the Association for Information Systems*, vol. 24, pp. 373–394, 2009, doi: 10.17705/1CAIS.02422.

[17] H. S. Cha, D. E. Pingry, and M. E. Thatcher, »What determines IT spending priorities?,« *Commun. ACM*, vol. 52, no. 8, pp. 105–110, Aug. 2009, doi: 10.1145/1536616.1536644.

[18] T. J. W. Renkema and E. W. Berghout, »Methodologies for information systems investment evaluation at the proposal stage: a comparative review,« *Inf. Softw. Technol.*, vol. 39, no. 1, pp. 1–13, Jan. 1997, doi: 10.1016/0950-5849(96)85006-3.

[19] P. Marshall and J. McKay, »Strategic IT Planning, Evaluation and Benefits Management: the basis for effective IT governance,« *Australasian Journal of Information Systems*, vol. 11, no. 2, pp. 14–26, May 2004, doi: 10.3127/ajis.v11i2.112.

[20] F. Saleem *et al.*, »Comparative Study from Several Business Cases and Methodologies for ICT Project Evaluation,« *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, vol. 7, no. 6, pp. 420–427, 2016, doi: 10.14569/IJACSA.2016.070654.

[21] A. Badewi, E. Shehab, J. Zeng, and M. Mohamad, »ERP benefits capability framework: orchestration theory perspective,« *Business Process Management Journal*, vol. 24, no. 1, pp. 266–294, Feb. 2018, doi: 10.1108/BPMJ-11-2015-0162.

[22] J. Luftman, »Assessing It/Business Alignment,« *Information Systems Management*, vol. 20, no. 4, pp. 9–15, Sep. 2003, doi: 10.1201/1078/43647.20.4.20030901/77287.2.

[23] J. Luftman, R. Papp, and T. Brier, »Enablers and Inhibitors of Business-IT Alignment,« *Communications of the Association for Information Systems*, vol. 1, 1999, doi: 10.17705/1CAIS.00111.

[24] T. Tamm, P. B. Seddon, G. Shanks, and P. Reynolds, »How Does Enterprise Architecture Add Value to Organisations?,« *Communications of the Association for Information Systems*, vol. 28, no. 1, pp. 141–168, 2011, doi: 10.17705/1CAIS.02810.

[25] A. Hanelt, R. Bohnsack, D. Marz, and C. Antunes Marante, »A Systematic Review of the Literature on Digital Transformation: Insights and Implications for Strategy and Organizational Change,« *Journal of Management Studies*, vol. 58, no. 5, pp. 1159–1197, Jul. 2021, doi: 10.1111/joms.12639.

[26] J. J. M. Ferreira, C. I. Fernandes, and F. A. F. Ferreira, »To be or not to be digital, that is the question: Firm innovation and performance,« *J. Bus. Res.*, vol. 101, pp. 583–590, Aug. 2019, doi: 10.1016/j.jbusres.2018.11.013.

[27] X. Sui, S. Jiao, Y. Wang, and H. Wang, »Digital transformation and manufacturing company competitiveness,« *Financ. Res. Lett.*, vol. 59, p. 104683, Jan. 2024, doi: 10.1016/j.frl.2023.104683.

[28] P. C. Verhoef *et al.*, »Digital transformation: A multidisciplinary reflection and research agenda,« *J. Bus. Res.*, vol. 122, pp. 889–901, Jan. 2021, doi: 10.1016/j.jbusres.2019.09.022.

[29] P. P. Senna, J. Bonnin Roca, and A. C. Barros, »Overcoming barriers to manufacturing digitalization: Policies across EU countries,« *Technol. Forecast. Soc. Change*, vol. 196, p. 122822, Nov. 2023, doi: 10.1016/j.techfore.2023.122822.

[30] M. Fett *et al.*, »Barriers and drivers of digitalization of technical products: a survey in industry,« *Forsch. Ingenieurwes.*, vol. 89, no. 88, Dec. 2025, doi: 10.1007/s10010-025-00856-5.

[31] J. Holland, »Artificial Intelligence Adoption for Sustainable Development in SMEs: Challenges, Strategic Pathways, and Lessons for Developing Economies,« *International Journal of Sustainability in Business and Economics*, vol. 2, no. 1, Jan. 2026, doi: 10.51137/wrp.ijsbe.502.

[32] I. Ahmed, »Navigating Ethics and Risk in Artificial Intelligence Applications within Information Technology: A Systematic Review,« *American Journal of Advanced Technology and Engineering Solutions*, vol. 1, no. 01, pp. 579–601, Feb. 2025, doi: 10.63125/590d7098.

[33] M. K. Lai, A. Y. C. May, L. C. Tay, and K. G. Lim, »Re-examining AI Adoption Antecedents and Its Potential Effect on AI Sustained Use in Small and Medium Enterprises (SMEs),« *PaperASIA*, vol. 41, no. 1b, pp. 292–305, Feb. 2025, doi: 10.59953/paperasia.v41i1b.337.

[34] E. Sánchez, R. Calderón, and F. Herrera, »Artificial Intelligence Adoption in SMEs: Survey Based on TOE–DOI Framework, Primary Methodology and Challenges,« *Applied Sciences*, vol. 15, no. 12, p. 6465, Jun. 2025, doi: 10.3390/app15126465.

[35] L. Y. Liang and L. Hongtao, »The Factors Influencing the Adoption of AI in E-Commerce by SMEs in Shandong Province,« *International Journal of Research and Innovation in Applied Science*, vol. 10, no. 6, pp. 1268–1288, Jul. 2025, doi: 10.51584/IJRIAS.2025.10060096.

[36] R. B. Soomro, W. M. Al-Rahmi, N. A. Dahri, L. Almuqren, A. S. Al-mogren, and A. Aldaijy, »A SEM–ANN analysis to examine impact of artificial intelligence technologies on sustainable performance of SMEs,« *Scientific Reports*, vol. 15, no. 5438, Feb. 2025, doi: 10.1038/s41598-025-86464-3.

[37] Y. Yesuf and Z. Fields, »Artificial Intelligence Adoption as a Driver of Innovation and Competitiveness in SMEs: A Bibliometric and Systematic Review,« *F1000Res.*, vol. 14, p. 1187, Oct. 2025, doi: 10.12688/f1000research.171494.1.

[38] M. Dumas, M. La Rosa, J. Mendling, and H. A. Reijers, *Fundamentals of Business Process Management*. Berlin, Heidelberg: Springer, 2018. doi: 10.1007/978-3-662-56509-4.

[39] G. D. Kerpedzhiev, U. M. König, M. Röglinger, and M. Rosemann, »An Exploration into Future Business Process Management Capabilities in View of Digitalization,« *Business & Information Systems Engineering*, vol. 63, no. 2, pp. 83–96, Apr. 2021, doi: 10.1007/s12599-020-00637-0.

[40] DAMA International, *DAMA-DMBOK: Data Management Body of Knowledge*, 2nd ed. Denville, NJ: Technics Publications, 2017.

[41] M. Janssen, P. Brous, E. Estevez, L. S. Barbosa, and T. Janowski, »Data governance: Organizing data for trustworthy Artificial Intelligence,« *Gov. Inf. Q.*, vol. 37, no. 3, p. 101493, Jul. 2020, doi: 10.1016/j.giq.2020.101493.

[42] T. Neeley and P. Leonardi, »Developing a digital mindset,« *Harv. Bus. Rev.*, vol. 100, no. 5–6, pp. 50–55, 2022.

[43] D. Sargiotis, »Overview and Importance of Data Governance,« in *Data Governance*, Cham: Springer Nature Switzerland,

2024, pp. 1–85. doi: 10.1007/978-3-031-67268-2_1.
[44] I. Caballero, F. Gualo, M. Rodríguez, and M. Piattini, »Maturity Models for Data Governance,« in *Data Governance*, Cham: Springer Nature Switzerland, 2023, pp. 139–162. doi: 10.1007/978-3-031-43773-1_7.
[45] M. Tutak and J. Brodny, »Business Digital Maturity in Europe and Its Implication for Open Innovation,« *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, vol. 8, no. 1, p. 27, Mar. 2022, doi: 10.3390/joitmc8010027.
[46] OECD, »Digital transformation.« Accessed: Feb. 28, 2026. [Online]. Available: https://www.oecd.org/en/topics/policy-issues/digital-transformation.html
[47] A. Singla, A. Sukharevsky, L. Yee, M. Chui, and B. Hall, »The state of AI: How organizations are rewiring to capture value,« Mar. 2025. Accessed: Feb. 28, 2026. [Online]. Available: https://www.mckinsey.com/capabilities/quantumblack/our-insights/the-state-of-ai-how-organizations-are-rewiring-to-capture-value
[48] Gartner, »Gartner Top 10 Strategic Technology Trends for 2026.« Accessed: Feb. 28, 2026. [Online]. Available: https://www.gartner.com/en/articles/top-technology-trends-2026
[49] T. H. Davenport, »Putting the enterprise into the enterprise system,« *Harv. Bus. Rev.*, vol. 76, no. 4, pp. 121–131, 1998.
[50] E. J. Martins and F. P. Belfo, »Major concerns about Enterprise Resource Planning (ERP) systems: A systematic review of a decade of research (2011-2021),« *Procedia Comput. Sci.*, vol. 219, pp. 378–387, 2023, doi: 10.1016/j.procs.2023.01.303.
[51] A. Gessa, A. Jiménez, and P. Sancha, »Exploring ERP systems adoption in challenging times. Insights of SMEs stories,« *Technol. Forecast. Soc. Change*, vol. 195, p. 122795, Oct. 2023, doi: 10.1016/j.techfore.2023.122795.
[52] A. Ganeshan, E. Macari, J. O'Brien, K. Schlegel, and C. Long, »Magic Quadrant for Analytics and Business Intelligence Platforms,« Gartner, Jun. 2025.
[53] Research and Markets, »Data Fabric Market Potential Analysis, 2024-2031 – Rising Demand for Real-Time Data Processing and Analytics Driving Revenues, Reaching $8.86 Billion by 2031 at a CAGR of 20.7%.« Accessed: Feb. 28, 2026. [Online]. Available: https://www.globenewswire.com/news-release/2025/2/6/3021775/0/en/Data-Fabric-Market-Potential-Analysis-2024-2031-Rising-Demand-for-Real-Time-Data-Processing-and-Analytics-Driving-Revenues-Reaching-8-86-Billion-by-2031-at-a-CAGR-of-20-7.html
[54] Gartner, »How Data Fabric Can Optimize Data Delivery.« Accessed: Feb. 28, 2026. [Online]. Available: https://www.gartner.com/en/data-analytics/topics/data-fabric
[55] ISACA, »State of Cybersecurity 2023 report.« Accessed: Feb. 28, 2026. [Online]. Available: https://www.isaca.org/resources/reports/state-of-cybersecurity-2023
[56] ENISA, »ENISA Threat Landscape 2025,« Oct. 2025. Accessed: Feb. 28, 2026. [Online]. Available: https://www.enisa.europa.eu/publications/enisa-threat-landscape-2025
[57] Verizon, »2024 Data Breach Investigations Report: Vulnerability exploitation boom threatens cybersecurity.« Accessed: Feb. 28, 2026. [Online]. Available: https://www.verizon.com/about/news/feed/2024-data-breach-investigations-report-vulnerability-exploitation-boom
[58] J. Zorabedian, »Surging data breach disruption drives costs to record highs.« Accessed: Feb. 28, 2026. [Online]. Available: https://www.ibm.com/think/insights/whats-new-2024-cost-of-a-data-breach-report

Vsi avtorji prispevka so zaposleni na Katedri za poslovno informatiko in logistiko na Ekonomski fakulteti Univerze v Ljubljani.

▪

Anton Manfreda je izredni profesor in poučuje predmete s področja digitalizacije poslovnih procesov, elektronskega poslovanja in pametnih mest. Raziskovalno se ukvarja predvsem z digitalno preobrazbo, pametnimi mesti ter vplivom digitalnih tehnologij na posameznike, organizacije in družbo.

▪

Nejc Brancelj je asistent in se raziskovalno ukvarja z uporabo umetne inteligence v poslovanju in oskrbovalnih verigah, dodatna raziskovalna interesa pa sta podatkovna analitika in besedilno rudarjenje.

▪

Marko Budler je docent in se raziskovalno ukvarja s poslovnimi modeli, logistiko, koopeticijo, nabavo in omrežji oskrbovalnih verig. Deluje tudi kot član strokovnega sveta v nacionalnem združenju za nabavo (ZNS).

▪

Jure Erjavec je izredni profesor in poučuje predmete s področij informatike, digitalizacije oskrbovalnih verig in poslovne logistike. Njegovo raziskovalno delo se osredotoča na to kako digitalne tehnologije spreminjajo vedenje posameznikov, organizacijske procese in odločanje v oskrbovalnih verigah.

▪

Elena Galevska je asistentka in poučuje predmete s področja informatike in digitalizacije v poslovni logistiki. V svojem raziskovanju proučuje uporabo tehnoloških rešitev v logistiki zadnje milje ter vedenje porabnikov pri izbiri dostavnih storitev.

■

Mirko Gradišar je redni profesor in se raziskovalno ukvarja s področjem poslovna informatika, predvsem računalniške optimizacije proizvodnih procesov in časovnih razporejanj.

■

Aleš Groznik je redni profesor in deluje na področju digitalnega poslovanja. Njegovo raziskovalno in pedagoško delo je osredotočeno na digitalizacijo podjetij, elektronsko poslovanje in upravljanje oskrbovalnih verig.

■

Bor Krizmanič je asistent in poučuje vsebine povezane z digitalnim poslovanjem. Raziskovalno se osredotoča na uporabo informacijskih tehnologiji na področju sodobne mobilnosti.

■

Tanja Malovrh je asistentka in se raziskovalno osredotoča na vpliv agentnih sistemov umetne inteligence na vedenje uporabnikov in njihove odločitve pri delegiranju nalog.

■

Tina Nartnik je asistentka in poučuje predmete s področja informatike, podatkovne analitike in vizualizacije podatkov. Raziskovalno se ukvarja s poslovno analitiko ter uporabo umetne inteligence za podporo odločanju.

■

Angela Sekulovska je asistentka in poučuje predmete s področja informatike in upravljanja poslovnih procesov. V svojem raziskovanju proučuje organizacijske dejavnike, ki podpirajo sprejetje procesnega rudarjenja, in njihovo povezavo z uspešnostjo poslovnih procesov.

■

Mojca Simonovič je asistentka in poučuje vsebine s področja informatike na dodiplomskem in podiplomskem študiju, raziskovalno pa se usmerja v poslovno analitiko in njeno uporabo. V preteklosti je vrsto let delala v gospodarstvu, kjer je v trženju pokrivala področje raziskav in podatkovne analitike ter pripravljala poročila in informacije za podporo odločanju.

■

Mojca Indihar Štemberger je redna profesorica, vodja magistrskega programa Poslovna informatika in prodekanja za študijske zadeve. Raziskovalno se ukvarja predvsem z digitalno preobrazbo, managementom poslovnih procesov in managementom informatike. Ukvarja se tudi s svetovanjem na področju prenove in informatizacije poslovnih procesov in managementa informatike.

■

Luka Tomat je docent in poučuje predmete, povezane s poslovno informatiko. V svojem raziskovanju se osredotoča na uporabo informacijske tehnologije v poslovanju, v zadnjem času pa raziskovalno in strokovno deluje predvsem na področju generativne umetne inteligence in velikih jezikovnih modelov.

■

Peter Trkman je redni profesor in se ukvarja z digitalno preobrazbo, oskrbovalnimi verigami ter generativno umetno inteligenco. Njegovo delo je prepoznano z več kot 12.000 citati ter več kot 100 delavnicami o GenUI.

■

Tomaž Turk je redni profesor in dekan na Ekonomski fakulteti. Njegovo raziskovalno delo zajema različne tematike, kot so uvajanje informacijske tehnologije in razvoj programskih rešitev, ekonomika informacijske tehnologije, upravljanje komunikacijskih omrežij ter druga vprašanja digitalizacije.

■

Jurij Jaklič je redni profesor in se osredotoča na podatkovni vidik poslovne informatike. Pedagoško, raziskovalno in svetovalno se ukvarja predvsem s sprejemanjem oz. uporabo ter poslovno vrednostjo poslovnega obveščanja in analitike. S teh področij so tudi njegovi najodmevnejši članki.

Iskra Delta tehnologija

Vanja Milan Bufon

UVODNA MISEL

Nedavno sem prelistal knjigo: Leksikon računalništva in informatike, Založba Pasadena, Ljubljana, iz leta 2002. Iskal sem kakšno sled o Iskri Delti. O Iskri Delti, o računalništvu in informatiki na slovenskem nisem zasledil nobenega podatka. Nič, kot da nas ni bilo! Tolažil sem se, da morda ne znam iskati...

Resnično mačehovski, hlapčevski odnos do lastne zapuščine. Našel torej nisem nič uporabnega in sklenil, da napišem kratek prispevek o tehnologiji v Iskra Delti, gradivo pa dam v Muzej računalništva Slovenije, da bodo zanamci, če jih tema zanima, našli vsaj neko sled.

O tehnologiji še nekaj splošnih definicij:

Poenostavljena definicija tehnologije *(Technology Simple Definition, Google AI)*

Tehnologija, poenostavljeno povedano, je uporaba znanstvenega znanja za ustvarjanje orodij, reševanje problemov in doseganje praktičnih ciljev. Zajema širok spekter metod, tehnik in procesov, od preprostih orodij, kot so kladiva, do kompleksnih sistemov, kot so računalniki. V bistvu gre za uporabo znanja za izboljšanje delovanja stvari ali za izvajanje stvari, ki so bile prej nemogoče.

Definicija tehnologije v poslovnem okolju (Definition of Technology in Business, Google AI). V poslovnem svetu se tehnologija nanaša na uporabo znanstvenega znanja in orodij za izboljšanje poslovanja, povečanje produktivnosti in doseganje organizacijskih ciljev. Zajema širok nabor elektronskih sistemov, programske opreme in naprav, ki poenostavljajo procese, upravljajo informacije in olajšujejo komunikacijo, kar na koncu spodbuja rast in konkurenčnost.

Definicija tehnologije v industrijskem okolju (Definition of Technology Industry, Google AI).

V industriji je tehnologija uporaba znanstvenega in inženirskega znanja za ustvarjanje, izboljšanje in izvajanje proizvodnih procesov, s čimer postanejo hitrejši, enostavnejši in učinkovitejši. To vključuje uporabo tako fizičnih orodij kot nematerialnih metod za proizvodnjo blaga in storitev, povečanje produktivnosti in povečanje dobičkonosnosti. Gre za sistematično znanje, ki se uporablja v praktične namene, od načrtovanja in oblikovanja, do proizvodnje in upravljanja.

Programi industrijske tehnologije običajno vključujejo pouk teorije optimizacije, človeških dejavnikov, organizacijskega vedenja, industrijskih procesov, postopkov industrijskega načrtovanja, računalniških aplikacij ter priprave poročil in predstavitev...

Moj namen ni, da bi se vpletal v različne definicije in tipe tehnologij; to prepuščam drugim ekspertom. Izvora spodnje karikature nimam, ampak tako nekako se je vse začelo...Fantje so iskali...ne računalnik, ampak uporabno vrednost!

Govoril ne bom niti o strategiji. Strategije se ne razkriva, vidni so le njeni rezultati.

Osvetlil bi rad evolucijo tehnologije v Iskri Delti. Ta se je spreminjala in prilagajala od začetkov Delte in prerastla iz klasične zastopniške dejavnosti v pravo računalniško proizvodnjo; še več – v pravo informacijsko »tovarno«. Od znanja o razstavljanju in sestavljanju računalnikov do vgradnje celih sklopov

Slika 1: **Fantje so iskali ... ne računalnik ampak uporabno vrednost!**

in modulov drugih dobaviteljev v sistem, do lastnega Centra za popravilo modulov (DELTA MODUL REPAIR CENTER), in še naprej do razvoja in proizvodnje lastnih Delta modulov, od enostavnih do kompleksnih (do 8 in več plastne tehnologije tiskanin), vse od podpore računalniškega načrtovanja in testiranja novih modulov (GenRad), do proizvodnje in vgradnje v lastne sisteme (operacijski sistemi in gonilniki), od programskih orodij in programskih aplikacij – do uporabnih rešitev za končne uporabnike z vsemi potrebnimi spremljajočimi storitvami.

Pri tem ne pozabimo na podjetja **Iskra Delta Computers GmbH, Austria** s sedežem v Celovcu in na mini proizvodnjo v Sv. Jakobu, v Avstriji, naše »tehnološke noge« v zahodnem svetu.

Pomemben ni bil le razvoj ter osvajanje operacijskih sistemov in njihova nadgradnja z novimi gonilniki, temveč tudi razvoj in masovna uporaba IDA podatkovne baze z orodji in predvsem aplikativni software – skratka celovite informacijske rešitve za uporabnike z vsemi spremljajočimi podsistemi od DELTA SERVISA, DELTA IZOBRAŽEVALNEGA CENTRA za uporabnike v Novi Gorici, vsakoletnega dogodka LETNE ŠOLE ISKRE DELTE v domu Ivana Cankarja v Ljubljani, ... **Poudarimo: moč tehnologije je skrita v ljudeh, v timskem delu in medsebojnem usklajevanju in dopolnjevanju posameznikov in timov, v strasti, da ljudje pojem nemogoče zaobidemo in poiščemo rešitve, da »nemogoče postane mogoče«.** Še kako je pri tem pomembna sposobnost stalnega prilagajanja inovativnega kadra muham in neumnostim dnevne politike. Malo sreče pri tem ne škodi. Kapital je sicer potreben. Brez kapitala ni plač, ni opreme, ni proizvodnje,...vendar brez motiviranega kadra tudi kapital ne pomaga. Delta je imela srečo s svojim direktorjem Janezom, ki je motiviral sodelavce za nemogoče cilje; da so s pridnim delom ustvarjali »mogoče«. Z leti, z rastjo Delte oz. kasneje Iskre Delte, je do izraza prišla tudi sinergija. Za vsak problem si lahko izbral cvetober kadrov iz mase preko 2000 sodelavcev. Skratka najboljši kadri med najboljšimi, po znanju so pogosto prekašali vodstvo, je pa to vodstvo znalo vzpostaviti okolje za reševanje dilem.

Delta je začela kot zastopstvo firme DEC (Digital Equipment Corporation, inc., ZDA) s cca 20 sodelavci v sklopu Elektrotehne, v kotlovnici v Savskem naselju. SOZD ELEKTROTEHNA in gen. dir. Prosenc sta se izkazala za stimulativno okolje. Kasneje je DELTA prerastla v Tozd DIGITAL, nato pa preživela vsiljena združevanja in kot Iskra Delta, d.o.o. pristala v SOZD-u ISKRA ter se sredi največjega zaleta in razvoja s preko 2200 sodelavci razletela kot raketa. Od tehnologije je ostalo bore malo. Kadri so se razpršili, večji del tehnologije je z njimi zbledel. Nekaj znanja je ostalo v branžah – v Iskra Delta inženiringu: Turizem, Parsys – paralelni sistemi,... K zatonu Delte sta nedvomno pripomogli slovenska in jugoslovanska politika in ekonomija, pa o tem raje ne bom pisal.

OKOLJE

Tehnologijo je pogojevalo poslovno okolje:
slovensko, jugoslovansko in svetovno; zakonodaja, predpisi ter nenapisana pravila in omejena kvota deviznih sredstev,

- pa še relativno majhen, omejen jugoslovanski trg,
- in ambicije vsake posamezne jugoslovanske republike, da si izbori mesto nosilca računalništva za Jugoslavijo.
- V obdobju Jugoslavije smo na srečo v zahodnem svetu sodili med neuvrščene države. Posledično je zahod nekoliko blagohotneje gledal na »jugoviče«, saj s te strani nihče ni pričakoval kakšne hude konkurence.

Bitka med republikami se je prevesila v **nakupe licenc predvsem za proizvodnjo računalniške strojne opreme** (hardwarea). Proizvodnja »kvazi domačih« računalnikov pa na »tehnologijo lepljenja nalepk na uvoženo robo«. Takšen pristop, ko ima »vsaka republika svojo licenco«, ni puščal kaj dosti prostora za sodelovanje, pač pa je omejeval dostop do deviznih sredstev za nakupe in uvoze računalnikov.

In tu vstopa v zgodbo firma DEC z OEM (Original Equipment Manufacturer) s svojo ponudbo.

OEM proizvajalec je podjetje, ki proizvaja in trži tako računalniške sisteme kot računalniške komponente: sklope, module, celo »chipe« in programsko opremo, ki se nato vgradijo v končni izdelek drugega podjetja. Te komponente, pogosto imenovane OEM deli, so vkomponirane in izdelane v skladu s specifikacijami podjetja, ki bo končni izdelek na koncu tudi prodalo.

Direktor Delte Janez Škrubej s sodelavci Delte je prepoznal prednosti QEM nakupa pred licenčnim nakupom. OEM pristop je bistveno vplival na DELTINO tehnologijo: usmerila se je v integracijo računalniških sistemov in sklopov. Vendar DEC OEM ni

vseboval samo sistemov, sklopov in modulov, temveč tudi procesorske čipe DEC J-11, ki so bili kasneje osnova za VME CPU J11 modul TRIGLAV-a. Pri naročilih sklopov računalnikov pri DEC OEM se je še posebej izkazal sodelavec Delte – Marjan Bračko: do Digitala je bil pravi Gorenjec, saj mu ni »prepustil niti ficka«.

SODELAVCI, MEDSEBOJNO SODELOVANJE IN ORGANIZACIJA

Ponovimo: moč tehnologije je skrita v ljudeh, v vsakodnevnem timskem delu, v strasti in inovativnosti, kako zaobiti pojem nemogoče. Število sodelavcev Iskre Delte se je v desetih letih od 20 ljudi na začetku povečalo na preko 2000; od tega je bilo cca 800 zaposlenih v Sloveniji, ostali pa v drugih jugoslovanskih republikah. Odlikovali so se po:

- mladosti; večina je bila iste starosti, mlajša od 40 let,
- sproščenem medsebojnem komuniciranju (tikanje),
- solidnem znanju angleščine in drugih jezikov: nemščine, italijanščine, kitajščine,...
- višješolski izobrazbi različnih smeri, pridobljeni na različnih jugoslovanskih in tujih univerzah in
- specialnostih: sodelavci Delte so se poleg višješolske izobrazbe dodatno specializirali pri tehnoloških partnerjih v tujini (DEC, Ampex, Landis&Gyr,....).

Izhajali so iz jugoslovanskega multietničnega lokalnega okolja; tako jezikovno (slovensko-hrvaško-srbsko-makedonsko-...) kot po pisavi (latinica, cirilica,...)... Delta je bila usidrana v množici lokalnih krajev. Razvojna jedra so bila locirana tam, kjer smo imeli kritično maso specialistov, ki pa so pokrivali celotno Jugoslavijo; na primer skupina komunikacije, ki jo je vodil Mihajlo Komunjer – Mike: Mike je bil povsod: doma v Zagrebu, na sejmu INTERBIRO, v Ljubljani na Letni šoli ISKRE DELTE, v Gorici v IZOBRAŽEVALNEM CENTRU ISKRE DELTE, pri posebnih marketinških akcijah,...

Mike je bil prepričan, da so njegovi »dečki najboljši« doma in v tujini. Ni se motil!

Organizacija Delte se je prilagajala hitri rasti in neprestanim pritiskom in spremembam. Janez je bil ponosen na svojo »kaotično organizacijo«, na organizacijo v nenehnem spreminjanju in kot je sam rekel v »prestrojavanju«. No, ostali smo bolj ali manj skušali uskladiti korak. Večina sodelavcev se je tikala. Prost dostop do vodstva je bil samoumeven. Vzdušje je bilo borbeno, dekleta in fantje so delali, če je bilo treba, tudi do večera, ponoči, ob praznikih.

V nadaljevanju bom skušal bom osvetliti posamezna tehnološka obdobja:

1. Obdobje zastopniške računalniške dejavnosti in osnovna lokalizacija:
   - Osnovna lokalizacija tipkovnic, tiskalnikov, monitorjev,...
   - Terminali PAKA 1000, 2000, ... predhodniki PAKE 3000.
   - Prve aplikacije ...
   - Pot od RMS-11 managementa datotek do lastnega DB.

2. Obdobje sistemske integracije, sklopov in nadgradnja z enostavnejšimi lastnimi moduli:
   - Računalniški sistemi Delta 800 in Delta 8000.
   - O proizvodnji hardwarea.
   - Komunikacije.

3. Obdobje razvoja in proizvodnje lastnih računalniških sistemov:
   - DELTA 800 – celoten računalniški sistem je naša inačica DEC PDP-11 sestavljena iz domačih DELTA modulov (tudi CPU) z domačim operacijskim sistemom DELTA/M.
   - DELTA 8000 – zgrajen po DEC VAX arhitekturi je naša inačica sestavljena z DEC in ne-DEC sklopi (npr. diskovni sistemi) in enostavnejšimi DELTA moduli in modificiranim operacijskim sistemom DELTA/V.
   - Projekt PARTNER – spoj hardwarea in uporabniškega softwarea.
   - Projekt TRIGLAV – lastni računalniški sistemi na VME vodilu.
   - Industrijsko oblikovanje Triglava in vpliv na celotno podobo izdelkov Delte.

4. Obdobje razvoja in proizvodnje IDA orodij:
   - Iskra Delta Arhitektura.
   - Od IDA BAZE do IDA orodij 4. generacije.
   - Prvi poizkusi izvoza programske opreme.
   - IDA KATALOG aplikacij za branže (beri: = inženiring).

5. Obdobje razvoja Iskra Delta Inženiringa in računalniške rešitve za končnega uporabnika:
- Začetki ID inženiringa – ali po domače branž kot smo poimenovali inženiring v Delti.
- Posebne rešitve za končne uporabnike: Projekt EKG, Mercedes Benz in Triglav, Projekt Kitajska.

6. VIZIJA PRIHODNOSTI: Nadgradnja TRIGLAVA? Projekt Parsys? IDA orodja in IDA programske rešitve? ...?

Če govorimo o ID tehnologiji, gre za medsebojno prepletanje, rast ter usklajevanje tehnologij. OEM ideja ni zamrla, se je le nadgradila: računalniški sistemi, sorodni DEC11, so postopoma prehajali v domače rešitve, na primer DELTA 800. Medtem so računalniški sistemi inačice VAX tehnologije, že zaradi obsega trga (premajhen trg), ostajali na nivoju integracije sklopov in trenutne lokalizacije. Vendar pozor: za gradnjo informacijskih rešitev je potrebna paleta različno močnih računalniških sistemov – manjših, v večjih serijah in – večjih, močnejših, v malih serijah. No, z več računalniškimi sistemi, pa se poleg operacijskih sistemov, pojavijo še potrebe po komunikaciji med sistemi, da o prenosljivosti aplikacij sploh ne govorimo. Pa še zaključek: OEM računalnik nosi nalepko končnega proizvajalca, ki je sistem integriral in dogradil DEC komponentam še lastne ali tuje komponente. Tako na primer v praksi obstaja več približkov DEC11/34, ki jih sam DEC priznava kot OEM izdelke drugih integratorjev, ne samo DELTA 340. DEC je le dobavitelj komponent. V tem se OEM in LICENCA bistveno razlikujeta. Kot je meni znano, licenčno pravo ne dopušča lepljenja nalepk na izdelke, »prelepljeni računalniki« pa ostajajo pod blagovno znamko lastnika licence.

Pa še o tehnološki neodvisnosti? Totalne tehnološke neodvisnosti ni! Tehnologija Iskre Delte je bila vezana na zahodno, primarno ameriško tehnologijo. O razvoju CPU čipov nismo niti sanjali, saj so potrebne investicije in novi tehnološki problemi so enormni. Omejeno strateško neodvisnost si lahko zagotovimo z nakupom strateške zaloge CPU čipov (če so v prodaji!). Tudi pri teh omejitvah se porajajo nove dileme: kako velike naj bodo zaloge, za koliko časa, kaj pa zastaranje zalog... Za DEC J11 čip smo se uspeli dogovoriti, za VAX pa je druga zgodba. Vendar, da ne bo nesporazuma: pod določenimi pogoji je lastna domača proizvodnja čipov – mikroelektronika – super zadeva.

1 OBDOBJE ZASTOPNIŠKE RAČUNALNIŠKE DEJAVNOSTI IN OSNOVNA LOKALIZACIJA

- **OSNOVNA LOKALIZACIJA**

Delta je v času naše zgodbe imela s firmo DEC (Digital Equipment Corporation) podpisano OEM pogodbo o prodaji in vzdrževanju DEC izdelkov in računalnikov v Jugoslaviji. Več ali manj je šlo za 16 bitne računalnike svetovno priznane znamke PDP11 (različni modeli od 03,..., do 70) z večuporabniškim operacijskim sistemom RSX-M, pa še za posebne rešitve za končne uporabnike, kot je Gamma kamera (OS RT-11).

DEC je tekom let nadgradil svojo ponudbo z 32-bitnimi računalniki VAX,... z njimi je svojo po-

Slika 2: **Prvi sodelavci Delte, DEC zastopstvo pri Elektrotehni v letu 1978**

nudbo razširila tudi Delta. Zastopniška dejavnost je pogojevala razvoj marketinške in prodajne mreže za proizvode ter nakupe DEC računalnikov ter usklajevanje uvoza računalnikov v Jugoslavijo. Nakup je bil možen le v US dolarjih, zastopnik si je moral devizne pravice pridobiti. Restriktivna zakonodaja za področje računalništva je predvidevala določene postopke pri uvozu računalnikov in spet druge nekoliko blažje postopke za uvoz računalniških modulov.

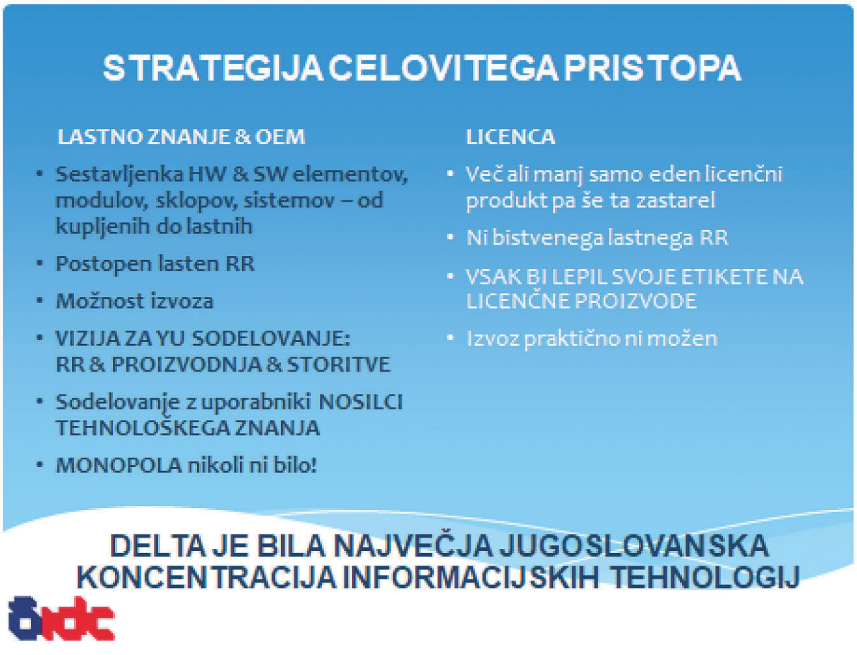
Takšno ravnanje države pa je zahtevalo od razvojno – proizvodnega sektorja podjetniški pristop, tako do omejenih deviznih sredstev kot do nestabilne spreminjajoče zakonodaje. To pa je odprlo DEC OEM Pandorino skrinjico novih idej in problemov: »sisteme vendar znamo razstaviti na sklope in jih ponovno integrirati«. In še naprej: »ni treba, da je sklop ravno od DEC-a, lahko je od ne-DEC iste ali celo boljše kvalitete«, ... Novi dobavitelj bo pomagal z integracijo, testiranjem in vzdrževanjem, ... In še naslednji razmislek: podobno kot velja za vgradnjo sklopov DEC ali ne-DEC proizvajalca, velja tudi za vgradnjo računalniških modulov, ... in še zadnji miselni preskok: »zakaj končno ne bi sami razvili, proizvedli in zgradili naših sistemov iz lastnih modulov«. In ne nazadnje: vse učinke predlaganih rešitev lahko merimo po ceni in po količini.

Skratka Delta je imela za omenjene naloge ustrezno OEM pogodbo in finančne vire.

- **TERMINALI PAKA**

Tako je prva faza lokalizacije posegla v SLO in YU znake (č,ž,š,đ, ...) za tiskalnike in terminale (sodelavec Dušan Vukadin), vzpodbudila je razvoj in proizvodnjo lastnih terminalov PAKA 1000 (DEC VT-100 kompatibilni). Razvoj in proizvodnjo je prevzela skupina Iztoka Gabrovca v Gorenju v kasnejši enoti Iskre DELTE, Velenje. Sčasoma smo tehnologijo terminala nadgradili z industrijskim dizajnom novega ohišja in novo DEC VT 220 kompatibilno rešitvijo – s terminalom PAKA 2200, Paka 3000. Pa še pripomba: industrijsko oblikovanje, ki je bilo primarno namenjeno sistemu Triglav, se je prelilo tudi v druge tehnologije (npr. terminal, ...), vendar s premislekom: materiali za ohišje monitorja in orodja za proizvodne serije so bila cenovno izbrana glede na obseg trga, ciljno kvaliteto in življenjsko dobo.

Obdobje zastopstva DEC je obsegalo prodajo in uvoz sistemov ali sklopov in komunikacij. Kasneje nam je bila v veliko pomoč Iskra Delta Avstrija – naša vrata na zahod. Storitve so obsegale tipične zastopniške dejavnosti: marketing, prodajo, servis predvsem instalacijo (asemblaža sistema + operacijski sistem), inštalacijo aplikativne rešitve kot DEC GAMA kamera. Storitve smo kasneje nadgradili: SERVIS (vzdrževanje in nadgradnje sistemov) – z MODUL REPAIR CENTROM, IZOBRAŽEVANJE v DEC okolju ter kasneje v IDC okolju z izobraževanjem uporabnikov v



Slika 3: **Strategija. Lastno znanje, OEM način proizvodnje in IDA arhitektura**

IZOBRAŽEVALNEM CENTRU v Ljubljani in kasneje v Novi Gorici pod vodstvom Jureta Špilerja, kasneje Saška Đuraševića in končno Saša Divjaka. Pod izobraževanje sodijo še prevodi, slovar izrazov, marketinške brošure in knjige s področja računalništva. Leta so hitro bežala in z leti zadolžitve posameznikov. Posebno mesto pripada sodelavcu Vasji Herbstu, ki je bil najprej dober serviser – hardwareist, kasneje pa izjemen vodja marketinga z dušo in srcem.

- **PRVE APLIKACIJE**

Med uspešne programske rešitve na osnovi tujih zgledov in licenčnih pogodb moramo omeniti še programsko orodje **SCADA** (*supervisory control and data acquisition*), firme LANDIS&GYR, ki je namenjena računalniškemu nadzorovanju in krmiljenju različnih tehnoloških procesov.

Sodelavci Delte Slavko Rožič, Mitja Žakelj, Iztok Lasič, Darko Žagar, Ivo Bizjak so z lokalizacijo in prilagoditvijo imeli kar nekaj dela, da so dokončali referenčno inštalacijo SCADA v Elektroistri Pula. Omeniti moramo še hardwaresko ekipo (Danila Poberaja), ki je za potrebe delovanja takih sistemov razvila HW modul za »hot standby« delovanje v Delta/M okolju. V SCADO smo dodatno integrirali tudi AYDIN opremo (monitorje) za upravljanje sistema. Med reference lahko štejemo še Soške elektrarne, Hidroelektrarno Đerdap.

Opomba: Podjetje Landis & Gyr je leta 1998 prevzel Siemens, ki pa je podjetje leta 2002 odprodal finančnim vlagateljem pod novim imenom Landis+Gyr. Danes je Landis+Gyr vodilni svetovni ponudnik integriranih rešitev za upravljanje energije.

- **POT OD RMS-11 MANAGEMENTA DATOTEK DO DB Total®, firme Cincom Systems**

Podobna razmišljanja kot za hardware so veljala tudi za software:

Najprej smo pokrili operacijski sistem RSX-11M, kasneje smo dodali še gonilnike za sklope ne-DEC dobaviteljev, nato pa so na vrsto prišle naše želje in lastne modifikacije. Tako smo postopoma zgradili svoj OS Delta/M.

Sčasoma so tej poti sledile tudi podatkovne strukture: sistem **RMS-11** (Record Management Services) podjetja DEC (Digital Equipment Corporation) za upravljanje datotek in zapisov, zasnovane za serijo 16-bitnih miniračunalnikov PDP-11 in njihove operacijske sisteme, kot sta RSX-11 in RSTS/E. To je zagotavljal programski vmesnik za aplikacije za upravljanje podatkovnih datotek in zapisov, vključno s pripomočki in programskimi rutinami, ki so jih razvijalci lahko uporabljali v svojih programih ne glede na to, ali so bili napisani v zbirnem jeziku, kot je MACRO-11, ali v jezikih višje ravni.

Pri zahtevnejših programskih rešitvah smo potrebovali več: DBMS (Database Management System). Odločili smo se, da bo »naša« podatkovna baza Total®, firme Cincom Systems.

Zakaj? Kaj pravi danes Wikipedia o Cincom Systems in Total® DBMS?

Cincom Total je zgodovinski, zgodnji komercialni sistem za upravljanje baz podatkov (SUB), ki ga je leta 1970 razvilo podjetje Cincom Systems. Zasnovan je bil kot visoko zmogljiv, učinkovit in enostaven izdelek za upravljanje baz podatkov ter je pridobil znaten tržni delež, zlasti v okolju velikih računalnikov. Čeprav je prvotni Total zgodovinski izdelek, se je Cincom razvil in danes ponuja sodobne rešitve za upravljanje podatkov.

Ključne značilnosti in zgodovina sistema Cincom Total:

Prvi te vrste: Total je bil prvi komercialni sistem za upravljanje baz podatkov, ki se je prodajal samostojno, ne pa v paketu s strojno opremo.

Zmogljivost: Zasnovan je bil za visoko zmogljivost, z zasnovo z neposrednim dostopom, katere cilj je bil preprečiti zmanjšanje zmogljivosti, ki je običajno v drugih sistemih, ko se je poraba podatkov povečala. Do podatkov v primarnih bazah podatkov je lahko dostopal z enim iskanjem v več kot 90 % časa.

Enostavnost uporabe: Njegova logična zasnova je razvijalcem olajšala načrtovanje in implementacijo kompleksnih struktur baz podatkov.

Tržni uspeh: Total je postal vodilni neodvisni sistem za upravljanje baz podatkov in dosegel pomemben tržni delež, zlasti na trgu velikih računalnikov.

Razvoj: Prvotni Total je zastarel izdelek, vendar je Cincom skozi desetletja še naprej razvijal svojo tehnologijo upravljanja podatkov in tudi razvil nove sodobne Cincomove podatkovne rešitve.

Tako smo v računalniško ponudbo DELTE za končne uporabnike dodali še možnost nakupa licence za podatkovno bazo Total® in uporabniško podporo. Nadaljevanje zgodbe o DB sodi v poglavje 5: Obdobje razvoja in proizvodnje IDA orodij.

No, mimogrede tudi Cincom Systems, Inc., nekoč zasebna multinacionalna korporacija za računalniško tehnologijo, ustanovljena leta 1968, ima danes novega lastnika.

2 OBDOBJE SISTEMSKE INTEGRACIJE, SKLOPOV IN NADGRADNJA Z LOKALNIMI MODULI

- **RAČUNALNIŠKI SISTEMI DELTA 800 IN DELTA 8000**

DEC serija računalnikov PDP11/34 z OS RSX-M je bila zgled uspešnega manjšega sistema. Skupina Milovana Jefiča – Jefe, je na osnovi tega modela postopoma razvila domačo varianto Delta 800. Delta 800 smo postopno nadgradili z operacijskim sistemom Delta/M in IDA orodji (Marjan Murovec – Murči, Lado Pečar, Trbižan – Trbi...) in s komunikacijami skupine Mihajla Komunjera – Mika. Sistem smo tudi oblikovno posodobili. Rad bi poudaril, da je bil ta proces, skupek razvoja različnih tehnologij v različnih obdobjih. Pri Delta 800 je postopek stekel do konca – do lastnega domačega računalnika. Z IDA orodji in Katalogom Aplikacij je presegel svojega vzornika.

Osnovna računalniška konfiguracija Delta 800, na sliki 4, je leta 1985 vsebovala:

- 16 bitni mini računalnik srednje velikosti z razširljivim spominom do 4MB,
- dve operativni stanji procesorja: osnovno in uporabniško,
- štiri nivoje prekinitve,
- avtomatični sistemski zagon in testiranje ob vklopu,
- konzolo – video terminal Paka 2000,
- magnetno tračno enoto,
- Winchester diskovno enoto kapacitete 160MB ali 320MB
- možnost priključitve disketnega podsistema 5.25¨ in 8¨ ter različne sinhrone in asinhrone komunikacije,
- veliko izbiro vhodno/izhodnih enot glede na zahtevano uporabnost,
- večuporabniški OS sistem Delta/M in programsko kompatibilnost znotraj družine DELTA/M,
- možnost podpore programskim jezikom: strojni jezik (assembler), COBOL, FORTRAN, BASIC in PASCAL,
- IDA SET ORODIJ (IDA BAZA, IDA LEKSIKON, IDA AGP (FORMATIX,,...,),
- možnost razširitve s posameznimi branžnimi aplikacijami iz KATALOGA standardnih aplikacij.

Drugi sistemi, na primer: zgrajeni v arhitekturi VAX, so bili bistveno zahtevnejši in prodani v manjših količinah. Zato smo se pri njih omejili na nadgradnje

Slika 4: **Računalniški sistem Delta 800**

s sklopi drugih ne-DEC proizvajalcev, na poenoteno industrijsko oblikovanje, pa še na komunikacije,... Nosilci te linije DELTA 8000 so bili sodelavci Marjan Miletič, Mike in Delta/V team, pa še...Sistemi Delta 800 in Delta 8000 z aplikativnimi projekti so bili nosilci prihodka DELTE in s tem vlaganj v razvoj.

Brez poznavanja in obvladovanja teh rešitev bi kasneje težko izpeljali Projekt mreže za kitajsko javno upravo... No, o tem bodo še kaj napisali drugi sodelavci. Rešitev za kitajskega naročnika je bila kot višnja na smetanovi torti. Takrat se je tehnološko Delta poravnala s svetovno vodilnimi informacijskimi hišami. Veliko sodelavcev se je trudilo, vseh ne moremo omeniti, vse pa lahko pohvalimo!

- **O PROIZVODNJI HARDWAREA**

Pogosta trditev je bila: Delta nima lastne proizvodnje računalnikov. No, to so trdili eksperti, ki so sami računalništvo sledili le od daleč in živeli v prepričanju, da je ta tehnologija privilegij razvitih držav. O razliki med licenčnimi izdelki in OEM pogodbenimi odnosi smo že govorili, manj pa o sami proizvodnji. Pa vendar tudi RR in proizvodnja zahtevata določene tehnologije, ki se neprestano razvijajo in prepletajo. Tehnološke informacije o RR in proizvodnji računalnikov so predmet internega kroga sodelavcev Delte. Dejstvo je, da je bilo dobre opreme vedno premalo, da je bila izredno draga, veliko opreme in postopkov smo morali narediti sami. Brez kontaktov z zahodno tehnologijo pa tudi ne bi šlo. Tehnološke zahteve za integracijo računalniških sklopov v sistem se bistve-

Slika 5: **Letna šola Iskre Delte, 85 v Cankarjevem domu; od leve proti desni Vanja Milan Bufon, Janez Škrubej, Saša Divjak, Tit Turnšek**

no razlikuje od razvoja modulov, testiranja, proizvodnje večplastnih tiskanin, same proizvodnje in ne na kraju dobrega servisa.

Proizvodni prostori so bili zgodba zase. Začeli smo v »kotlovnici« na Linhartovi cesti, nadaljevali v prostorih Elektrotehne na Titovi cesti, razmišljali o predelavi prostorov v Mostah, Laborah in končali v Stegnah, v nekdanjih prostorih Iskre Avtomatike. Več ali manj se je s proizvodno problematiko ukvarjal sodelavec Damjan Žemva. Kariero je začel kot prvi serviser Delte za DEC zastopstvo, nadaljeval pa kot nosilni projektant za »novo proizvodnjo«. Vsekakor delo ni bilo lahko. Težko bi govorili o kakšni družbeni pomoči, več ali manj je bilo to delo pod stresom in prilagajanje trenutnemu okolju. Dobra plat te zgodbe je bilo tesno sodelovanje RR in proizvodnje, slaba pa male serije in hitro zastaranje. Del RR in proizvodnje terminalov smo postopoma preselili v Gorenje Velenje, pod vodstvom Iztoka Gabrovca, mehanski del proizvodnje tiskalnikov pa v Iskro Delto Ptuj, pod komando sodelavca Bojana Klinkona. Pozabiti ne smemo niti na proizvodne kapacitete Iskre Delte Computers GmbH, Avstrija. Naše geslo je bilo: prilagodimo se trenutnemu okolju. Tako smo za testiranje dokončane HW in SW rešitve za Projekt Kitajska najeli prostore v Domu Ivana Cankarja, ki je imel dovolj energije za priključitev vseh računalnikov, pa še klimo in urejeno ustrezno varovanje okolja.

»Domače nevernike« na temo lastne računalniške proizvodnje bi morali prepričati izdelki na sejmu INTERBIRO v ZAGREBU (medklic: Kitajci so nas tam opazili) in na vsakoletni prireditvi »LETNA ŠOLA ISKRE DELTA«, v Ljubljani. LETNA ŠOLA ISKRE DELTA je poleg razstave novih sistemov in rešitev obsegala tudi predavanja ter vsaj kanček napovedi, kam Delta gre. Lep prikaz Iskra Delta izdelkov je objavila revija PRAKSA pod naslovom 10 GODINA »ISKRA DELTE« (Praksa. Jugoslovanska revija za informatiku i AOP, godina XXIII, broj 5, str. 1-78, Beograd 1988. In ne nazadnje je bil možen tudi ogled proizvodnje v Stegnah in celo obisk g. Gorbačova iz Sovjetske zveze. Očitno je vedel, kaj ga zanima...

Vsaj lokacija Iskra STEGNE je bila vredna ogleda! Da bi pa nas obiskali slovenski študentje računalniških fakultet v spremstvu univerzitetnih profesorjev – tega ne pomnim!

Pa še nekaj o proizvodnji TRIGLAVA na VME vodilu in njegovih modulih:

Tehnologija serijske proizvodnje mikroračunalnika Triglav je bila na izredno visokem svetovnem nivoju. Proizvajali smo ga na nivoju polprevodniških »čipov«. Tiskanine za izdelavo posameznega VME modula so bile zaradi visoke gostote čipov na modulu večslojne (4 do 8,... in več). Razvoj tiskanin je bil v DELTI, proizvodnja pa v Iskratelu. Vstavljanje »čipov« v tiskano vezje je potekalo polavtomatsko na

Slika 6: **Predstavitev na Letni šoli Iskre Delte , 85: Delta 800 ekvivalent DEC PDP-11, sledi Delta EKG rešitev in Triglav Piccolo z natičnimi diski.**

napravah, ki so z laserjem prikazale, kam naj delavka vstavi določen »čip« (v tistem času še ni bilo robotov). S tem se je bistveno zmanjšalo število napak.

Pomemben del proizvodnega procesa je bilo testiranje proizvedenih VME modulov na **GenRadovi** napravi za testiranje plošč s čipi.

V Delti smo uporabljali avtomatsko testiranje tiskanih plošč **(PCB)** z nameščenimi komponentami z zaznavanjem kratkih stikov in odprtih vezij, napačno nameščenih komponent (npr. uporov, kondenzatorjev), okvarjenih polprevodnikov (diod, tranzistorjev, integriranih vezij) in preverjanje celotne plošče.

Programe za vse naprave in posamezne VME module so napisali sodelavci DELTE. Za vse VME module je bilo potrebno napisati še testne protokole in programe za izvajanje testiranj na GenRadu. Tudi testne programe so razvili inženirji DELTE. V DELTINI proizvodnji je bila tudi toplotna komora, kjer smo sestavljene Triglave zaradi večje zanesljivosti umetno starali vsaj 48 ur.

- **KOMUNIKACIJE**

Področje komunikacij (pa še kaj) je vodil sodelavec Mihajlo Komunjer – Mike iz Zagreba. Bil je pravi Deltaš od nog do glave. Nikoli ni razočaral. Obvladoval je tako komunikacije programa DEC kot vse ostalo, kar je bilo v svetu novega. Mike se je lotil vseh akcij, pa naj so bile še tako enkratne – kot igranje »himne in tiskanje Titove slike na dan ustanovitve Delte«, izhodišča za projekt javne uprave Kitajske, ... Mike ni bil specialist le za komunikacije, obvladoval je več ali manj celoten program Delta 800 in Delta 8000 ter kombinacije podvojenih sistemov. Več o komunikacijah je bilo prikazano in objavljeno na vsakoletni LETNI ŠOLI ‚XX IDC, če ne v sklopu predavanj, pa na razstavi izdelkov.

3 OBDOBJE RAZVOJA IN PROIZVODNJE LASTNIH RAČUNALNIŠKIH SISTEMOV

- **DELTA 800**

DELTA 800, celoten računalniški sistem, je naša inačica DEC PDP-11, sestavljena **iz domačih DELTA modulov (tudi CPU)** in **z domačim operacijskim sistemom DELTA/M.**

- **DELTA 8000**

DELTA 8000, zgrajen po DEC VAX arhitekturi je DELTINA inačica računalniškega sistema, sestavljena z DEC in ne-DEC sklopi (npr. diskovnimi sistemi) in enostavnejšimi DELTA moduli z modificiranim OS DELTA/V.

- **PROJEKT PARTNER – spoj hardwarea in uporabniškega softwarea**

Računalniški sistem Partner sam po sebi ni bil kakšen poseben tehnološki presežek. Vsebuje pa tri pomembne korake v razumevanju in razvoju IDC tehnologije:

- Ime PARTNER nismo izbrali naključno, ampak ciljno: marketinško, da mali enouporabniški CPM sistemček že z imenom približamo zahodnoevropskemu trgu. PARTNER zveni domače, enako dobro doma kot v tujini; na trgu zahodne Evrope.
- Pomembna novost so uporabniške, predvsem pisarniške aplikacije kot del sistema Partner. Delta je na polju uporabe računalnikov s tem zaorala »programsko – aplikativno« ledino. Partner ni bil več namenjen sam sebi... pomembna je bila končna rešitev – informacijska rešitev.
- Preko IDC Avstrija smo Partner-ja tržili tudi v Evropi. Prva lastovka še ni prinesla pomladi, je pa uspešno »posivela« Marjana Kokola, ki je bil v IDC Avstrija »deklica za vse« .

Partner ni bil presežek. Imel je svoje muhe! O njih raje ne bomo govorili. Debato in kritiko prepustimo pametnejšim, »ki svojih izdelkov niti nimajo«!

Če govorimo o razvijalcih sistema PARTNER, potem ne moremo mimo sodelavca Dušana Kegla Šaleharja, ki ga je v Delto povabil prof. dr. A.P. Železnikar. Šalehar se je že pred tem ukvarjal z DRDoS-om in Intelovimi čipi. V ekipi so bili še 4 ključni sodelavci: Drago Novak, Marko Kovačevič, Dušan Hadži in Borut Kastelic. Odločili smo se za razvoj 16-bitne mikroračunalniške plošče kompatibilne z DRDoS om, DRDoS rešitvami in Word procesor tabelami.

Prvi cilj je bil priprava mikroračunalnika za Interbiro Zagreb, na katerem bi predstavili vse svoje dosedanje dosežke. Računalnik je baziral na Deltinih VT100 monitorjih. Monitorji so imeli ob strani še dovolj prostora, da so lahko vstavili matično ploščo in elemente periferije. Razvoj plošče je vodil sodelavec Marko Kovačevič. Natančnih podatkov o plošči ni; menda je vključevala 64kb pomnilnika in 286 MHz procesor. Dodali so še dva 5 inčna gibka diska (za tiste čase revolucionarna tehnologija). Plošče so bile večplastne, bile pa so tudi dovolj majhne.

Po uspešni predstavitvi prototipa Partner 1983 na Interbiroju je razvojna ekipa s strani direktorja Škrubeja dobila zeleno luč in proste roke za nadaljnji razvoj. Najprej so dodelali računalnik, nato pa so se lotili detajlov. Izdelali so še novo prikladno ohišje, medtem ko je sam sistem namenoma ostal na bazi DRDoS v izogib licenčnim problemom z Microsoftom. V Partner smo vgradili še Winchester disk, prilagodili BIOS in podobno.

Prva montažna proizvodnja posameznih delov Partnerja je stekla v Šentjakobu, Avstrija v sklopu Deltine avstrijske firme Iskra Delta Computers GmbH. Bistvo firme je bila vmesna povezava med Ameriko in Jugoslavijo. Omeniti velja še težave, s katerimi se je srečevala nabavna služba Delte. Uvoz je bil v tistih časih centraliziran preko Beograda, devize za nabavo so bile omejene, za vsak nakup so morali preko Beograda pridobiti ustrezno dovoljenje. Zato bi takšne dobave lahko trajale od pol pa celo do enega leta. Kljub vsemu je ekipa pravočasno dobivala material. Po zaokrožitvi osnovnih lastnosti Partnerja je ekipa projekt predala drugim. Sama se s Partnerjem ni več ukvarjala, le še tu in tam z morebitnimi optimizacijami BIOS-a.

Proizvodnja in testiranje Partnerjev sta se kasneje odvijali v proizvodnih prostorih na Laborah, kjer smo imeli tudi toplotno komoro. Po selitvi v Stegne pa so se Partnerji proizvajali tudi na Ptuju.

- **PROJEKT TRIGLAV – LASTNI RAČUNALNIŠKI SISTEMI NA VME VODILU**

Projekt TRIGLAV ni nastal po naključju. Triglav je plod internega razmišljanja kako naprej. Tehtanja, kam gre svet, kakšne so naše dejanske finančne in tehnološke zmožnosti. Kakšne so naše izkušnje. Doba Triglava pomeni za DELTO dobo odraslosti. Pomeni vstop Delte v svet ponudnikov informacijskih rešitev. Cilj: super mikroračunalnik s softwareom vred! Na jugoslovanskem tržišču mu od zasnove do proizvodnje ni bilo para. TRIGLAV je na mednarodnem trgu celo presegal vzornike kot Hewlett Packard HP216, Olivetti M24 in IBM PC AT.

Končna odločitev je torej bila: gremo v Projekt TRIGLAV, bodočo hrbtenico razvoja lastnih računalnikov. Naše proizvodne serije so bile relativno majhne, vendar pa nam je standardno industrijsko VME vodilo odpiralo pot v »lego« nabor VME modulov in s tem možnost kombiniranja različnih enouporabniških in večuporabniških sistemov za poslovno ali procesno rabo.

V času odločanja v letih 1970 – 1980 še ni bilo jasno, ali bo prevladujoča CPU tehnologija MOTOROLA 68000, INTEL 286/386 ali DEC J11. Zanimivi so bili vsi trije računalniki in operacijski sistemi: UNIX, (XENIX), DELTA-M, povrhu pa še OS9 za procesno

industrijo. Odločitev za CPU VME modul je bila enostavna: postavili smo tri razvojne time in rojeno je bilo ime TRIGLAV (TRIDENT) – tri glave in tri VME različice CPU modula. Zadevo je menda presekal direktor Škrubej. Praksa je pokazala, da je bila odločitev kar pametna – timi pa so bili dodatno motivirani – malo rivalstva ni škodilo.

V tem času se je DELTA združila še s podjetjem Iskra Računalniki, ki je pokrivalo področje Motorola 6800 procesorja. Dogovor je bil, da bodo vsi računalniki delovali po podobnem principu, uporabili bodo skupne vire – skupen pomnilni prostor, skupno periferijo, networking in podobno.

Za boljše razumevanje DEC / DELTA relacij moramo pojasniti, da smo J-11 čipe kupovali preko DEC OEM pogodbe. Janez, direktor Delte, je kljub dobrim odnosom s firmo DEC kupil 1000 čipov J-11 kot strateško rezervo. To je bil tudi odgovor in napotek za JNA, ki je vedno sanjala o računalnikih na osnovi »domače čip tehnologije«, ne da bi se zavedala dimenzije problema. Načelno DELTA sicer ni bila proti nišnim domačim čipom, zlasti za posebne zahteve. V mislih pa smo že računali na DEC VAX čip – na serijo 32 bitnih CPU.

Razvoj VME modulov je zahteval več timov. Tiskanine so postajale vse zahtevnejše, večslojne, tudi do 8 plasti. Razvoj je zahteval dodatne investicije v software za načrtovanje vezij in drago grafično opremo. Pa še dobava materiala, pa... nikoli konca. Zlasti v začetni fazi je bil RR tesno povezan s proizvodnjo modulov. Posamezne napake smo odpravljali kar s prevezavami.

Mikroračunalnik Iskra Delta Triglav je bil najsodobnejši slovenski mikroračunalnik, ki smo ga razvili v podjetju Iskra Delta v Ljubljani v začetku 1980-ih let. Mikroračunalnik je imel modularno zgradbo. Moduli so bili formata 2E s standardiziranim konektorjem za medsebojno povezavo modulov preko VME vodila. Module so sestavljali trije procesorski moduli: modul s procesorjem Motorola 68000, modul s procesorjem Intel 80286/386 in modul s procesorjem DEC J11. Poleg procesorskih modulov smo razvili in proizvajali še pomnilniške module, grafične module, krmilnik zunanjih pomnilnikov, serijski komunikacijski krmilnik za priključevanje terminalov, paralelni komunikacijski krmilnik, krmilnik LAN omrežij in različno programsko opremo od operacijskih sistemov do aplikacij. Takšna arhitektura je omogočala možnost izbire procesorskega modula in sistemskega softwarea ter s tem različne konfiguracije. To je bila le ena izmed Triglavovih posebnosti in prednosti, ki je omogočala prilagodljivost in širšo uporabo v različnih okoljih.

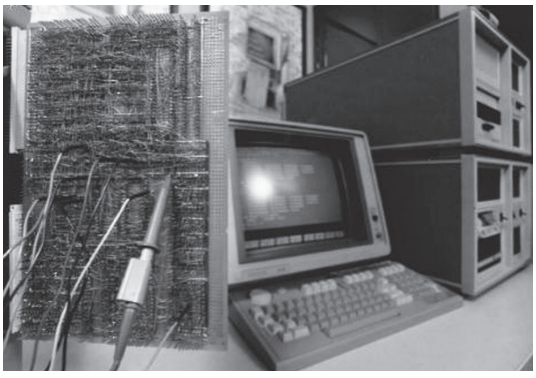
Team VME CPU DEC J-11 je pokrival sodelavec Dušan Zalar. VME s procesorskim čipom DEC J11 firme DEC sodi v v DEC PDP-11 arhitekturo. PDP-11 serija je bila zelo priljubljena v akademskem in raziskovalnem svetu, ker je omogočala veliko fleksibilnosti pri programiranju in integraciji z različnimi napravami. DEC J11 so pogosto uporabljali v industrijskih sistemih, znanstvenih raziskavah in računalniških laboratorijih. Poleg Iskre Delte je v svetu obstajalo še kar nekaj proizvajalcev, ki so na osnovi DEC OEM ponujali računalniško opremo in inženiring – aplikativne rešitve. Vpliv DEC na arhitekturo mini računalnikov je bil v tem času resnično velik.

Arhitektura čipa J-11 je bila sicer 16-bitna, v primerjavi z Intelovimi procesorji, a z drugačnim pristopom k arhitekturi. Pomembno dejstvo pa je, da je za VME CPU DEC J-11 bil na razpolago domač operacijski sistem Delta/M, vsi višji programski jeziki, IDA orodja in domače Delta programske rešitve, navedene v Iskra Delta KATALOGU aplikacij.

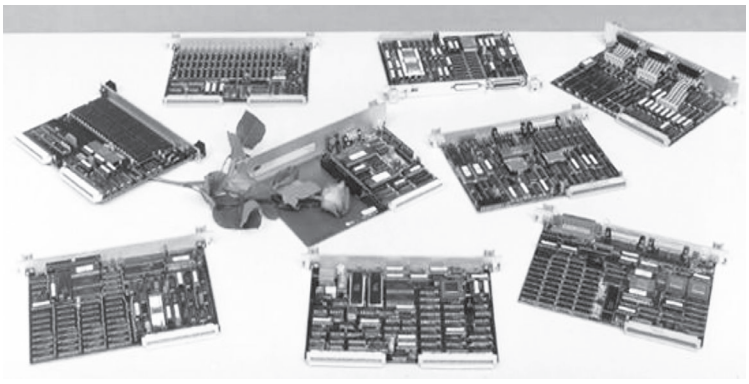
Team VME CPU MOTOROLA 68000 je pokrival Marko Rogač z ekipo. Na ta sistem smo portirali UNIX in OS9. Motorola 68000 je bil 16/32-bitni mikroprocesor, ki je bil zelo priljubljen v 80-ih in zgodnjih 90-ih letih prejšnjega stoletja. Uporabljali so ga v številnih računalnikih, kot so Apple Macintosh**,** Atari ST in Commodore Amiga**.** Hitrost sistemske ure je bila 16 MHz. Imel je zelo napreden niz ukazov v primerjavi z ostalimi procesorji, zaradi česar je omogočal bolj kompleksne in zmogljive aplikacije. Običajno so ga uporabljali v zmogljivejših sistemih, kot so grafično zahtevni računalniki in delovne postaje.

Ekipa zbrana okrog Marka Rogača je razvila poleg modula VME CPU Motorola 68xxx tudi ostale »skupne« VME module:

- Pomnilniški moduli so podpirali različne velikosti pomnilnika RAM, običajno v razponu od nekaj kilobajtov do več deset kilobajtov, kar je bilo za takratni čas dovolj za mnoge aplikacije.
- Moduli za serijske in paralelne povezave za povezovanje s perifernimi napravami: Triglav je imel možnost povezovanja s številnimi zunanjimi napravami, kot so: diskovne enote, tiskalniki in zasloni. Za zunanje pomnilniške enote smo uporabljali diske s kapaciteto 40 ali 80MB in disketni



Slika 7: **Razvoj TRIGLAV VME modula**



Slika 8: **Osnovni VME moduli računalnika TRIGLAV**

pogon 5,25«. Vgrajen je imel tudi mikro streamer tračno enoto.
- Modul za priklop grafičnega monitorja in tiskalnika za kakovostno grafično postajo Triglav.
- Modul za priklop več terminalov (uporabnikov) 8 ali 16 za Triglav kot več uporabniški sistem. Triglav se je lahko povezoval tudi v LAN omrežje.

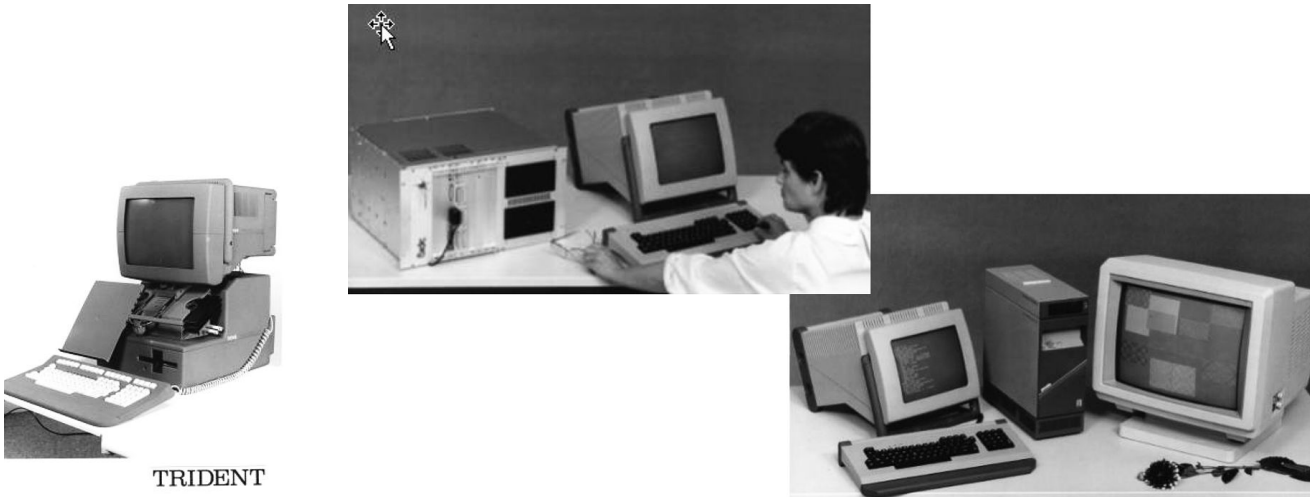
Team VME CPU INTEL80286 je pokrival Dušan Kegl Šalehar ob asistenci Dušana Hadžija. Sistem je bil zanimiv tudi za zahodno Evropo, kar potrjuje prodaja 10-ih takšnih sistemov razvojnemu oddelku tovarne Mercedes v Nemčiji.

Pred INTEL teamom je bil, ne glede na različna mnenja, nov izziv – projekt razvoja 16-bit super mikro računalnika TRIGLAV na Intel čipu. Zaradi preteklih težav z izdelavo matičnih plošč ter težav z logistiko v Nemčiji smo iskali nove optimalnejše rešitve. Ker smo imeli v Santa Clari, ZDA, izpostavo Iskra Electronics, smo se odločili, da razvojno Intel skupino prestavimo kar tja. Tako je vodja projekta Šalehar s svojo ekipo štirih sodelavcev odpotoval v Ameriko. Skrbeti je moral za celo ekipo. Srečeval se je z raznimi problemi, tako glede financ kot dobave materiala. V pomoč so mu bili dobri stiki z Intelovimi partnerji, preko katerih so lahko čez noč dobili najnovejše čipe. Ogromno so pridobili tudi s pomočjo dobrih kontaktov iz Silicijeve doline. V veliko pomoč jim je bil Drago Herman iz HR Micro Electronics.

Vzdušje v skupini je bilo sproščeno. Šalehar je bil sicer izvršilni vodja, vendar ga je skupina dojemala kot sodelavca, strokovnjaka. Njihova znanja so se prepletala in dopolnjevala. V prvem mesecu so naredili prvih 10 plošč. Prva plošča je bila testna. To so »spolirali«: preizkusili, če vse deluje, naredili popravke, nato pa preko osebnega stika iz Kitajske po načrtih naročili 10 tako izdelanih plošč. To so bile matične plošče ene od verzij Triglava, ki so jih na domiseln način »uvozili« nazaj domov. V Ameriko so peljali prazno ohišje Triglava, vrnili pa so se z ohišjem, polnim matičnih plošč in ostalih materialov. Posebne metode »uvoza«, še posebno raznih čipov, smo se še večkrat poslužili, saj v tistem času alternativne možnosti preprosto niso obstajale vse do odprtja Iskra Delta računalniške proizvodnje v Stegnah, kjer smo že samostojno izdelovali J-11 procesorske plošče. Na proizvodnji lokaciji smo imeli tudi temperaturno testno celico za testiranje obratovanja izdelkov pri različnih temperaturah (npr. usmernike, tiskana vezja, ...).

Operacijski sistem na TRIGLAVU, CPU Intel xx386, je bil Microsoftov Xenix. Z Microsoftom smo v tistem času imeli veliko stikov. Sodelavec Šalehar je po pogovoru z Billom Gatesom ugotovili, da gre MS v drugo smer (DOS in Windows). Vendar če imaš tehnološko 3 različne CPU module, potrebuješ tudi operacijski sistem, ki bo vsaj 95% zadostoval vsem trem. Logična izbira je bil UNIX, ki pa smo ga morali še uradno pridobiti. To so bili trakovi z UNIX kodo, ki ji je ekipa ob izdatni pomoči Milana Paliana prilagodila jedro za kompatibilnost in delovanje z njihovimi procesorji.

Za DELTO je bil končni cilj **računalniški sistem TRIGLAV ali TRIDENT** (izvozna blagovna znamka) in ne tekmovanje med ekipami. Končno smo razvili in stestirali elemente za sisteme in za nadaljnje korake. Če povzamemo:
- Triglav je imel na izbiro tri procesorske glave:
  – VME CPU DEC J-11 modul,
  – VME CPU Motorola 68010 modul in
  – VME CPU Intel 80286/386 modul, pa še
  – »lego set« ostalih računalniških VME modulov,



Slika 9: **TRIGLAV (TRIDENT) kot pisarniško delovno mesto.**
TRIGLAV v industrijskem ohišju in videoterminal PAKA.
TRIGLAV PICCOLO z natičnim diskom in terminalom za laboratorijsko delo.

- 9 VME vtičnih mest,
- Barvni monitor 16 (256), resolucije 1024 x 1024,
- Možnost priključitve:
  – disketne enote,
  – diskovne enote Winchester 20-80MB.
- Podprti so bili različni operacijski sistemi:
- Delta/M,
- DEC RSX-11M,
- DEC RT11, UCSD-p,
- CP/M 68K,
- XENIX, UNIX,
- OS9 (za procesno tehniko).

S tem pa so se odprle široke možnosti uporabe svetovno uveljavljenih programskih jezikov in aplikacij:

- C, ASSEMBLER, PASCAL, COBOL, BASIC, FORTRAN in
- standardnih baz: MDBS, Total®, relacijske baze,...
- Implementirali smo IDA orodja: IDA-BAZA, IDA-EKRAN, IDA-COGEN, IDA LEKSIKON.
- Obstajal je in se vsako leto širil nabor aplikacij, zbranih v IDA KATALOGU APLIKACIJ.
- Obstajali so Computer Graphic-Aided Construction Programs.

Vse našteto je omogočalo trženje sistemov in/ali posameznih modulov, sodelovanje med proizvajalci ter delitev proizvodnje in nadalnjega razvoja med zainteresiranimi podjetji, pa še hitro gradnjo standardnih in nestandardnih končnih rešitev:

- Trženje posameznih VME modulov in podsklopov, delov programske opreme, ... vse po načelu »naredi si sam, pravzaprav dokončaj sam«. Opomba: VME tehnologije še nismo prodajali ...
- Prenosu lastnih aplikacij, napisanih v standardnih programskih jezikih od FORTRANA, COBOLA dalje... Kar nekaj uporabniške programske opreme smo za TRIGLAV dodatno razvili tudi v Delti: omenimo le opremo za obdelavo besedil, numerične analize in različne poslovne aplikacije.
- Gradnjo procesnih računalnikov za procesno kontrolo in robotiko,
- gradnjo grafičnih postaj za CAD – CAM
- ter serijo rešitev za
  – pisarniško avtomatizacijo,
  – za poslovne informacijske rešitve in
  – procesno podporo različnim proizvodnjam.

Vsaka od teh 3 razvojnih ekip je bila prepričana v svoj koncept.

Med ekipami je obstajalo pozitivno tekmovalno rivalstvo. Ekipe so med sabo tekmovale, katera bo hitreje dosegla zastavljene cilje. Razvijalci so bili izjemno motivirani. Ni jim bilo težko delati preko rednega delovnega časa, večkrat celo pozno v noč. Ves razvoj je bil nabit s pozitivno energijo. Poleg medsebojnega tekmovanja so se razvijalci ozirali tudi v svet in primerjali svoj izdelek s primerljivimi ameriškimi in svetovnimi računalniki. Bilo je veliko želje po potrjevanju. Mikroračunalnik Triglav je bil takrat tehnično na najvišjem nivoju, enakovreden ali celo boljši od

najbolj prepoznavnih svetovnih znamk. Veliko vlogo je pri tem odigralo vodstvo Delte, ki je omogočalo razvijalcem dostop do najboljše strokovne literature in izobraževanj tudi v tujini.

Za razvoj mikroračunalnika Triglav so Marko Rogač, Damijan Hafner, Marko Kovačevič, Dušan Zalar, Milan Male, Marjan Bohnec, Draga Westersbach, Kristl Ogris, Bogdan Kejžar, Aleksander Hadži in Andrej Leskovar leta 1985 prejeli nagrado za izume in tehnične izboljšave Sklada Borisa Kidriča.

Vsi pa so pozabili na neimenovane sodelavce, ki so prenesli izdelek iz razvoja v proizvodnjo, ga lansirali na trg, da o IDA programski opremi in aplikativnih rešitvah sploh ne govorimo! Pomena programske opreme »jugoeksperti« še niso prepoznali!

TRIGLAV je bil pomemben korak v razvoju računalniške industrije v Sloveniji in širše v Jugoslaviji, saj je omogočil dostop do sodobne računalniške tehnologije v obdobju, ko so bile takšne naprave v večini držav šele v povojih. Preden pa smo poželi sadove naših investicij, so nas grobo presekali s stečajem.

- **INDUSTRIJSKO OBLIKOVANJE TRIGLAVA IN VPLIV NA CELOTNO PODOBO IZDELKOV DELTE**

Nov sistem je terjal novo obleko. In tu se pojavi »arhitekt & krojač« Vid Brataševec, firma Mak Design – odličen dizajner. Dober dizajn pa ni pomenil samo inoviranje oblike delovne postaje TRIGLAV, temveč celotnega okolja. Ohišje TRIGLAVA je bilo posodobljeno, poliuretansko (ekspandirani poliuretan), primerno za srednje, za nas velike serije, ki so se enostavno brizgale in barvale (nižja cena orodij, kvalitetnejša barva na otip),... Delo ni bilo zaman: **TRIDENT (TRIGLAV) je 1985 na Dunaju prejel nagrado za dizajn, 1987 pa v Leipzigu še nagrado za kvaliteto sistema.**

Industrijsko oblikovanje se je razširilo na celotno firmo ISKRA DELTA – od izdelkov; kot so moduli in sami računalniki TRIGLAV, na miniračunalnike DELTA 800 in DELTA 8000, posebne hardwarske rešitve, pa še na dokumentacijo in celoten marketing, skratka na celotno firmo IDC. Dodelan je bil tudi IDC znak, ki se je pojavil tudi na modulih TRIGLAVA z oznako *Made in Slovenia*, kar so »pogruntali« tudi cariniki v ZDA ob začasnem uvozu v ZDA.

Na tem mestu torej – velika zahvala Vidu Brataševcu – za dobro opravljeno delo in ameriškim carinikom, ki so ugotovili, da je sistem slovenski proizvod.

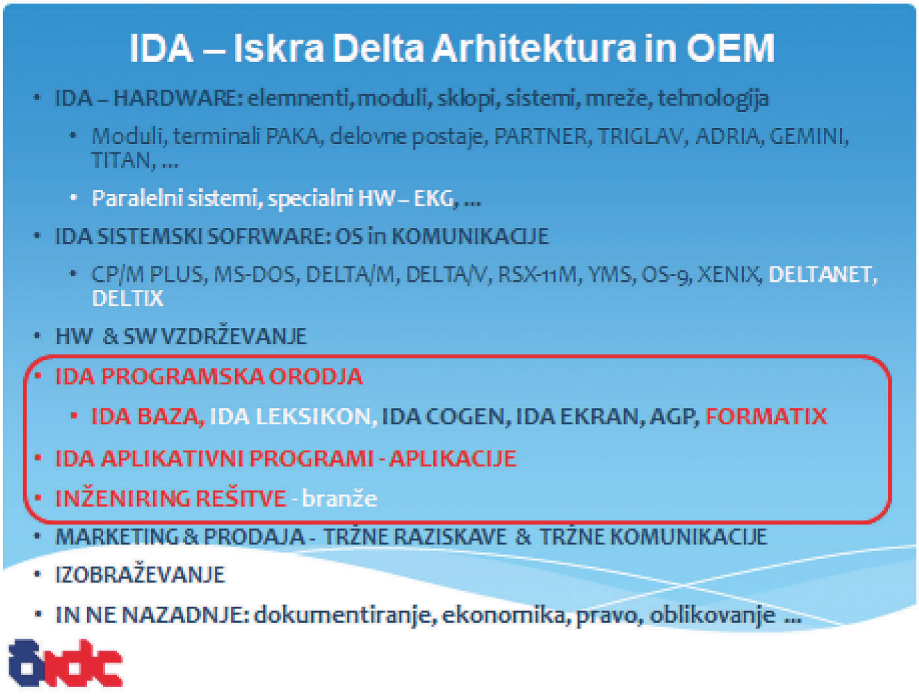
Slika 10: **TRIGLAV – priznanje za obliko: Dunaj 1985 in ... PTT spominska znamka leta 2016.**

4 OBDOBJE RAZVOJA IN PROIZVODNJE IDA ORODIJ

- **ISKRA DELTA ARHITEKTURA**

IDA – Iskra Delta Arhitektura skriva našo veliko ambicijo, da bi zajeli celotno pot od računalnika do končne celovite rešitve. Zavedali smo se, da ne obstaja samo en računalnik, temveč cela paleta računalnikov (hardware in sistemski software), nad njimi IDA BAZA, nad njo pa IDA »lego nabor programskih rešitev«. »Lego« pomeni, da so te rešitve medsebojno povezljive, pa naj gre za hardware ali software. Sistemi, kot je na primer TRIGLAV, je skonfiguriran iz nekega »lego« nabora VME modulov, lahko je sistem ali delovna postaja. IDA vključuje tudi storitve od... do ...Rešitve grajene po IDA arhitekturi morajo ostati odprte za naknadno širitev. Vsakdo lahko doda svoj izdelek v »lego« nabor, vendar mora jamčiti za IDA odprtost in univerzalnost.

Iskra Delta Arhitektura nikakor ni nastala čez noč, temveč postopno iz potrebe uskladitve številnih hardwareskih in softwareskih rešitev v enovito



Slika 11: **IDA – Iskra Delta Arhitektura, IDA programska orodja in inženiring rešitve.**

rešitev. Tako smo ugotavljali, da so Deltini programi 4P za proizvodnjo sicer potrebni, da pa to ni dovolj! Nosilnih kadrov, organizatorjev in informatikov je bilo premalo, zato je posledično manjkalo celovitih aplikativnih rešitev. Problem je lahko predstavljal že prehod iz enega računalniškega sistema na drug računalniški sistem (morda večji) istega proizvajalca, kaj šele prehod v druga – tuja okolja.

Zato smo se odločili, da poiščemo skupne platforme za hardware, za aplikativni software in za posebne branžno specifične rešitve. Tako je nastajal vsakoletno osvežen KATALOG uporabniških aplikacij za branže (beri: branža = inženiring). Postopoma smo nove aplikacije napisali s pomočjo IDA programskih orodij 4. generacije, stare rešitve pa smo ustrezno nadgrajevali in jih osveževali. Osnova je bila IDA BAZA – domača baza podatkov, ki je postala integralni del naših sistemov. Cilj je bila prenosljivost IDA aplikacij, vsaj med našimi računalniki. Uporabnik je isto IDA aplikacijo brez modifikacij želel prenesti iz manjšega na večji sistem brez modifikacij in brez došolanja končnih uporabnikov. Skupna platforma je zahtevala portacije ID BAZE na različne operacijske sisteme.

Cilj je bil jasen, pot pa dolga več let, dokler se ni s stečajem Delte predčasno nasilno prekinila.

- **Od IDA BAZE do IDA orodij 4. generacije**

Pri programiranju aplikacij smo naleteli na kup manjših in večjih ovir. Definitivno ni bilo premalo le programerskih kadrov. Enostavno je obstajal vakuum vizionarjev ali vsaj razgledanih kadrov za računalniško podporo določene gospodarske dejavnosti. Posledično ni primanjkovalo le dobrih funkcionalnih specifikacij, ampak celo znanje, kje bi računalniška obdelava dala dobre rezultate: olajšala delo, pocenila in pospešila določene delovne procese, ... skratka manjkal je sogovornik, kakšno računalniško podporo določeno podjetje sploh rabi. Brez uporabne aplikacije pa je odveč tudi računalniški hardware. Zato smo del naših kadrovskih potencialov usmerili v razvoj lastnih programskih orodij četrte generacije, neobhodno potrebnih za dvig produktivnosti aplikativno usmerjenih softwareistov.

Po našem prepričanju je bila osnova dobrim poslovnim rešitvam dobra podatkovna baza, zato smo našim uporabnikom tudi priporočali podatkovno bazo Total® firme Cincom. Hudič je vedno v detajlih: po praktičnih izkušnjah naših sistemskih specialistov (za DELTA/M, RMS-11 in Total®) smo ugotavljali, da bi marsikaj naredili bolje. Tako se je rodila IDA podatkovna baza ali kratko kar IDA BAZA. V to bazo smo vtkali IDA (Iskra Delta Arhitektura) filozofijo. Nosilca naloge sta bila sodelavca Marjan Muro-

vec in Vlado Pečar, pa še ostali sodelavci. Zgodbe še ni konec: ugotovili smo, da potrebujemo ne le IDA BAZO, ampak še IDA LEKSIKON. In ker je zmanjkalo naših kadrovskih virov, pa tudi idej, smo IDA LEKSIKON prepustili zunanjemu sodelavcu Iztoku Lajovicu. Sčasoma smo nalogo razširili še na programske generatorje AGP, nato IDA AGP na IDA COGEN, skratka postopoma je dozorela ideja o IDA orodjih 4. generacije, ki je zajemala vse omenjene programske izdelke. Več o tem je zapisano v materialih LETNE ŠOLE '88 in reviji PRAKSA.

- **PRVI POIZKUSI IZVOZA PROGRAMSKE OPREME**

Uspešen izvoz hardwarea je povečal naše izvozne apetite: zakaj pa ne bi izvažali še softwara?

In prva ideja je bila: gremo k firmi Cincom. Ponudimo jim sodelovanje pri razvoju nadgradnje DB. Predlagali smo: nove verzije bodo za vse Iskra Delta sisteme (stare in nove) za Delto brezplačne. Novo IDA BAZO bomo dali na vse naše računalnike. Lastnik Cincoma te ideje ni sprejel: ponudil je nižjo licenčnino. Do dogovora ni prišlo, zato smo se odločili, da sodelovanje s firmo Cincom (Total®) prekinemo in damo na trg IDA BAZO in celotna IDA orodja.

Zanimivo in poučno za trg Jugoslavije je padanje cene licenčnine za bazo podatkov Total®:

- ob prvih razgovorih se je nabavna cena licence gibala okrog 50.000$/DB,
- ob začetku ID trženja je padla na 20.000$/DB,
- ob prekinitvi stikov pa na samo 4.000$/DB.

Podatki kažejo, da se z rastjo deleža lastne tehnologije znižuje licenčnina, vendar kljub vsemu naša ponudba o sodelovanju ni bila sprejeta.

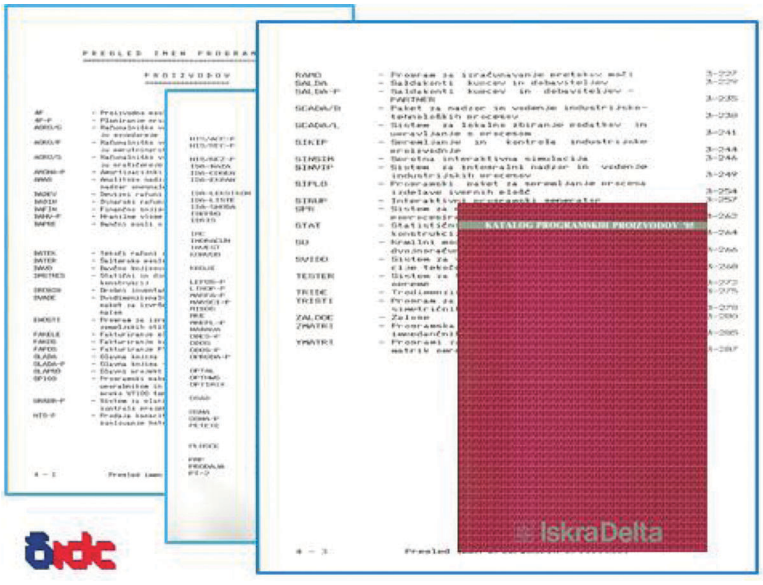
Nismo obupali: če IDA BAZA ne gre, pa poizkusimo s trženjem našega novega IDA orodja – s programskim generatorjem IDA APS z marketinškim izvoznim imenom FORMATIX. Na žalost zahteva samostojna prodaja programskega izdelka za izvoz celo vrsto predpriprav: novo marketinško ime, marketinško dokumentacijo, prodajno pogodbo, cenik, IDC licenčno pogodbo, priročnik oblikovan po ameriškem okusu (!) in še kaj.

Izdelava priročnika se je izkazala za trši oreh, kot smo prvotno načrtovali. Problem ni bil le jezik (amerikanščina), ampak vsebinsko oblikovanje celotne dokumentacije. Skratka, manjkala nam je tehnologija pisanja uporabniškega priročnika za izvoz.

Končno smo lahko prvim referenčnim kupcem v ZDA ponudili referenčne inštalacije FORMATIX-a. Žal prepozno, IDC je že zaplula v agonijo.

- **IDA KATALOG APLIKACIJ – za branže (beri branže: = inženiring)**

Že ime samo pove, da je KATALOG APLIKACIJ ‹LL vseboval letno osveženo zbirko preverjenih programskih rešitev Delte kot odgovor na zlonamerne



Slika12: **Katalog Iskra Delta aplikativne programske opreme in branže**

kritike, da Delta sploh nima aplikacij. Hkrati je bil tudi opora – orodje prodaji za pomoč pri prodaji aplikacij. KATALOG smo pripravljali in objavljali vsako leto v sklopu LETNE ŠOLE Iskre Delte. Postopoma smo želeli vse dobre aplikacije prenesti v IDA okolje na IDA BAZO. Večjim uporabnikom smo svetovali, naj tudi oni gradijo svoje aplikacije na podatkovni bazi. Cilj je bil postopoma zgraditi »lego« sistem programskih rešitev na IDA BAZI, vključno z rešitvam končnih uporabnikov, ki bi omogočale medsebojno povezljivost in prenosljivost med različnimi konfiguracijami in sistemi.

5 OBDOBJE RAZVOJA ISKRA DELTA INŽENIRINGA

Vse do sedaj zapisano je več ali manj le zgodba o računalniški strojni opremi in podporni programski opremi: o operacijskih sistemih, gonilnikih, programskih jezikih ...in neobhodno potrebnih servisnih službah: ID SERVIS, ID CENTER ZA POPRAVILO MODULOV, ID IZOBRAŽEVALNI CENTER, Nova Gorica, podpora različnim tiskanim dokumentom (Tehnološki bilten, slovarji – izrazoslovje & definicije).

Pravi DELTA BOOM pa sledi s prehodom DELTE na RAČUNALNIŠKI INŽENIRING, s prehodom na Projekt TRIGLAV, na industrijski dizajn računalnikov in računalniškega okolja, na celovite rešitve za posamezne branže, na IDA arhitekturo...

- **ZAČETKI ID INŽENIRINGA – BRANŽE**

Trženje Partnerja je pokazalo, da so za posamezna gospodarska področja za prodajo računalnikov bistvene dobre programske rešitve in po potrebi (in po premisleku) še dodatna specifična oprema. Od tu dalje je potreben le še miselni preskok na strokovne kadre, na mešane time; ne le informatikov, ampak širše: strokovnih kadrov za posamezna specifična gospodarska področja uporabe: branže. Iskra Delta Inženiring se je razvijal relativno počasi, postopoma. Začelo se je s posameznimi rešitvami. Postopoma so se izoblikovala branžna jedra: turizem, bančništvo, SCADA sistemi vodenja distribucije (elektro, plin, voda), obvladovanje kosovne proizvodnje (4P), medicina (ECG),... .

- POSEBNE REŠITVE ZA KONČNE UPORABNIKE

Z željo in potrebo, da bi približala svoje rešitve potrebam in zahtevam končnih uporabnikov, je Delta vzpostavila branžno organizacijo ali drugače povedano: inženiring pristop po načelu gospodarske organizacije. To pomeni, da je praksi v marketinško in branžno organizirano prodajo prerazporedila del programerjev in sistemske podpore. Takšna organizacija je podpirala večje projekte, ki so zahtevali ne samo kompleksnejše programske rešitve, temveč specifično dodatno opremo. Uspešno zaključen projekt je postal strateška referenca.

V nadaljevanju omenimo tri primere prodaje:

- projekt EKG,
- projekt Mercedes Benz,
- projekt Kitajska,

ki jih bodo podrobneje opisali drugi sodelavci.

Projekt EKG sodi v branžo: medicina. Vodja projekta je bil sodelavec Darko Pungerčar. Nedvomno se je zgledoval po DEC rešitvi za Gamma kamero. Deltina rešitev je vsebovala EKG programsko opremo, EKG modul in ateste. Cilj je bil: večkratna prodaja vsebinsko podobne EKG rešitve, na primer na računalniku Triglav.

Projekt Mercedes Benz je obsegal prodajo 10 kosov TRIDENT 386 (= Triglav CPU Intel 80386) mikroračunalnikov razvojnemu laboratoriju Mercedesa. Cilj je bil pospešitev izvoza in odpiranje prodajnih kanalov.

Projekt Kitajska sodi med posebne prestižne rešitve. Projekt kot tak ne bi bil možen brez podpore ključnih Deltinih specialistov, ki so dodatno okrepili standardne službe, in vodstva Delte, ki je pravočasno zgladilo vse morebitne probleme z ameriško administracijo.

Vsi trije primeri kažejo, da je bila Deltina organizacija izjemno prilagodljiva in usmerjena v izvoz in rešitve za končne uporabnike.

6 VIZIJA PRIHODNOSTI

O viziji prihodnosti je težko kaj pametnega napisati, lepše je o njej sanjati. Sanjali smo o projektu PARSYS, o paralelnih računalnikih. S projektom Parsys so se ukvarjali sodelavci Saša Prešern, Peter Brajak in naš guru A.P. Železnik. Prve rezultate smo pričakovali v letih 1990. Več o PARSYS-u najdete v priloženi literaturi.

Nedvomno smo imeli z računalniškim sistemom Triglav v napovedanem »DEC Vax čipu« velik potencial.

No, pa malo odmislimo strojno in sistemsko opremo. Velike upe smo vlagali v nadaljnji razvoj IDA orodij, predvsem v IDA rešitve za branže – za inže-

niring. Branžni del bi moral preživeti propad hardwarea. DELTA ni potrebovala državne zaščite. Potrebovala je le velika naročila in plačila, ki jih ni in ni dobila. Danes, 40 let kasneje, govorimo o digitalizaciji javne uprave, o računalniški podpori zdravstva, narejenega pa ni bilo nič omembe vrednega. Zakaj z računalniško podprtimi rešitvami nismo opremili slovenskih občin? Vseh je v Sloveniji danes preko 200! Velik posel. Če bi leta 1988 začeli z deli, kje bi že bili danes! Doma nismo bili vredni zaupanja (?!), a Kitajci so nam zaupali!

Prepričan sem, da je obdobje elektronskih računalnikov in binarne logike že mimo. Osebno stavim na kvantne računalnike, na nove – morda ne več na elektronske mikro komponente, na novo več nivojsko logiko in matematiko. Ta vodi v novo hitrejšo in zmogljivejšo programsko opremo. Na koncu, kljub vsemu prisegam na človeka!

AI – umetna inteligenca je in bo še postala nepogrešljivo orodje skupnosti mladih strokovnjakov ter entuziastov, hkrati pa prekletstvo – opora za dnevne individualiste in bleferje!

ODGOVOR NA VIZIJO PRIHODNOSTI – POGORIŠČE

25. 5. 1978 Ustanovitev TOZD za računalništvo DIGITAL, SOZD ELEKTROTEHNA
5. 2. 1990 Stečaj Iskra Delta d.o.o., SOZD ISKRA
1. 3. 2013 Stečaj Iskra Delte se je, po več kot 23 letih, zaključil 1. marca 2013 – s poročilom stečajnega upravitelja odvetnika Srečka Jadeka.

Namesto komentarja pa še vsebina pobrana na internetu:
https://publishwall.si/eeeMojster/post/93509/iskra-delta-slovenija-silicijska-dolina-sentflorjanska

Iskra Delta –

Slovenija silicijska dolina šentflorjanska
Objavljeno Dec 26, 2013

Stečaj Iskra Delte se je, po več kot 23 letih, zaključil 1. marca 2013 s poročilom stečajnega upravitelja odvetnika Srečka Jadeka. Poročilo ugotavlja, da je na računu ostalo, po poplačilu vseh upnikov, še 690,89 €. Za slovensko sodstvo je stečaj Iskra Delte velika blamaža, saj se je stečaj končal s popolnim 100% poplačilom vseh upnikov, in to celo z obrestmi, četudi je ljubljansko sodišče 5. 2. 1990 sprejelo sklep, da se stečajni postopek začne zaradi nesporno ugotovljene težke finančne situacije. Sodišče je tako zavrnilo potrebo po ugotavljanju ekonomsko finančnega stanja z izvedenci, kot določa Zakon (86 člen, Ur.list SFRJ št 84/89).Glej prilogo. Resnica o zaroti slovenske udbe v letih 1988-1989 za uničenje visoko tehnoloških podjetij ISKRE, počasi prodira na svetlo. O tem je pisal tudi Lucu v Nedeljskem dnevniku 8. junija 2008. Finančno poročilo o zaključku stečaja je tudi dober odgovor na zmotne trditve Antona Stipaniča o Iskri Delti v knjigi Od pastirja do direktorja.

IskroDelto je v uničenje pognala prav IskraBanka in IskraCommerce po navodilu politike.To so izvedli posebno prebrisano s posojilno pogodbeno prevaro. Ko je šla Iskra Delta v stečaj je imela skoraj dva milijona DM občasnih blokad računa pri SDK in STO krat več premoženja. Naj spomnimo, da je bil najmodernejši izobraževalni center v središču Nove Gorice prodan Hitu za 5,5 milijona DM. Skoraj neverjetno pa je, da bivši direktor Hita Danilo Kovačič trdi, da je politika od njega zahtevala uničenje vrhunske izobraževalne ustanove, čeprav bi za potrebe Hita še boljši kazino lahko zgradili na drugi strani Kidričeveve ulice. Tudi dva sklepa Skupščine MONG za ohranitev ICDelte nista bila dovolj.

Slika 14: **Tehnološka odločitev? Vagon krompirja za eden DBMS trak**

Zakaj je DELTA propadla? Kdo so strici v ozadju? Kaj je od Delte ostalo? Kaj so počeli stečajniki 23 let? Veliko vprašanj in le malo odgovorov.

Čeprav je od konca Delte minilo že več kot 40 let, bom raje svojo zgodbo pustil v osebnem arhivu (beri glavi). Pred očmi mi je ostala karikatura, objavljena v obdobju porajanja Delte pred davnimi časi, objavljena v časopisu DELO:

V zameno za 100 T krompirja smo v Jugoslavijo uvozili le eno kopijo programske opreme DBMS (1 kolut!). Na državni ravni se očitno nismo odločili za visoko tehnologijo. Upam, da bomo bolj uspešni vsaj s krompirjem. Želimo jim pa tudi nam vso srečo!

O strategiji si preberite zanimivo razmišljanje Jureta Stojana, partnerja ter direktorja raziskav in razvoja inštituta za strateške rešitve, pod naslovom »Pot navzdol«, objavljeno v časniku Delo v rubriki mnenja@delo.si. Vsak komentar je odveč!

Propadu Iskre Delte sledi še brutalen zaton osvojene tehnologije. Bistvo tehnologije je v znanju in v povezanosti ljudi, ne v denarju, ne v strojih, ne v opremi. Subtilna informacijska mreža Iskre Delte je še nekaj časa tlela v zbeganih sodelavcih, se postopno razgradila in čisto na koncu ugasnila. Ostalo je le pogorišče:

- IDA DBMS tehnologija ni bila prodana, vrgli so jo na smeti!
- VME tehnologija ni bila prodana, še manj masovno uporabljena, vrgli so jo na smeti!

In vendar ...

... za razvoj mikroračunalnika Triglav so Marko Rogač, Damijan Hafner, Marko Kovačevič, Dušan Zalar, Milan Male, Marjan Bohnec, Draga Westersbach, Kristl Ogris, Bogdan Kejžar, Aleksander Hadži in Andrej Leskovar leta 1985 prejeli nagrado za izume in tehnične izboljšave Sklada Borisa Kidriča.

Nihče od vodilnih sodelavcev Iskre Delte ni bil deležen pohvale. Posameznike so »anonimci« celo pritlehno blatili in vlačili po časopisih, po sodiščih. Namen tega prispevka je obelodaniti zgodbo o soborcih, ki so oblikovali zametke jugoslovanskega ter slovenskega računalništva in informacijske tehnologije: prve računalnike, prva programska orodja, kompleksne računalniško podprte rešitve.

Skratka, kot je rekel Mike: »Bili smo najbolji u Jugovini«. Naj še pripomnim: »In med boljšimi na svetu«. Po znanju so sodelavci pogosto prekašali vodstvo, vendar je to vodstvo znalo vzpostaviti okolje za reševanje dnevnih dilem. Skratka, rad sem sodeloval v zgodbi o Iskri Delti! Hkrati se opravičujem vsem sodelavcem, ki jih nisem omenil. Vsak nosi v sebi svojo zgodbo o DELTI. Preveč je vsega. Naše zgodbe se lahko dopolnjujejo ali si celo nasprotujejo. Za zaključek pa še karikatura z odpovedjo šefu – brez komentarja.

Preživeli Deltaši se še danes, vsako leto, srečamo na Livadi v Ljubljani. Vabim vse tiste »eksperte«, ki so dvomili v slovensko proizvodnjo računalnikov,

ki zanikajo obstoj računalnika Triglav z vsemi tremi glavami, ki trdijo, da orodij četrte generacije ni bilo, niti branžnih programov, da se udeležijo srečanja na Livadi, vsako leto 25. maja, in prisluhnejo njihovim zgodbam.

Šakali so razgrabili stečajno maso! Večinoma še vedeli niso, čemu služijo artefakti: včasih neprecenljivi, sedaj ničvredni stroji, oprema za razvoj, za testiranje in za proizvodnjo modulov / sistemov.

Projekt TRIGLAV je bil obglavljen, še preden smo poželi prve prave rezultate proizvodnje. Delno so preživele branže – inženiring rešitve (npr. turizem...), pa ne vse. Kupci njihovih aplikacij so še naprej potrebovali sistemsko in aplikativno podporo.

Iskra Delta Tehnologija je v polnem naletu obstala in izpuhtela. Za velikimi vsejugoslovanskimi računalniškimi projekti je ostal velik nič. Pa kaj, če še država ni preživela vseh globokoumnih reform, zakaj bi jih računalništvo!?

In vendar verjamem, da bodo na pogoriščih ponovno zrastle nove ideje in nove tehnologije. Govorimo o digitalizaciji države, o umetni inteligenci, o.... veliko govorimo, preveč!

ZAHVALA

Zahvaljujem se sodelavcem Iskre Delte in še prav posebno Slavku Rožiču, ki so mi pomagali zbrati materiale in dovolili objavo nekoliko očiščene verzije. Za tiste, ki jih podrobneje zanima vsebina, sem dodal še vire! Vendar pozor: letnice dogodkov sem zapisal po spominu, ki pa je vsak dan bolj podoben ementalerju – lukenj, kolikor hočeš!

In še opomba: pri imenih sodelavcev sem namenoma izpustil akademske nazive – končno smo se vsi tikali. Njihovo znanje in rezultati na področju informatike jasno kažejo, da množica »akademikov« ni edino pravo merilo, dopuščam pa tudi drugačna mnenja.

Zahvala velja tudi MUZEJU RAČUNALNIŠTVA, Ljubljana za pravice do uporabe njegovih vsebin. Sočasno prepuščam muzeju v hrambo moje DELTA vire.

Slovenska računalniška dediščina, SloRaDe: https://jurem.github.io/SloRaDe

Navesti moram še blagovne znamke in oznake, registrirane in neregistrirane, ki pripadajo spodnjim firmam

Trademarks of DIGITAL EQUIPMENT CORPORATION:
DEC, PDP11, J11, VAX, RSX-11M, GAMMA, RT-11,
Trademark of Cincom Systems: DB Total®
Trademark of Intel: 80286, 80386
Trademark of Landis & Gyr: SCADA
Trademark of Microsoft Corporation: MS-DOS, DOS
Trademark of Motorola: 68000
Trademarks of Iskra Delta Computers, d.o.o.:
DELTA 800, Delta 8000, DELTA/M, DELTA/V, IDA, IDA BAZA, IDA DBMS, IDA
LEKSIKON, IDA COGEN; IDA AGP, FORMATIX, PARTNER, TRIGLAV,
TRIDENT, DELTANET, PAKAxxxx, 4P

Morda sem katero znamko in lastništvo nehote izpustil: UNIX, XENIX, Pascal, Cobol, Fortran, BASIC, Apple Macintosh**,** Atari ST in Commodore Amiga, VME

https://publishwall.si/, za del prispevka Dušana Kegl Šaleharja

https://home.amis.net/marijank/dok/TEHTEH-07--racunalniki.pdf za informacijo o stečaju Delte

LITERATURA in VIRI

25.5.1978 Ustanovitev TOZD za računalništvo DIGITAL, SOZD ELEKTROTEHNA

1982

1. Rafko Adrinek, (1982): PROGRAMSKI JEZIK FORTRAN, druga knjiga iz knjižne zbirke Iskra Delta, Ljubljana
2. Milan Erbes, (1982): Uvod u računarske mreže, tretja knjiga iz knjižne zbirke Iskra Delta, Ljubljana
3. Dušan Altman, (1982): OSNOVI TEORIJE DISKRETNOG MODELIRANJA I SUMULACIJE, knjižna zbirke Iskra Delta, Ljubljana
4. Katalog programskih proizvodov ,84, (1984): Iskra Delta, Ljubljana, ID: 17 102 044
5. INTERBIRO – INFORMATIKA ZAGREB 1984, (1984): Sistemi delta, Glasilo uporabnikov in proizvajalcev, (1984): ISKRA DELTA, številka 5, leto 3, 1. oktober 1984
6. Katalog programskih proizvodov ,85, (1985): Iskra Delta, Ljubljana, ID: 20 321 044
7. IZOBRAŽEVALNI CENTER DELTA V NOVI GORICI, (1985): Otvoritev centra v oktobru 1985
8. OB OTVORITVI RAZVOJNO – PROIZVODNEGA CENTRA STEGNE, (1985): Od načrta do proizvoda in izdobave (vodič po centru), Ljubljana
9. Janez Žitnik, Igor Kononenko, (maj 1985): TEHNIKA PROGRAMIRANJA, šesta knjiga iz knjižne zbirke Iskra Delta, Ljubljana
10. ISKRA DELTA, COMPUTERS MANUFACTORING AND INFORMATION ENGINEERING (FOR INTERNAL USE ONLY), (september 1985): Ljubljana
11. FORMATIX Marketing Set, (1986): ISKRA Software International, Devision of Iskra Elektronics, Inc. Farmingdale, NY 1986
12. FORMATIX User's Guide, (1986): ISKRA Software International, Devision of Iskra Elektronics, Inc. Farmingdale, NY 1986
13. Okrogla miza: Informacijska tehnologija pri nas – stanje, uporaba, znanje, proizvodnja, (1987): RR INFO TECH, Revija za razvoj, letnik 3, str. 8-12, Ljubljana

14. Bogdan Vožič, (1987): SEMINARSKA NALOGA: Mednarodna primerjava računovodskih rešitev v pogojih inflacije v ameriških podjetjih, EF Boris Kidrič, podiplomski študij, Ljubljana 5.maj 1987
15. Elaborat: OSNOVNE FUNKCIONALNE SPECIFIKACIJE ZA OBLIKOVANJE NABORA PRENOSNIH PROIZVODOV, (FOR INTERNAL USE ONLY), (1987): Iskra Delta, Ljubljana
16. Mija Repovž, (1987): Megla in jugoslovanski računalniški maraton. Intervju z Vanja Bufon. Revija za razvoj, letnik 3, julij – avgust, str. 9-14
17. Vanja Bufon, (1987): Strategija tehnološkega razvoja Jugoslavije in informatika. Zbornik referatov, Letna šola ,87, Iskra Delta Ljubljana
18. Vanja Bufon, Čedo Jakovljevič, (1988): Deset let lastne poti in oblikovanja Iskra Delta Arhitekture. Zbornik referatov, Letna šola 1988, Iskra Delta Ljubljana
19. 10 GODINA »ISKRA DELTE«, (1988): Praksa. Jugoslovanska revija za informatiku i AOP, godina XXIII, broj 5, str. 1-78, Beograd 1988
20. Vanja Bufon in Čedo Jakovljevič: Deset let lastne poti in oblikovanja arhitekture IDA, Sistemi delta, (1988): št. 6, Strokovno informativna revija, (str. 6 – 11), Iskra Delta, Ljubljana
21. Saša Prešern: Paralelni sistemi, Sistemi delta, (1988): št. 6, Strokovno informativna revija, (str. 12 – 16), Iskra Delta, Ljubljana
22. Vanja BUFON in Ivan Šantl, (1988): RAČUNALNIŠTVO IN KOMUNIKACIJE, (8.3.1988, osnutek – delovno gradivo (komentar na projekt teleinformatika) kot odgovor na dokument Republiškega komiteja za raziskovalno dejavnost in tehnologijo, 8.4.1988 pod naslobom Ažuriranje podatkov o stanju na področju domače računalniške proizvodnje, Ljubljana
23. E.M.Pintar in E. Vrenko, (1988): INFORMACIJSKA TEHNOLOGIJA V STRATEGIJI RAZVOJA SR SLOVENIJE, Poročilo, analiza in program uvajanja informacijske tehnologije (Delovno gradivo za obravnavo na RKRDT, Republiški Komite ta Raziskovalno dejavnost in tehnologijo, 23.11.1988, Ljubljana
24. Janko Pučnik, (1988): Tehnološka vojna in licencing kot orožje zmage, (str. 9 – 11), TEHNOLOŠKI BILTEN, Interna strokovna publikacija, 88/4, Iskra Delta, Ljubljana
25. Anton P. Železnkar, (1988): PRINCIPLES OF STRATEGIC THINKING OF ISKRA DELTA COMPUTERS, Iskra Delta Ljubljana
26. Janko Pučnik, (1988): INTELEKTUALNA LASTNINA IN MEDNARODNA TRGOVINA, Iskra Delta Ljubljana, za interno uporabo 19.5.1989,
27. INFORMACIJSKA TEHNOLOGIJA V STRATEGIJI IN POLITIKI RAZVOJA SR SLOVENIJE, (1989): (Gradivo za razpravo na Svetu za znanost pri SZDL), RKRDT 1.2.1989, Ljubljana
28. M.Mandelc-Grom (1989): MEDICINSKI VIDIKI DELA Z RAČUNALNIKOM (teze), za interno uporabo 21.3.1989
29. Palian Milan, (1989): Trident UNIX System V 3.2 Integration, za interno uporabo 27.3.1989
30. S.Prešern, P. Brajak, L.Vogel, A.P.Železnikar, (1989): An Adaptable Parallel Search of Knowledge Base with Bean Search, INFORMATICA, V13, Number 2 APRIL 1989, Iskra Delta Computers, Ljubljana, YU ISSN 0350-5596
31. A.P. ŽELEZNIKAR, (1989): POSSIBILITIES OF PARALLEL INFORMATION PROCESSING IN THE 1990s, , INFORMATICA, LETNIK 13, Number 1, Iskra Delta Computers, Ljubljana, YU ISSN 0350-5596
32. Vanja Bufon, (1989): OSNUTEK POGODBE ZA MEDNARODNO TRŽENJE PROGRAMSKE OPREME ISKRE DELTE, seminar za usposabljanje ZT delavcev v Radencih maja 1989
33. Vanja Bufon, (1989): OSNUTEK POGODBE ZA MEDNARODNO TRŽENJE PROGRAMSKE OPREME ISKRE DELTE II.DEL, seminar za usposabljanje ZT delavcev v Radencih Junija 1989
34. Vanja Bufon, (1989): Set internih dokumentov za pripravo LETN A ŠOLA ’89, Ljubljana: INTEGRALNI POSLOVNI INFORMACIJSKI SISTEMI 7. – 9. junij 1989
    Navodilo predavateljem na letni šoli IDC za pripravo gradiv
    PROGRAM LETNE ŠOLE ’89 (07.-09.junij 1989) (17.03.89)
    PREDLOG PROGRAMA
    Osnutek vabila / prijavnica / hotelska rezervacija
    Priprava KATALOGA PROGRAMSKIH PROIZVODOV ,89
    Zadeva: Predaja naloge LETNA ŠOLA ISKRE DELTA, Ljubljana (5.5.1989)
35. Team sodelavcev Iskre Delte v sodelovanju z zunanjimi sodelavci, (1989): INTEGRALNI POSLOVNI INFORMACIJSKI SISTEMI, LETN A ŠOLA Iskre Delta, ZBORNIK ’89, Ljubljana, 7. – 9. junij 1989
36. Bojan Plešec, (1989): SPECIFIKE DELA S SLIKOVNIMI ZASLONI, Iskra Delta Ljubljana, služba varstva pri delu
37. J. Gričar, (1989): UPORABA INFORMACIJSKE TEHNOLOGIJE NA SESTANKIH), UNI MB, Višja šola za organizacijo dela Kranj, Kranj
38. Angebot fuer weitere Gespraeche ueber nachstehend angefuerte Punkte: VMEbus Produktion, VMEbus Technologie, VMEbus Boards, VMEbus Systeme, (1990): Iskra Delta Comuters Ges.m.b.H, Klagenfurt in Feber 1990
39. Sams.net, (1990): Discover the WORLD WIDE WEB with your Sportster, Second Edition, Sams.net Publishing, Printed in the United States of America
40. Robert Mihalič in sodelavci, (1998): Hitri vodnik skozi osebni računalnik, Windows 98 in internet, Založna Pasadena, Ljubljana
41. David Pahor in sodelavci (2002): Leksikon računalništva in informatike, Založna Pasadena, Ljubljana
42. Janez Škrubej, (2013): The Cold War for Information Technology, The Inside Story. Strategic Book Publishing and Rights Co., Houston 2013, ISBN:978-1-61897-835-6
43. Mateja Bertoncelj, (2017): Kaj manager leta Janez Škrabec svetuje kolegom in Miru Cerarju, časnik Finance, št.188, Ljubljana
44. Vanja Milan Bufon, (2018): ISKRA DELTA – od kotlovnice do industrijskega podjetja, referat na Livadi ob 40. obletnici ustanovitve Delte 25.05.1978, Uporabna INFORMATIKA, številka 04, letnik XXVI, Ljubljana
45. Anthony King, (2026): Od živih stavb do večopravilnih domačih robotov, časnik DELO, četrtek, 8. januarja 2026, stran 12, znanost@delo.si, Ljubljana
46. Jure Stojan, (2026): Pot navzdol, inštitut za strateške rešitve, časnik DELO, ponedeljek, 12. januarja 2026, stran 7, mnenja@delo.si, Ljubljana

Začetek stečaja Iskra Delta d.o.o., SOZD ISKRA
1.3.2013 Stečaj Iskra Delte se je, po več kot 23 letih, zaključil 1.3.2013 – s poročilom stečajnega upravitelja odvetnika Srečka Jadeka.

Iz Islovarja

Islovar je spletni terminološki slovar informatike, ki ga najdete na naslovu http://www.islovar.org. Izraze lahko komentirate ali dodajate nove, ki jih v Islovarju še ni.

biometrična kontróla dostópa -e -e -- ž *(angl. biometric access control)*
kontrola dostopa na podlagi prepoznavanja fizioloških ali vedenjskih lastnosti uporabnika (1); prim. biometrična ključavnica

igrálna tehnologíja -e -e ž *(angl. gaming technology)*
tehnologija (2), ki omogoča razvoj in igranje videoiger

límanica -e ž *(angl. honeypot)*
navidezni sistem, ki se uporablja kot past za odkrivanje in preprečevanje nepooblaščenega dostopa

lokácijsko igránje -ega -a s *(angl. location-based gaming)*
prenos igranja računalniške igre v resnično okolje, ki izkorišča v resničnem svetu obstoječe elemente, npr. javne telefone, za prenos podatkov o napredku igralca v igri; prim. poigritev

métaoznáka # -e ž *(angl. hashtag)*
metaoznaka besedila, objave, označena z znakom #; sin. ključnik

nabíranje naslôvov -a s *(angl. e-mail harvesting)*
množično pridobivanje e-poštnih naslovov, objavljenih na spletnih straneh, navadno za pošiljanje neželene elektronske pošte

računálništvo na zahtévo -a -- -- s *(angl. on-demand computing)*
uporaba računalniških sredstev na daljavo; prim. igranje v oblaku

razširítev obláka -tve -- ž *(angl. cloud bursting)*
prenos prekomerne delovne obremenitve zasebnega oblaka na javni oblak; prim. razpad oblaka

spremínjanje zavíhka -a -- s *(angl. tabnabbing)*
zvabljanje z nepooblaščenim spreminjanjem neaktivnega zavihka v oknu spletnega brskalnika

zaslónska slíka -e -e ž *(angl. screen image)*trenutno vidna vsebina zaslona; prim. celozaslonska slika

In memoriam

Prof. dr. **Janez Grad**

(1933 – 2026)

Prof. dr. Janez Grad ni bil samo izjemen znanstvenik, matematik, informatik, profesor in eden od najvidnejših pionirjev računalništva in informatike pri nas. Kot doktor matematičnih znanosti se je računalništvom začel ukvarjati leta 1962, ko se je zaposlil na Inštitutu Jožef Stefan, kjer se je ukvarjal pretežno s preoblikovanjem fizikalnih problemov v matematično obliko. Bil jel tudi član ožje ekipe, ki je vodila izgradnjo tedaj največjega računalniškega centra, ne samo na področju tedanje Jugoslavije, pač pa v Srednji Evropi. Ta veliki računalniški center je potem dolgo deloval v okviru IJS kot Republiški računski center. V nadaljevanju svoje poklicne kariere je deloval kot operativni vodja Republiškega računskega centra in vodja Univerzitetnega računskega centra UL, kjer je pridobil bogate strokovne in vodstvene kompetence.

Njegovo delovanje na področju informatike je postalo intenzivno z zaposlitvijo na **Ekonomski fakulteti UL**. Svojo pedagoško in raziskovalno kariero je pričel kot docent. Glede na to, da ga je zanimala predvsem uporabna matematika se je že v začetku usmeril v uporabo informatike na področju optimalnega planiranja proizvodnje. Kot posledico uspešnih projektov v praksi in odmevnih objav v uglednih znanstvenih revijah, je na EF uveljavil raziskovalno področje poslovne informatike v katero je vključil in usmeril mlajše sodelavce. Prof. Grad je s svojo vizijo in prizadevanji zaslužen za vzpostavitev **Katedre za poslovno informatiko** na EF. Katedra se je kadrovsko in raziskovalno intenzivno razvijala na področjih prenove in informatizacije poslovanja (poslovnih procesov, poslovne logistike ter digitalne transformacije poslovanja). Tudi zaradi svoje mednarodne uspešnosti in odmevnosti je postala, in ostaja, eno ključnih področij delovanja EF. Za njegovo uspešno delo na področju vzpostavitve področja poslovne informatike in njenega razvoja, mu je ob upokojitvi, na predlog EF, Univerza v Ljubljani podelila naziv **Zaslužni profesor UL**.

Po letu 1999 in vse do upokojitve v letu 2007 se je vključil v prizadevanja **Fakultete za upravo UL** v razvijanje področja upravne informatike. Področje upravne informatike in e-uprave je tedaj doživelo pravi razcvet, zato so se zelo intenzivirale tudi raziskave tega področja. Posebej dragocene so bile pri tem njegove izkušnje iz področja oblikovanja vsebin poslovne informatike na Ekonomski fakulteti. FU je v letih 2003/4 začela z bolonjsko reformo programov kjer je bil prof. Grad dejaven pri oblikovanju dodiplomskih in podiplomskih programov.

Prof. dr. Janez Grad je zapustil vidno sled tudi pri delovanju **Slovenskega društva Informatika**. Po letu 1991 je bil stalno prisoten v številnih aktivnostih društva, vodenju sekcij, pripravi recenzij, delovanju v uredniških odborih revij Informatica in Uporabna informatika. Še posebej pa je treba izpostaviti, da je

bil eden od ustanovnih članov ene od najbolj plodovitih sekcij društva, to je **Sekcije za operacijske raziskave** (SOR). Sekcija je s svojim dolgoletnimi raziskavami in objavami postala ena od najbolj mednarodno odmevnih.

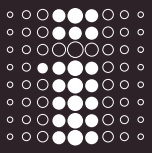
Zelo aktiven je bil tudi v različnih organih društva SDI, med drugim v Izvršnem odboru društva, upravnem odboru **Sekcije za operacijske raziskave**, uredniškem odboru mednarodne revije **Informatica**, uredniškem odboru revije **Uporabna informatika**, programskem odboru simpozijev Dnevi slovenske informatike '94' ter v številnih programskih odborih konferenc SOR. Bil je član programskih odborov več simpozijev v organizaciji Društva ekonomistov Ljubljana.

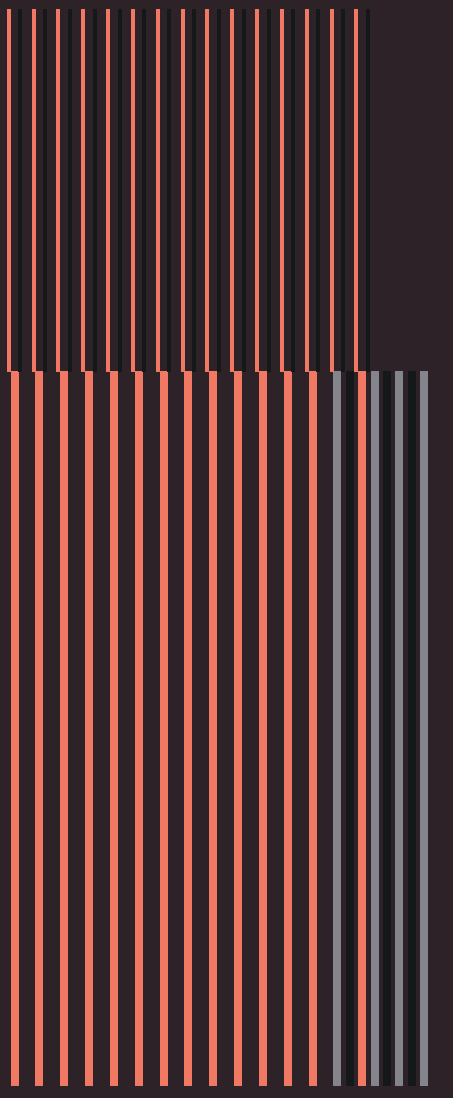
Prof dr Janez Grad je za svoje nacionalno in mednarodno odmevne raziskovalne dosežke ter predano organizacijsko delo na znanstvenem polju prejel vrsto uglednih nagrad. Leta 1995 je prejel priznanje Slovenskega društva INFORMATIKA za življenjsko delo na področju informatike. Leta 2014 je prejel nagrado Donalda Michieja in Alana Turinga za življenjsko delo na področju matematike in informatike. Leta 2023 pa je prejel priznanje in bil sprejet med »**legende slovenske informatike**«. Vsekakor eden od najbolj zaslužnih na tem seznamu. Je tudi imetnik **zlate plakete Univerze v Ljubljani** ter njen **zaslužni profesor**.

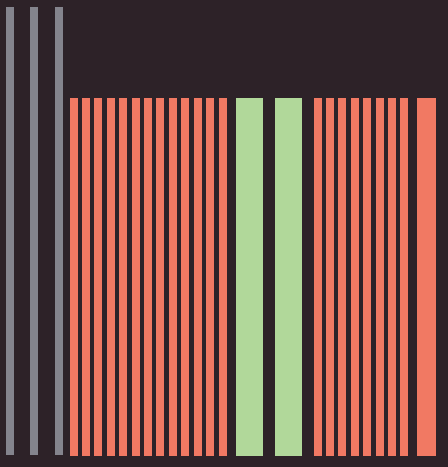
Občina Dol pri Ljubljani mu je leta 2022 podelila naziv **častni občan** občine Dol pri Ljubljani.

Posebno poglavje v njegovem življenju ter tudi v njegovem strokovnem in znanstvenem opusu zasluži njegovo opazovanje, proučevanje in raziskovanje čmrljev v Sloveniji. Čmrlji so bili veliko več kot hobi. Bili so njegova ljubezen in strast. Doma je predelal star čebelnjak v »čmrljak« z majhnimi panji prilagojenimi potrebam čmrljev. Čmrlje ni samo občudoval in skrbno opazoval, pač pa tudi znanstveno obravnaval in o njih objavil celo vrsto odmevnih znanstvenih prispevkov. Posebej odmevna je bila prva celovita slovenska knjiga Čmrlji v Sloveniji, ki jo je v soavtorstvu izdal leta 2023. Poleg številnih izjemnih lastnosti, ki jih je imel profesor Grad in je zaradi njih izstopal, je bila morda najbolj dragocena in žlahtna prav ta, da ni bil zmožen razumeti in reševati samo vrhunske abstraktne probleme iz sveta matematike ter računalništva. Z enako lahkoto, pozornostjo in ljubeznijo se je spuščal tudi v nižine in lepote materialnega mikrokozmosa, sveta travniških cvetic, čebel in čmrljev.

Takega ga bomo ohranili v spominu.







Znanstveni prispevki

Pogled v zgodovino

Informacije

In memoriam

ISSN 1318-1882