

■ Vpliv uporabe visok ozmogljivega računalništva v oblaku na inoviranje poslovnih modelov

Blaž Gašperlin, Mirjana Kljajić Borštnar

Univerza v Mariboru, Fakulteta za organizacijske vede, Kidričeva cesta 55a, 4000 Kranj

blaz.gasperlin1@um.si, mirjana.kljajic@um.si

Izvleček

Visoko zmogljivo računalništvo rešuje kompleksne znanstvene in inženirske probleme, vse bolj tudi poslovne in družbene. V prispevku obravnavamo razvoj storitev visoko zmogljivega računalništva v oblaku, v luči inoviranja poslovnih modelov, s posebnim poudarkom na malih in srednje velikih podjetjih. V ta namen smo analizirali 20 primerov poskusov, ki so bili izvedeni v okviru evropskih projektov za spodbujanje uporabe visoko zmogljivega računalništva. Izsledki analize kažejo, da se uporaba širi iz tradicionalnih proizvodnih podjetij na storitveno industrijo ter vpliva na hitrejše prilagajanje zahtevam potrošnikov, oblikovanje novih izdelkov in storitev in oblike sodelovanja celotnega poslovnega ekosistema. Poleg tega prispeva k razvoju in uporabi metod umetne inteligence, procesiranju vele podatkov in dosegljivosti kompleksnih računalniških storitev za vse deležnike na trgu.

Ključne besede: visoko zmogljivo računalništvo, digitalna preobrazba, mala in srednje velika podjetja, poslovni modeli

Abstract

High Performance Computing solves complex scientific and engineering problems, and increasingly also business and social problems. The paper discusses the evolution of High Performance Cloud Computing services in the light of business model innovation, with emphasis on small and medium-sized enterprises. We analysed 20 experiments carried out in the context of European projects, which promote the use of High Performance Computing. The results showed that the use is expanding from traditional manufacturing companies to a service-oriented industry and that it has an impact on the faster adaptation to consumer requirements, the creation of new products and services and the cooperation forms of the entire business ecosystem. In addition, it contributes to the development and use of artificial intelligence methods, big data processing and the availability of complex computer services for all the stakeholders in the market.

Keywords: High performance computing, digital transformation, small and medium-sized enterprises, business models

1 UVOD

V zadnjih letih smo priča hitremu razvoju in rasti uporabe digitalnih tehnologij in storitev na vseh področjih življenja in poslovanja. Tehnologije kot so na primer internet stvari, vele podatki (ang. Big Data), umetna inteligenca, robotika in visoko zmogljivo računalništvo, omogočajo nove načine dela, reševanja problemov, poslovanja in ustvarjanje nove vrednosti v organizacijah in med njimi (European Commission, 2018). Spreminjanje procesov in produktov iz

analognega v digitalnega imenujemo digitalizacija. Kompleksnim spremembam, ki so rezultat procesov digitalizacije in prilagajanja organizacij hitrim spremembam v okolju ob uporabi digitalnih tehnologij pa digitalna preobrazba. Rezultat digitalne preobrazbe zaznamo kot spremembo v uporabniški izkušnji, procesih in poslovnih modelih (Morakanyane, Grace in O'Reilly, 2017; Vial, 2019; Westerman, Bonnet in McAfee, 2014). Kljub temu, da digitalna tehnologija ni edini dejavnik digitalne preobrazbe (Kane,

Palmer, Phillips, Kiron in Buckley, 2015) se bomo v tem prispevku osredotočili na eno izmed tehnologij, ki je v preteklih desetih letih pomembno vplivala na uporabo ostalih tehnologij in s tem prispevala k razmahu digitalne preobrazbe (Borangiu, Trentesaux, Thomas, Leitão in Barata, 2019; European Commission, 2020b).

Visoko zmogljivo računalništvo zagotavlja potrebno infrastrukturo za izvedbo znanstvenih in industrijskih raziskav (Clarke in Larmour, 2016) in predstavlja nepogrešljiv vir v globalni podatkovni ekonomiji (European Commission, 2019). Evropska komisija prepoznava visoko zmogljivo računalništvo kot ključno tehnologijo pri naslavljanju družbenih izzivov, pri povečanju konkurenčne prednosti industrije, vključno z malimi in srednje velikimi podjetji (MSP). Omogoča kompleksno modeliranje in simulacije ter odkrivanje znanja iz ogromnih količin podatkov na različnih področjih (na primer: kibernetična varnost, napovedovanje vremena, molekularna kemija, finančno trgovanje) (European Commission, 2019). Zaradi visokih stroškov uporabe je bil sprva dostopen raziskovalnim inštitutom in velikim podjetjem (Kljajić Borštnar in Ilijaš, 2019). Kasnejši razvoj je s prehodom na oblak povzročil pocenitev in omogočil uporabo tudi majhnim in srednjim podjetjem (MSP), ki si prej tega niso mogla privoščiti (Gašperlin, 2019). V literaturi se pogosto pojavlja in uporablja izraz »superračunalništvo«, ki predstavlja sinonim za visoko zmogljivo računalništvo (Dongarra idr., 2008), v praksi pa se najpogosteje uporablja kratica HPC, zato bomo tudi sami uporabljali to kratico.

Večja dostopnost tehnologije visoko zmogljivega računalništva je omogočila pospešeno uporabo nekaterih drugih digitalnih tehnologij (masovnih podatkov, umetne inteligence, idr.), posledično se je spremenila tudi namembnost uporabe HPC. Če je bil pred desetletjem HPC namenjen predvsem kompleksnim znanstvenim simulacijam (podnebne spremembe, astrofizika, genetika), danes vse večji delež uporabe HPC predstavljajo podatki in z njim povezane metode umetne inteligence. Spreminjanje osnovne ponudbe vrednosti, segmentov strank, aktivnosti in virov za doseganje le-teh ter načinov za dostavo vrednosti, kažejo na spremembo v poslovnih modelih. Vendar pa se spremembe v poslovnih modelih ne kažejo zgolj pri ponudnikih HPC rešitev, temveč s širitvijo na sektor MSP tudi v celotnem poslovnem ekosistemu. To pomeni, da se spremembe odražajo

v mreži vseh deležnikov, ponudnikov HPC storitev, programskih rešitev, podjetij uporabnikov HPC storitev, regulatornih institucij in končnih potrošnikov (Souza, Wortmann, Huitema in Velthuijsen, 2015). Na področju spodbujanja uporabe storitev HPC v malih in srednjih podjetjih je evropska komisija aktivna skozi različne iniciative, kar ni presenetljivo, saj evropsko gospodarstvo predstavlja kar 99,8 % mikro, malih in srednje velikih podjetij (Muller idr., 2019). Namen teh iniciativ je spodbuditi uporabo HPC in drugih digitalnih tehnologij v MSP, po drugi strani pa preveriti poslovne modele, ki jih uporaba HPC prinaša (i4MS, 2020; Kalbe, 2019).

Dosedanje raziskave na področju HPC so se osredotočile predvsem na razvoj arhitekture, programske opreme in aplikacij (Artigues idr., 2017; Pérez-Sánchez, Fassili, Cecilia, Ali in Cannataro, 2015; Wang, Kulkarni, Lang, Arnold in Raicu, 2016; Xie, Fang, Hu in Wu, 2010) ter uporabo v smeri tehnoloških izboljšav izdelkov in storitev, ki jih tovrstna tehnologija lahko prinese (Chiariello, Formisan in Martone, 2015; Keswani, 2008; Lowther, Ghorbanian, Mohammadi in Ibrahim, 2020). Priložnosti uporabe storitev HPC v oblaku, v MSP, so bile raziskovane v okviru različnih evropskih iniciativ (i4MS, 2020; Kalbe, 2019), vendar pa se je kmalu izkazalo, da je potencial za uporabo tovrstnih storitev izražen v manjšem naboru proizvodnih podjetij. V ta namen so (Kljajić Borštnar, Ilijaš in Pucihar, 2015) razvili večkriterijski model za oceno potenciala podjetij za uporabo storitev HPC v oblaku, ki je bil uporabljen v okviru projekta Sesame.net. V ocenjevanju je sodelovalo 60 malih in srednjih proizvodnih podjetij iz celotne EU, kar nakazuje na majhen interes podjetij za uporabo HPC. Analiza je pokazala, da večina sodelujočih podjetij izkazuje šibak potencial za uporabo HPC storitev, hkrati pa se kaže pozitivna povezava med razvitostjo infrastrukture in pripravljenostjo podjetij (Gašperlin, Ilijaš in Kljajić Borštnar, 2019; Kljajić Borštnar in Ilijaš, 2019). Analiza je odprla dve ključni usmeritvi nadaljnjih raziskav. Prvo se nanaša na potrebo po širši empirični študiji ocene potenciala uporabe storitev v posameznih segmentih MSP. Drugo pa na potrebo po razumevanju inoviranja poslovnih modelov v širšem kontekstu ponudnikov in uporabnikov HPC ter ostalih organizacij, ki tvorijo kompleksno strukturo poslovnega ekosistema (dobavitelji, velika in mala podjetja, banke, raziskovalne institucije, javna uprava, konkurenti) (Moore, 1993).

Področje inoviranja poslovnih modelov je v zadnjih letih zelo aktualno, kar kažejo številne raziskave. Bouwman, Nikou in de Reuver (2019) so se osredotočili na vpliv deleža dodelitve virov na inoviranje poslovnih modelov. V ta namen so izvedli empirično študijo 321 evropskih MSP podjetij, ki za inoviranje poslovnih modelov uporabljajo digitalne tehnologije kot so vele podatki in družbena omrežja. Cilj študije je bil ugotoviti ali so podjetja pri tem uspešnejša, če zato namenijo več virov (časovnih in finančnih). Rezultati so pokazali, da večja dodelitev virov pripomore k večji zmogljivosti in povečanju časa za inoviranje. Bocken in Geradts (2020) sta raziskovala ovire in dejavnike, ki vplivajo na inoviranje trajnostnih poslovnih modelov. Pri tem sta zajela velike korporacije kot so Philips, Johnson & Johnson, idr. Rezultati so pokazali, da so ključna: sodelovanje, jasna strategija, razvoj miselnosti zaposlenih ter sistematske institucionalne spodbude. Veliko nedavnih raziskav zajema predvsem študije primerov (Franceschelli, Santoro in Canelo, 2018; Kukkamalla, Bikfalvi in Arbussa, 2020; Liu in Bell, 2019), kjer je podrobneje predstavljeno, kako so podjetja pristopila k inoviranju poslovnih modelov. Študije, ki bi raziskala spreminjanje poslovnih modelov v povezavi z uporabo HPC nismo zasledili.

V prispevku analiziramo, kako so razvoj visoko zmogljivega računalništva (HPC), možnost oddaljenega dostopa do virov in evropske spodbude vplivale na spreminjanje poslovnih modelov posameznega podjetja, pa tudi širšega poslovnega ekosistema. Najprej predstavimo pregled razvoja visoko zmogljivega računalništva in inoviranje poslovnih modelov.

Sledita metodologija raziskave in rezultati analize izbranih primerov poskusov uporabe visoko zmogljivega računalništva v malih in srednjih podjetjih. Na koncu podamo sklepne ugotovitve in priporočila za nadaljnje raziskave na tem področju.

2 VISOKO ZMOGLJIVO RAČUNALNIŠTVO

Pri pregledu literature smo naleteli na različne opredelitve visoko zmogljivega računalništva. Tomašević in drugi (2020, str. 1) opredeljujejo HPC kot »računalniško arhitekturo visoke zmogljivosti, z možnostjo obdelave velikih količin podatkov, v zelo kratkem času«. Ezell in Atkinson (2016, str. 1) to opredeljujeta kot »sistem, sposoben hitrega reševanja kompleksnih računskih problemov na različnih znanstvenih in poslovnih področjih«. Kljajić Borštnar, Ilijaš in Pucihar (2015, str. 23) pa HPC opredelijo kot »izjemno visoke računalniške zmogljivosti za reševanje kompleksnih računskih problemov, ki jih ni mogoče rešiti pravočasno, ob uporabi običajnih namiznih računalnikov«.

Čeprav se visoko zmogljivo računalništvo ob razvoju digitalnih tehnologij, kot so vele podatki (ang. Big Data), umetna inteligenca in strojno učenje, kaže kot pomemben člen (Imran idr., 2019) in podpora tovrstnim tehnologijam, njegovi začetki segajo že v leto 1943 (Fernández-González, Rosillo, Miguel-Dávila in Matellán, 2015). V Tabeli 1 prikazujemo kronološki razvoj s ključnimi dogodki, ki so zaznamovali razvoj visoko zmogljivega računalništva. Najhitreje se razvijajo Amerika (ZDA), Japonska in Kitajska, medtem, ko Evropa zaostaja. Kot razlog (Gagliardi, Moreto, Olivieri in Valero, 2019) navajajo umanjkanje lokalnih evropskih dobaviteljev opreme. Evropski trg se

Tabela 1: Razvoj HPC računalništva – povzeto po (Fernández-González idr., 2015; Imran idr., 2019; Sterling, Brodowicz in Anderson, 2018; Top500, 2020)

Leto uvedbe	Ime HPC sistema	Namen
1943	Collosus (Prvi razviti HPC)	Dešifriranje komunikacij (2. sv. vojna)
1964	CDC 6600	Prva uporaba v komercialne namene
1976	Cray-1	Uvedba vektorskih računalniških sistemov
1985	Cray-2	Uvedba porazdeljenega pomnilnika
1994	Beowulf računalniška gruča	Osnova današnjih HPC sistemov
2008	Roadrunner (ZDA)	Prvi HPC računalnik »peta« zmogljivosti (1026 PF/s)
2009	Tianhe-1 (Kitajska)	izboljšava »peta« zmogljivosti (1206 PF/s)
2020	HPC5 (Italija)	izboljšava »peta« zmogljivosti (35,5 PF/s)
2020	Summit (ZDA)	izboljšava »peta« zmogljivosti (148,6 PF/s)
2020	Fugaku (Japonska)	izboljšava »peta« zmogljivosti (415,5 PF/s)

od svetovnih velesil na področju HPC razlikuje tudi po strukturi podjetij. Kar 99,8 % vseh podjetij v EU pripada sektorju mikro, malih in srednjih podjetij. Le-ta prispevajo preko 66 % delovnih mest in so v letu 2018/2019 v povprečju ustvarila 56,4 % dodane vrednosti (Muller idr., 2019). Pri tem med članicami obstajajo razlike v strukturi velikosti podjetij, ustvarjanju dodane vrednosti sektorja MSP ter tehnološki razvitosti. Poseben primer so zagonska podjetja (ang. start-up companies), kjer pa je bilo v letu 2019 med najboljših 30 v svetovnem merilu uvrščenih 8 evropskih zagonskih podjetij.

Pomembnejši mejnik na tem področju se je zgodil leta 2008, ko je bil razvit računalnik, ki je dosegel hitrost na ravni »peta« zmožljivosti (ali 10^{15} operacij/sekundo) (Fernández-González idr., 2015). Hitrosti HPC sistemov so izražene in merjene s številom operacij s plavajočo vejico na sekundo (ang. FLOPS – Floating point per second) (Sadiku, Eze in Musa, 2018). Seznam najnovejših HPC sistemov in njihovih hitrosti podaja lista top500 (Top500, 2020). Razvoj se na ravni »peta« zmožljivosti ni ustavil (Tabela 1) in je trenutno usmerjen v doseganje zmožljivosti na »eksa« ravni (ali 10^{18} operacij/sekundo) (Reaño, Prades in Silla, 2019). Po ocenah evropske iniciative »EuroHPC Joint Undertaking« je pričakovati, da bo Evropa takšno raven dosegla okrog leta 2023 (European Commission, 2020a). Slovenija je k iniciativi pristopila leta 2018 in se zavezala, da do leta 2021 vzpostavi HPC računalnik, z zmožljivostjo 6,8 petaflopov/sekundo (Institut informacijskih znanosti (IZUM), 2020)

2.1 Evropske iniciative in projekti

Najvidnejša evropska iniciativa je »EuroHPC Joint Undertaking« (EuroHPC, 2020), ki spodbuja izmenjavo izkušenj in sodelovanje raziskovalnih centrov, malih in srednjih podjetij in zasebnih industrij (Beciani in Petta, 2019), ki skupaj tvorijo raznolik HPC ekosistem. Iniciativa je bila ustanovljena leta 2018, glavne aktivnosti pa so razvoj visoko zmogljive infrastrukture ter podpora javnim in privatnim uporabnikom, kamor sodijo tudi mala in srednja podjetja. Glavni cilj je krepitev znanj o HPC tehnologijah, kjer pomemben člen predstavljajo tudi HPC kompetenčni centri, ki na lokalnem nivoju različnim industrijskim sektorjem nudijo dostop do HPC storitev (EuroHPC, 2020). Iniciativa je usmerjena k razvoju HPC sistemov na »eksa« ravni. V ta namen bodo do

leta 2021 postavljeni trije HPC sistemi na prehodu na »eksa« ravni (ang. pre-exascale) in sicer v Španiji, na Finskem in Italiji. V tej smeri je bila ustanovljena tudi iniciativa EPI (ang. European Processor Initiative), katere namen je razvoj procesorjev za visoko zmogljivo infrastrukturo, kot je HPC (Gagliardi idr., 2019).

Razvoj HPC sistemov se seli tudi na področje podatkov, kjer se je v ta namen razvila Evropska iniciativa odprtega oblaka, EOSC (ang. European Open Science Cloud), katere namen je ponuditi okolje za shranjevanje podatkov, njihovo izmenjavo in ponovno uporabo (European Commission, 2019). Slednje bo podprla Evropska podatkovna infrastruktura (ang. European Data Infrastructure), ki bo malim in srednjim podjetjem (MSP) zagotovila HPC zmožljivosti za dostop in obdelavo teh podatkov preko oblaka, s čimer se odpravi potreba po fizični hrambi podatkov (European Commission, 2016).

Iniciative prihajajo tudi iz raziskovalno-izobraževalne sfere. Ena od teh je združenje ETP4HPC, (ang. European Technology Platform for HPC), ki pomaga pri oblikovanju prednostnih nalog raziskav in programskih vsebin na področju uporabe HPC (ETP4HPC, b. d.). Pomembna iniciativa na tem področju je evropsko združenje PRACE (Partnerstvo za napredno računalništvo v Evropi) (PRACE, 2020), ki skrbi za spodbujanje razvoja visoko zmogljivega računalništva, z združevanjem vodilnih nacionalnih centrov za superračunalništvo v Evropi (Fakulteta za strojništvo UL, b. d.). Predstavniki 26. držav, med katerimi je tudi Slovenija, skupaj zagotavljajo HPC infrastrukturo, za kompleksne znanstvene in inženirske aplikacije. V okviru združenja je bil razvit tudi program SHAPE, ki pomaga malim in srednjim podjetjem pri uvedbi HPC v podjetje (PRACE, b. d.).

V Evropi imajo države v večini izdelano jasno strategijo razvoja visoko zmogljivega računalništva in redno vlagajo v posodobitev tovrstne tehnologije. Prednjačijo predvsem države zahodne Evrope, ki nudijo zmožljivosti do 500 TF/s (Univerza v Mariboru, 2019a). S trenutno najhitrejšim HPC računalnikom v Evropi razpolaga Italija (Tabela 1). Poglavitni delež uporabe HPC v Evropi, še vedno predstavljajo univerze in raziskovalni centri (90 %), preostalih 10 % pa uporabljajo podjetja, kamor sodi tudi segment malih in srednje velikih podjetij (Gigler, Casorati in Verbeek, 2018). Uporaba se počasi širi tudi na področja, ki so tradicionalno manj tehnološka, kot sta na primer

kmetijstvo in turizem (Misra, Kurkure, Das, Das in Gupta, 2011; Starc Peceny, Urbančič, Mokorel, Kuralt in Ilijaš, 2019).

Tudi Slovenija nenehno vlaga v razvoj HPC sistemov. Uporaba HPC v Sloveniji še vedno prevladuje v akademskem okolju, kjer se HPC uporablja predvsem za izvedbo simulacij in modeliranje (Gašperlin, 2019). Edino podjetje, ki ponuja HPC storitve tudi malim in srednjim podjetjem preko oblaka pa je, v vlogi evropskega kompetenčnega centra, podjetje Arctur (ARCTUR, b. d.). V letu 2018 je bil na Univerzi v Mariboru vzpostavljen evropski projekt HPC RIVR (Univerza v Mariboru, 2019b), z namenom zagona HPC centra za izvajanje razvojnih in raziskovalnih aktivnosti in ciljem doseči zmogljivost 1,5 PF/s. S tem se bo Slovenija približala Poljski in Češki, kjer je taka infrastruktura že vzpostavljena. Spodbudo za koriščenje HPC virov za mala in srednja podjetja, omogoča tudi Slovensko nacionalno superračunalniško omrežje (SLING) – konzorcij za razvoj omrežja grid/HPC in upravljanje razpršenih računskih infrastruktur v Sloveniji (SLING, b. d.).

2.2 Okvirji za oblikovanje in analiziranje poslovnih modelov

Visoko zmogljivo računalništvo se je ob razvoju digitalnih tehnologij (internet stvari, vele podatki (ang. Big Data), umetna inteligenca, idr.), razširil tudi na področje poslovnih modelov in na inoviranje le teh. Poslovni model opisuje način, kako podjetje posluje ter ustvarja vrednost za potrošnika in podjetje (Bouwman, Faber, Haaker, Kijl in de Reuver, 2008; Osterwalder in Pigneur, 2010; Teece, 2010). Za opis poslovnega modela uporabljamo različne ontologije, s katerimi predstavimo splošne komponente poslovnega modela (Bouwman idr., 2008; Osterwalder in Pigneur, 2010). V tem prispevku sledimo najbolj razširjeni definiciji Osterwalderja in Pigneurja (2010, str. 14), ki pravi, da »poslovni model opisuje logiko, kako organizacija ustvarja, dostavlja in zajema vrednost«. Opis poslovnega modela se sicer nanaša na trenutno stanje, vendar le-ta ni statičen, saj se mora nenehno prilagajati trgu in se razvijati (Amit in Zott, 2012; Chesbrough, 2007; Teece, 2010; Zott, Amit in Massa, 2011) executives must first understand what it is, and then examine what paths exist for them to improve on it. This article aims to examine this issue. Design/methodology/approach – The article provides a practical definition of business models and offers a Busi-

ness Model Framework (BMF. Spremembe v logiki poslovanja, ki so nove za podjetje, vendar ne nujno novost na trgu in se odražajo kot opazne spremembe v poslovnem modelu pa imenujemo inoviranje poslovnih modelov (Pucihar, Kljajić Borštnar, Heikkilä, Bouwman in de Reuver, 2015). Inoviranje poslovnega modela lahko opazujemo z vidika vzrokov (kaj vpliva na inoviranje poslovnega modela – pritisk trga, tehnologija, zmanjšanje stroškov), z vidika sprememb v elementih poslovnega modela (kakšen je vpliv na posamezne elemente poslovnega modela) in z vidika tipa spremembe (postopno ali radikalno inoviranje). Inoviranje poslovnega modela je opredeljeno kot proces načrtnega preoblikovanja ključnih elementov podjetja in logike poslovanja, z namenom izboljšanja notranjih procesov podjetja in ustvarjanja vrednosti (operativni nivo) ter tržnih priložnosti in poslovne rasti (strateški nivo) (Morris, Schindehutte in Allen, 2005; Pucihar, Lenart, Kljajić Borštnar, Vidmar in Marolt, 2019). Najbolj znani okvirji na tem področju so model STOF (Solaimani, Heikkilä in Bouwman, 2018) the concept of the business model (BM, iz katerega izhaja model C-SOFT (Heikkilä, Heikkilä in Tinnilä, 2008), ki naslavlja pet elementov (Stranka, Storitev, Organizacija, Finance in Tehnologija). Večkrat omenjen je tudi VISOR model (Guo, Nikou in Bouwman, 2020), ki se osredotoča na interakcijo med človekom in računalnikom. Poleg tega, obstajajo tudi različni pristopi k modeliranju poslovnih ekosistemov. Med najbolj znanimi sta model sistemske dinamike in agentni model, iz katerega izhaja tudi več-agentni model (den Hartigh, Tol, Wei, Visscher in Zhao, 2005; Ma, 2019), s katerimi prikazemo stanje in relacije, ki obstajajo med deležniki ekosistema. Vsak agent predstavlja posamezno entiteto (deležnika) v poslovnem ekosistemu. V tej smeri so se razvili tudi različni okvirji kot sta BEAM (ang. Business Ecosystem Analysis and Modeling framework) (Tian, Ray, Lee in Cao, 2008) in TEAM (ang. The Ecosystem Architecture Management framework) (Wieringa, Engelsman, Gordijn in Ionita, 2019).

V raziskavi smo za analizo sprememb elementov poslovnega modela uporabili kanvas poslovnega modela, ker je najširše sprejet model. Osterwalder in Pigneur (2010) sta predlagala, da se model predstavi v obliki platna – kanvasa, na katerem je 9 elementov, s katerimi opišemo poslovni model podjetja (Slika 1).

Pomen posameznih elementov je naslednji (Lee in Jeong, 2020; Osterwalder in Pigneur, 2010):



Slika 1: Kanvas poslovnega modela – povzeto po (Osterwalder in Pigneur, 2010)

Ključni partnerji predstavljajo mrežo partnerjev (dobavitelji, ponudniki, druga podjetja), s katerimi podjetje nadgradi omejitve lastnih virov, z viri partnerjev in tako optimizira svoj poslovni model. Ključne aktivnosti opisujejo aktivnosti, ki so potrebne za ustvarjanje dodane vrednosti podjetja, doseganje novih trgov, ohranjanje odnosov s strankami in ustvarjanje prihodkov. Za delovanje teh aktivnosti so potrebni ključni viri. Viri so lahko fizični, finančni ali človeški, v lasti podjetja ali pa jih zagotovijo ključni partnerji. Element ponudba vrednosti naslavlja probleme in potrebe strank, z ustvarjanjem vrednosti, ki je lahko kvalitativna (na primer vrednost cene, hitrost storitve) ali kvantitativna (na primer izboljšanje zasnove izdelka in uporabniške izkušnje). Vse skupaj se odraža na odnosu s strankami, ki zajema tri različne tipe (pridobivanje strank, zadržanje strank in povečanje prodaje). Odnosi vplivajo na segment strank (skupino ljudi ali organizacij), ki jih podjetje želi zadržati ali ustvariti nov segment. Za komunikacijo s strankami se uporabljajo različni kanali, s katerimi podjetje naslavlja obstoječe in nove stranke. Elementa v spodnjem delu platna pa zajemata stroške in prihodke, ki se ustvarjajo tekom poslovanja.

3 METODOLOGIJA

Osnovni raziskovalni pristop je študija primera, ki je vedno bolj priznan pristop na področju informacijskih sistemov in ga umeščamo med kvalitativne pristope (Maimbo in Pervan, 2005; Yin, 2018). Običajno jo izberemo, kadar želimo podrobno analizirati pojav v realnem okolju oziroma je raziskovalno vprašanje opisne narave in imamo na voljo primere, ki jih je

mogoče poglobljeno raziskati. Raziskovalno vprašanje, ki vodi našo raziskavo je: »Na katere elemente poslovnega modela vpliva uporaba visoko zmogljivega računalništva v oblaku, v malih in srednje velikih podjetjih?« Za povečanje veljavnosti rezultatov raziskave smo razvili protokol za izvedbo študije primera (Yin, 2009).

Primer oziroma enota raziskovanja se nanaša na posamezen poskus, ki je bil izveden v okviru evropskih projektov Fortissimo, CloudfLOW, SesameNet in CloudiFactoring. Namen poskusov je bil testirati uporabnost storitev visoko zmogljivega računalništva v oblaku v proizvodnih malih in srednje velikih podjetjih, s tem pa preučiti zrelost tehnologije in vzdržnost poslovnih modelov ter prispevati k sprejetosti HPC v sektorju MSP. Podjetja, ki so sodelovala v poskusih so bila izbrana na javnih razpisih, ki so enovito določali opis poskusa in merila za izbiro. Poskusi so bili v vseh projektih izvedeni na enak način (zagotovitev HPC infrastrukture in storitev ter zagotovitev programske opreme s strani ponudnikov -> testiranje uporabe HPC -> odraz sprememb v poslovnih modelih podjetij). To nam je omogočilo primerljivost izvedenih poskusov preko različnih gospodarskih panog.

Podatke smo črpali iz javno dostopnih virov (Tabela 2), večinoma iz poročil o izvedenih poskusih na spletnih straneh projektov ter iz raziskave o oceni potenciala uporabe visoko zmogljivega računalništva v oblaku za mala in srednja proizvodna podjetja (Kljajić Borštnar in Ilijaš, 2019).

V študijo smo izmed 156 izvedenih poskusov vključili tiste, ki so izpolnjevali naslednje kriterije:

predstavljali različne industrijske panoge, različne geografske dele Evrope ter so bili dovolj podrobno dokumentirani. Izbranih 20 primerov smo opisali po elementih kanvas poslovnega modela (Osterwalder in Pigneur, 2010) ter analizirali spremembe v elementih poslovnih modelov, ki so nastale kot posledica poskusa uporabe HPC storitev v oblaku. Izsledke analize smo združili in pripravili zaključke ter priporočila.

V tabeli 2 podajamo seznam projektov, število vseh izvedenih poskusov pri posameznem projektu, panoge, ki jih je posamezen projekt naslavljal, število primerov, ki smo jih analizirali, leto izvedbe in podatkovni vir. Vsi primeri so po definiciji mala in srednje velika podjetja (European Commission, 2003), večinoma proizvodna podjetja, ki so bili izbrani na javnem razpisu za dodelitev sredstev, za izvedbo poskusov uporabe storitev HPC v oblaku z enim izmed sodelujočih ponudnikov HPC oblačnih storitev.

4 ANALIZA INOVIRANJA POSLOVNIH MODELOV

V rezultatih predstavljamo analizo primerov poskusov, ki so bili izvedeni v okviru evropskih projektov Fortissimo in Fortissimo 2 (Fortissimo, 2019b), CloudFlow (CloudFlow, b. d.) in Cloudifactory (Cloudifactory, 2018). Pretekle raziskave so bile usmerjene predvsem v analizo učinkov poskusov in so pokazale, da se uporaba HPC v malih in srednjih podjetjih odraža v skrajšanih časih za izvedbo razvoja (simulacije) in prispeva k povečanju denarnih prihrankov na letni ravni (Gašperlin, 2019). V pričujoči raziskavi

pa smo usmerjeni v analizo vpliva uporabe HPC v oblaku na posamezne elemente poslovnega modela.

Iz začetnega nabora 156 primerov eksperimentov (Tabela 2), ki so bili izvedeni med leti 2013 in 2020 smo jih za analizo izbrali 20, ki izpolnjujejo kriterije, ki smo jih opredelili v poglavju 3. Izmed dvajsetih primerov jih 6 prihaja iz Španije, po trije primeri iz Italije in Nemčije ter dva primera iz Slovenije. Preostali primeri prihajajo iz Nizozemske, Litve, Bolgarije, Velike Britanije, Češke in Srbije (iz vsake države po en). Primeri pokrivajo 6 panog: aeronavtiko, avtomobilsko industrijo, gradbeništvo, okolje in energijo, zdravstvo ter proizvodnjo. Pri vsaki panogi smo v analizo vključili po 3 primere, razen v primeru zdravstva (2 primera) in proizvodnje (6 primerov). V nadaljevanju podrobneje predstavimo pet izmed dvajsetih primerov, s katerimi želimo ponazoriti izvedene poskuse.

Podjetje A

Prvi primer predstavlja podjetje, ki deluje na področju letalske industrije. Dejavnost podjetja zajema razvoj in proizvodnjo lahkih in ultralahkih letal, kjer je ključnega pomena poznavanje in obnašanje pretoka zračnih tokov med letom letala (Fortissimo, 2015). Podjetja v ta namen običajno uporabljajo vetrovne tunele, ki pa so za majhna in srednja podjetja predraga. Zato to nadomeščajo s simulacijami. Te zagotovijo natančno simuliranje zračnih tokov in s tem primerljive možnosti testiranja, kot so pri vetrovnih tunelih. Kljub temu, da so v podjetju simulacije uporabljali že

Tabela 2: Število izbranih primerov glede na projekt (Fortissimo, Cloudflow, SesameNet, Cloudifactory) in leto izvedbe

Projekt	Št. vseh poskusov	Panoga	Izbrani primeri	Leto izvedbe	Podatkovni vir
Fortissimo	79	Aeronautika	3	2013 – 2016 (Fortissimo I) 2015 – 2018 (Fortissimo II)	https://www.fortissimo-project.eu/success-stories Spletne strani analiziranih podjetij
		Avtomobilska ind.	3		
		Gradbeništvo (Splošno – civilno inženirstvo)	3		
		Okolje in energija	3		
		Zdravstvo	1		
		Proizvodnja	2		
Cloudflow	20	Proizvodnja	1	2014 – 2015	https://eu-cloudflow.eu/experiments/third-wave.html
SesameNet*	36	Zdravstvo	1	2015 – 2017	(Gašperlin, 2019)*
Cloudifactory	21	Proizvodnja	3	2017 – 2021	https://www.cloudifactory.eu/experiments/

* Spletna stran projekta SesameNet nazadnje dostopna 12.9.2019 – zato smo podatke povzeli iz lastne magistrske naloge

prej, so se odločili za uporabo HPC, zaradi prednosti, ki jo takšna rešitev ponuja. Uporaba HPC je prispevala k večji natančnosti simulacij razvoja letal ter hitrejšemu razvoju novih izdelkov. Sprememba se je pokazala tudi na ključnih aktivnostih, pri načrtovanju procesa izdelave letala in izvedbi kompleksnih izračunov. Uporaba HPC je povzročila tudi spremembo na virih podjetja, kjer so nadgradili lastne računalniške vire. Prej so za celotno modeliranje potrebovali 1 mesec, ob uporabi HPC so ta čas skrajšali na 2 dni in pol. Kot posledica spremenjenega načina dela, so se spremembe pokazale tudi na odnosu do strank, v smeri boljšega prilagajanja zahtevam strank in hitrejši izdelavi letal. Podjetje je zmanjšalo tudi svoje stroške simulacij in sicer za 90 % (iz 300.000 EUR na 3.000 EUR). Kot najvidnejši prispevek, je uporaba HPC spodbudila k sodelovanju v podobnih projektih, kot je Mikangelo (MIKELANGELO, b. d.).

Podjetje D

Med vidnejšimi področji, kjer ima uporaba HPC velik vpliv na spreminjanje poslovnih modelov, je tudi avtomobilska industrija. Kot primer izpostavljamo podjetje D, ki proizvaja elektromotorje za električna in hibridna vozila (Fortissimo, 2019a). Na tem področju je pri razvoju poglaviti cilj optimizacija hrupa, vibracij in trdnosti, ki vplivajo na vožnjo vozila. Podjetje je želelo zmanjšati število fizičnih prototipov in s tem materiala ter fizičnih meritev. Uporaba HPC je v tem primeru prispevala k razvoju in avtomatizaciji več fizikalnih izračunov, potrebnih pri določanju omenjenih karakteristik med razvojem in testiranjem elektromotorjev. HPC je pomembno prispeval k združitvi elektromagnetnih (EM) in strukturno akustičnih simulacij, kar se je odrazilo v optimizaciji različnih nivojev hrupa, z nespremenjenimi vplivi na zmogljivost elektromotorjev. V podjetju so s tem vpeljali nov koncept, kjer so za dosego cilja uporabili 3 različne programske opreme in sicer Altair Flux (za analizo magnetnih silnic pri vibracijah), Altair Hyperworks (za oblikovanje elektromotorjev) in GNU Octave (za numerične matematične izračune). S tem se je sprememba odrazila tudi na virih podjetja, saj so zaposleni z uporabo HPC dobili nova znanja. Za stranke je to pomenilo kvalitetnejši izdelek ter hitrejšo dobavo izdelka (za 80 %). Z uporabo HPC se je sprememba odrazila tudi na zmanjšanju stroškov (v povprečju 135.000 EUR/leto) in povečanju prihodkov (20 % povečanje prodaje).

Podjetje G

Spremembe poslovnih modelov se ob uporabi HPC odražajo tudi na področju gradbeništva (splošnega – civilnega inženirstva), kamor deloma sodijo tudi sistemi in storitve za železniški sektor, ki jih nudi podjetje G. Ena od storitev, ki jih podjetje zagotavlja je popravilo železniških tirov. Podjetje je želelo klasičen način meritev posodobiti z modernejšim pristopom (Fortissimo, 2018). Uvodoma smo omenili, da je za uspešno spremembo pomembna vključitev zunanjih partnerjev (HPC strokovnjakov in ponudnikov programske opreme). Ponudnik programske opreme je kot partner zagotovil namensko aplikacijo, ponudnik HPC pa infrastrukturo in znanje pri uporabi HPC storitev. S sodelovanjem obeh, je podjetje zamenjalo klasični način kontrole železniških tirov in nadgradilo proces, v obliki programske opreme in simulacij z uporabo HPC v oblaku. Programska oprema je prispevala k hitrejšemu odkrivanju napak in vizualizaciji, vpeljava simulacij pa je omogočila simulacijo obremenitev ob tranzitu visoko hitrostnih vlakov. Podjetje s tem ni spremenilo le osnovnega procesa. Pridobili so novo storitev v obliki orodja za diagnostiko in izboljšano načrtovanje železniških tirov, kar posledično vodi do večje varnosti potnikov. Omenjene spremembe so povzročile tudi zmanjšanje stroškov (280.000 EUR/leto). Spremembe se v tem primeru niso odrazile samo pri podjetju kot uporabniku, vendar tudi pri ponudniku programske opreme, ki je dobil dodatna inženirska znanja. Slednjemu je to omogočilo ponudbo novih storitev na področju računalniško podprtih simulacij (CAE – ang. Computer Aided Engineering).

Podjetje M

Uporaba HPC je vse bolj prisotna tudi na področju zdravstva. HPC namreč izboljšuje natančnost izračunov na podlagi meritev, kot je to v primeru podjetja M, katerega dejavnost je diagnostika očesnih bolezni (Fortissimo, 2017). S prilagoditvijo simulacijskega modela očesne arterije za delo na HPC, se je omogočila bolj natančna analiza krvnega pretoka v očesu in s tem lažje odkrivanje očesnih bolezni. Skrajšal se je tudi simulacijski čas. Poleg tega je HPC z novo metodo omogočil razširitev dejavnosti in kot posledica omenjene spremembe, omogočil vstop na novo področje (diagnostika glavkomov in odkrivanje slepote). Podjetje zaradi tega pričakuje tudi povečanje prihodkov v višini 100 milijonov evrov na letni rav-

ni. Pri prilagoditvi simulacijskega modela sta sodelovala ponudnik programske opreme in HPC strokovnjak. Ponudniku programske opreme bo to omogočilo povezavo s partnerji na sorodnih projektih ter potencialni dostop do novih trgov in strank. HPC strokovnjaku pa se je s sodelovanjem odprl dostop na področje biomedicine.

Podjetje S

Kot zadnje izpostavljam podjetje na področju proizvodnje, kjer je HPC vplival na spremembo klasičnega načina proizvodnega procesa pri vodnem hlajenju (znano tudi kot dušenje) jeklenih proizvodov (CloudiFacturing, b. d.). S pomočjo HPC je bil razvit podroben numerični simulacijski model celotnega stroja za hlajenje kovinskih izdelkov. Rezultati simulacijskega modela se potrdijo s fizičnimi preizkusi. Vpeljava HPC se je odrazila tudi na spremembi aktivnosti podjetja, v smeri novega procesa pri razvoju svojih izdelkov. Vpeljana rešitev je poleg tega povzročila spremembo tudi na virih podjetja, kjer so s pridobitvijo novih znanj oblikovali novo generacijo vodnih šob, ki bolj učinkovito hladijo tudi izdelke kompleksnejših struktur. To bo podjetju omogočilo pridobitev večjega števila strank, pričakujejo pa tudi povečanje prihodkov (500.000 EUR/leto). Slika 2 prikazuje značilnosti primerov po elementih poslovnega modela, povzetih v matriki. Pri nekaterih elementih ni bilo izraženih sprememb, zato smo tista polja posivili.

Na sliki 3 prikazujemo ugotovitve sprememb po elementih poslovnega modela za vseh dvajset podjetij. V oklepaju je podano število podjetij, kjer je bila sprememba zaznana.

Analiza je pokazala, da je uporaba HPC povzročila spremembe v vseh elementih poslovnega modela (Slika 3). Na področju ključnih partnerjev so vsaj v času poskusa vstopili ponudniki HPC storitev, v nekaterih primerih tudi ponudniki programske opreme, s čimer so posredno vplivali tudi na spremembe drugih elementov poslovnega modela podjetij. Pri tem so ponudniki HPC in ponudniki programske opreme, podjetjem ponudili nove digitalne kanale za dostavo storitev preko elektronske tržnice in dostopom preko oblaka, s čimer se je sprememba v poslovnem modelu odrazila tudi pri njih. Po drugi strani pa so tudi ponudniki HPC storitev in programske opreme pridobili nova znanja na posameznih področjih (4 primeri) ter priložnost za vstop na nove trge

(6 primerov). Tako spremembe v poslovnem modelu vplivajo na širši poslovni ekosistem in niso omejene zgolj na analizirano podjetje.

Spremembe so se pri ponudbi vrednosti (storitev in izdelkov) v največji meri odrazile v izboljšanju izdelkov (8 podjetij) in možnosti večjega prilagajanja strankam (4 podjetja) in s tem k ponudbi bolj prilagojenih rešitev za stranko (na primer podjetje S). Spremembe so se odrazile tudi v izboljšavi storitev (3 podjetja), kot je na primer hitrejše odkrivanje in vizualizacija napak na železniških tirih (podjetje G) ali podrobnejša analiza očesnih bolezni (podjetje M) in hitrejši dobavi izdelkov (2 podjetji). Hitrejša dobava zajema hitrejšo izdelavo in sproščanje izdelkov na trg ter možnost obdelave večjega števila naročil za stranke. Pri dveh primerih je bilo iz podatkov razvidno, da je uporaba HPC vplivala tako na hitrejšo dobavo izdelka kot tudi na večje prilagajanje potrebam strank.

Pri ključnih aktivnostih je analiza pokazala, da uporaba visoko zmogljivega računalništva v oblaku ni vplivala le na hitrejšo izvedbo načrtovanja in računalniških izračunov in s tem k skrajšanju časa simulacij, ampak predvsem k skrajšanem ali novem procesu razvoja in s tem izboljšavi izdelkov (14 podjetij). V štirih primerih pa je bilo iz analize zaznati oboje, tako skrajšanje časa simulacij kot izboljšave razvojnega procesa.

Pri analizi ključnih virov se je izkazalo, da je večina podjetij že uporabljala programsko opremo (6 podjetij), v večini primerov za simulacije, razen v štirih primerih, ko so programsko opremo v delovni proces uvedli na novo, v dveh primerih pa je HPC omogočil bolj enostavno uporabo programske opreme in s tem povečal krog uporabnikov znotraj podjetja. Z vidika tehnoloških virov je vpeljava HPC povzročila spremembe z nadgradnjo računalniških virov in zmogljivosti. Spremembe so se odrazile tudi pri pridobitvi novih znanj pri zaposlenih.

Izboljšal se je odnos do strank v smeri bolj osebne pristopa, prilagojenega strankam. Pri segmentu strank bodo podjetja s hitrejšo dobavo izdelkov in večjo prilagoditvijo strankam dosegla večje število novih strank ter širjenje na nove trge (5 primerov podjetij), medtem ko drugi vplivi niso jasno določeni ali pa podatki niso bili na voljo. Omenjene spremembe so vodile k zmanjšanju stroškov in povečanju prihodkov podjetij. Pri tem so znižanje stroškov v 60 % poskusih beležili takoj, 40 % podjetij pa le-to pričaku-

Sektor	Podjetje	Ponudba vrednosti	Ključni partnerji	Ključne aktivnosti	Ključni viri	Odnos s strankami	Segment strank	Kanali	Stroški	Pridobitki	
Aeronavtika	A	izboljšava izdelka, večje prilaganje strankam	Ponudnik HPC, HPC ekspert	izvedba simulacij s storilnimi HPC v oblaku (uporaba cloud HPC)	nadgradnja lastnih (in-house) računalniških virov za izvedbo simulacij	na stranko naravnani pristop		oblik in elektronska tiskana	Zmanjšanje stroškov		
	B	kvalitetnejši izdelek (izboljšanje in varnostni sistem proti nabiranju ledu letalskih propelerjev)	Ponudnik programske opreme, povečanje prodaje in dvig prepornosti Ponudnik HPC, (povečanje prodaje s platformo kot storitev (PaaS) in programska oprema kot storitev (SaaS))	Skrajšanje časov za simulacije in izračuni z namenskim programom UdeEla	nadgradnja računalniških zmogljivosti s pomočjo programske opreme UdeEla in HPC		novi trgi (preiskuje se večja prodaja)	oblik in elektronska tiskana	Zmanjšanje stroškov		
	C	kvalitetnejši izdelek (izboljšava strukture materiala letalskih komponent in njegove kakovosti)	Ponudnik programske opreme, Povečanje konkurenčnosti na trgu Ponudnik HPC in ekspert	nov algoritem in izboljšanje napovedni model - (izboljšanje modeliranja materialov za oblike letalskih let)	izboljšavo programske opreme (Pivota)			oblik in elektronska tiskana		prilakovano povečanje prihodkov	
Avionobilska ind.	D	izboljšava izdelka (nižja stopnja hrupa, elektromotorjev), hitrejša dobava izdelka	Ponudnik HPC, pričakovano povečanje števila kupcev in v višji letni zaslužek	razvoj, optimizacija in avtomatizacija večih fizikalnih izračunov za vpopladi nad akustičnim hrupom (Celovit pristop k združbi elektromagnetnih stopenj in strukturno-akustičnih simulacij za dosego optimizacije stopnje hrupa)	nov razvojni koncept z uporabo programske opreme - Altair Flux (analiza magnetnih silnic pri vibracijah), Altair Hyperworks (oblikovanje elektromotorjev) in GNU Octave (numerični matematični izračuni)			oblik in elektronska tiskana	prilakovano zmanjšanje stroškov	prilakovano povečanje prihodkov	
	E	izboljšava izdelka (kompleksnejši validacijski sistem, povečanje natančnosti validacije v prometu)	Ponudnik HPC ekspert	prehod iz klasičnega postopka validacije na virtualno validacijo	nadgradnja znanj pri postopku validacije in certifikacije			oblik in elektronska tiskana	zmanjšanje stroškov		
	F	hitrejša dobava izdelka	Ponudnik HPC in ekspert, pričakovano povečanje števila strank in v višji zaslužek Domestri ekspert, pričakovano povečanje prihodkov in zmanjšanje stroškov pri razvoju programske opreme	prehod iz klasičnih testiranj na simulacijsko modeliranje v oblaku platforme	pri načrtovanju je omogočeno sodobnejše večjeja št. zaposlenih - ponostavljen GUI			oblik in elektronska tiskana	prilakovano zmanjšanje stroškov		
Gradbeništvo (igralno - dirčno inženirstvo)	G	izboljšana storitev (hitrejša odzivnost in vizualizacija napak, avtomatizirano razpisovanje pogorov in serijskih intervencij, hitrejša pridobivanja rezultatov)	Ponudnik HPC in ekspert, Ekspert aplikacije, nadgradnje inženirskih znanj, pričakovano povečanje prihodkov pri naslednjih projektih	zamerjava fizičnih meritev na terenu z nadgradnjo na računalniško podprto simuliranje obremenitev	vpeljava progr. opreme za simulacijo in kontrolo železniške infrastrukture			oblik in elektronska tiskana	zmanjšanje stroškov		
	H	izboljšava izdelka (kompleksnejši simulacijski modeli pri načrtovanju letalskih komunikacij in bolj celovita analiza omejevanosti transportnih ledj (bankerjev))	Ponudnik programske opreme, predvideno povečanje števila strank in v višji zaslužek Ponudnik HPC, pričakovano povečanje števila HPC storitev in strank, predvideno povečanje prihodkov Domestri ekspert	optimizacija procesa izvedbe simulacij (skrajšanje časa)	izboljšanje obstoječe programske opreme (skrajšanje časov simulacij)			oblik in elektronska tiskana		prilakovano povečanje prihodkov	
	I	izboljšana storitev (poglobljeno razumevanje in vpogled v proces izpolnjevanja plovov in dinamični, pohitren testiranja diravnikov)	Ponudnik HPC, predvideno povečanje prodaje računalniških (CPU) virov, izboljšanje storitev za vizualizacijo in dvig prepornosti HPC ekspert Ekspert aplikacije	nadgradnje numeričnih orodj na simulacije z uporabo HPC v oblaku (izboljšanje časa in načrtovanja)	zmanjšanje števila človeških virov v procesu načrtovanja		Prilakovani vstop na nove trge in dvig prepornosti	oblik in elektronska tiskana	zmanjšanje stroškov	prilakovano povečanje prihodkov	
Okoje in energija	J	večje prilaganje strankam (računalniško podprti modeliranje in uporaba simulacij, poglobljeno razumevanje fizikalnih lastnosti produktov) in hitrejša sproščanje na trg	Ponudnik programske opreme Ponudnik HPC, predvideno povečanje števila strank in v višji zaslužek HPC ekspert, predvideno povečanje poslovne nasti in dobička	nadgradnja empiričnega pristopa na uporabo simulacij ob uporabi HPC v oblaku	vpeljava programske opreme za načrtovanje vodnih turbin	na stranko naravnani pristop		oblik in elektronska tiskana	zmanjšanje stroškov	prilakovano povečanje prihodkov	
	K	večje prilaganje strankam (prilagoditev za mestno okoje)	Ponudnik HPC ekspert, nadgrajevanje znanj in izkušenj s sodobnim v eksperimentu Ekspert aplikacije, predvideno nova delovna mesta, povečanje števila uporabnikov in višine prihodkov HPC center in ekspert, v letu 2015 je bilo predvideno povečanje števila na 15 novih mestih in mestnih podregij Domestri ekspert, s ponujeno rešitvijo (numerična simulacija), predvideno povečanje storitev na druge sektore (jedrske)	nov pristop k analizi postavbe vetrnih turbin v mestnih okoljih	novi orodja za simulacije vetrnih lokov	na stranko naravnani pristop	širitev na nove trge	oblik in elektronska tiskana	prilakovano zmanjšanje stroškov	prilakovano povečanje prihodkov	
	L	kvalitetnejši in varnejši izdelek	Ponudnik HPC, predvideno povečanje števila strank in v višji zaslužek Domestri ekspert, s ponujeno rešitvijo (numerična simulacija), predvideno povečanje storitev na druge sektore (jedrske)	posodobitev postopka modeliranja in potrebna vizualizacija zategovanja primarne (nov računalniški simulacijski model s ključnimi deli primarne in omejevanje radnih senarijev zategovanja primarne)	vpeljava programske opreme za simulacije			potencial za pridobitev novih projektov in podjetij (gradbeni, petrokemični podjetja, inženirski)	oblik in elektronska tiskana	zmanjšanje stroškov	prilakovano povečanje prihodkov
Zdravstvo	M	izboljšava storitve (bolj natančna diagnostika obsežnih bolezni)	HPC ekspert (dualni ekspert aplikacije) Ponudnik HPC, razširitev HPC storitev na biomedicinski trg	izboljšava meritev in diagnostike pri obsežnih boleznih in skrajšanje simulacijskih časov (razvil simulacijski model obsežne arterije za podrobno analizo krvnega pretoka)	izboljšanje programske opreme za simulacije			širjenje trga - diagnostika glavokomov in slepot	oblik in elektronska tiskana	prilakovano povečanje prihodkov	
	N	izboljšava izdelka (Simulacija 3D modelu jeter za simuliranje prenosa toplote pri procesu odstranjevanja tumorjev)	biogeni inštitut za ICT, zagotovitev 3D simulacij na HPC infrastrukturi	virtualni vpogled v spremembo strukture (jeter) in simulacija prenosa toplote	nadgrajevanje znanj z uporabo HPC v oblaku			oblik in elektronska tiskana			
Proizvodnja	O	kvalitetnejši izdelek in hitrejša prilaganje strankam	Ponudnik HPC ekspert	popoljšana slika kompozitne strukture med načrtovanjem (vpogled v slipe), optimizacija načrtovanja (uporaba algoritmov strojnega učenja)	nadgradnja programske opreme	na stranko naravnani pristop		oblik in elektronska tiskana	zmanjšanje stroškov		
	P	izboljšava izdelka (podpora za obdelavo naročil večjega obsega)	HPC ekspert Ponudnik HPC, dualni HPC ekspert, Povečanje prodaje storitev (večje število najema CPU virov)	prilagoditev lastne aplikacije za delovanje v oblaku ob uporabi HPC, skrajšanje časov optimizacije večjih naročil	izboljšanje programske opreme za simulacije			Podjetja (povečanje števila uporabnikov - mail in srednji podjetji)	oblik in elektronska tiskana	zmanjšanje stroškov	prilakovano povečanje prihodkov
	R	večje prilaganje strankam	Ponudnik HPC, Povečanje prodaje storitev HPC in strank, povečanje nabora strank Univerza & Anstava Coventry, Univerza	prilagoditev klasičnega proizvodnega procesa za delovanje v oblaku ob uporabi HPC	nadgrajevanje znanj z uporabo HPC v oblaku	na stranko naravnani pristop		oblik in elektronska tiskana	prilakovano zmanjšanje stroškov		
	S	večje prilaganje strankam in ponudnja novih izdelkov	Ponudnik HPC in Digi, predvideno povečanje števila strank in dohodkov	vpeljava numeričnega modela celotnega stroja za vodno dušenje in simulacijskega procesa	uporaba nadgrajenih znanj za načrtovanje nove generacije vodnih loč	na stranko naravnani pristop		oblik in elektronska tiskana		prilakovano povečanje prihodkov	
	T	večje prilaganje strankam	Ponudnik programske opreme Univerza v Šteti (Krauzovnik)	nadgradnja programske rešitve za optimizacijo proizvodnega postopka pri načrtovanju transportnih paket	nadgradnja računalniških virov, povečanje števila zaposlenih	na stranko naravnani pristop		oblik in elektronska tiskana	prilakovano zmanjšanje stroškov	prilakovano povečanje prihodkov	
	U	kvalitetnejši izdelek (večja kontrola med proizvodnjo izdelka)	Ponudnik programske opreme	izboljšanje zanesljivosti delovanja stroja za 3D leseni razno izdelave (vpeljava koncepta "digitalnega dvojčka" za napoved okvare stroja in napoved opozoril preventivnega vzdrževanja)	nadgradnja tehnoloških virov (izvedba strojnega učenja pri kontrol izdelkov)			oblik in elektronska tiskana	prilakovano zmanjšanje stroškov		

Slika 2: Povzetek analize opisanih poskusov po elementih poslovnega modela

Ključni partnerji Povezovanje z novimi partnerji (ponudniki HPC storitev, programske opreme)	Ključne aktivnosti Skrajšanje časa simulacij (2) Izboljšave procesa (14) Skrajšanje časa in izboljšave procesa (4)	Ponudba vrednosti Izboljšava izdelka (8) Izboljšava storitve (3) Večje prilagajanje strankam (4) Hitrejša dobava izdelka (2)	Odnosi s strankami Na stranko naravnani pristop (7)	Segment strank Širitev na nove segmente in trge (5+6*)
Ključni viri Tehnološki viri (4) Progr. oprema (12) Nova znanja (4+4*)	Hitrejša dobava izdelka in večje prilagajanje strankam (2) Izboljšava izdelka in večje prilagajanje strankam (1)	Kanali Oblak in elektronska tržnica (20)		
Stroški Zmanjšanje stroškov (9) Pričakovano zmanjšanje stroškov (6)		Prihodki Pričakovano povečanje prihodkov (11)		

*spremembe so zaznane v poslovnem ekosistemu – pri ključnih partnerjih

Slika 3: Analiza sprememb elementov poslovnega modela Canvas

je v prihodnosti. Medtem, ko velika večina podjetij, zajetih v poskuse, dvig prihodkov pričakuje šele v prihodnosti.

5 ZAKLJUČKI

V prispevku smo obravnavali vpliv razvoja visoko zmogljivega računalništva (HPC) in njegove uporabe v oblaku na spreminjanje elementov v poslovnih modelih malih in srednje velikih podjetij. V ta namen smo izvedli študijo dvajsetih izbranih primerov poskusov, izvedenih v okviru evropskih projektov Fortissimo, Cloudflow, SesameNet in CloudiFacturing. Analizirana podjetja so pokrivala 6 gospodarskih panog: aeronavtika, avtomobilsko industrijo, gradbeništvo, okolje in energijo, zdravstvo ter proizvodnjo. Spremembe elementov poslovnega modela smo analizirali skozi okvir kanvas poslovnega modela (Osterwalder in Pigneur, 2010). Omejitve raziskave je omejen nabor analiziranih primerov, saj večina poskusov ni bila dovolj podrobno dokumentirana. Kljub temu smo v nabor primerov zajeli sektorsko in geografsko raznolike poskuse, ki zagotavljajo poglobljeno analizo posameznega primera, kot tudi medsebojno primerjavo.

Rezultati analize kažejo, da ima visoko zmogljivo računalništvo pomemben vpliv na spremembe elementov poslovnega modela na nivoju posame-

znega podjetja (novi ali izboljšani izdelki in storitve, skrajšan čas razvoja in dostave na trg, zmanjšanje stroškov). Glavni rezultat poskusov uporabe HPC se kaže v zmanjševanju stroškov in časa potrebnega za razvoj izdelkov in storitev, kar sovпада z ugotovitvami predhodnih raziskav (Kergroach, 2020). Zaznali smo tudi vpliv na širši poslovni ekosistem (ponudniki HPC storitev, programske opreme, celotna dobavna veriga), predvsem na področju povezovanja v nova partnerstva in s tem pridobivanje kompetenc, novih trgov, novih izdelkov in storitev ter načinov dostave le-teh strankam. Ker pa je kanvas poslovni model namenjen analizi posameznega podjetja, tega vidika podrobneje nismo analizirali. Raziskava prispeva k razumevanju vloge storitev visoko zmogljivega računalništva v oblaku k inoviranju poslovnih modelov v proizvodnih malih in srednje velikih podjetjih. V prihodnjih raziskavah velja podrobneje raziskati poslovne modele širših ekosistemov. Prav tako ostajajo odprta vprašanja potenciala uporabe visoko zmogljivega računalništva na drugih področjih (npr. kmetijstvo, turizem) ter oceni učinkov spodbud za uporabo visoko zmogljivega računalništva in povezanih digitalnih tehnologij. Pomemben napredek na tem področju gre namreč pričakovati le ob natančno usmerjenih spodbudah in celoviti oceni učinkov le-teh.

LITERATURA

- [1] Amit, R., & Zott, C. (2012). Creating Value Through Business Model Innovation. *MIT Sloan Management Review*. Pridobljeno od <https://sloanreview.mit.edu/article/creating-value-through-business-model-innovation/>
- [2] ARCTUR. (b. d.). Spletna stran podjetja ARCTUR. Pridobljeno 7. oktober 2020., od <https://www.arctur.si/>
- [3] Artigues, A., Cugnasco, C., Becerra, Y., Cucchiatti, F., Houzeaux, G., Vazquez, M., ... Labarta, J. (2017). ParaView + Alya + D8tree: Integrating High Performance Computing and High Performance Data Analytics. V *Procedia Computer Science* (Let. 108, str. 465–474). doi: 10.1016/j.procs.2017.05.170
- [4] Becciani, U., & Petta, C. (2019). New frontiers in computing and data analysis – the European perspectives. *Radiation Effects and Defects in Solids*, 174(11–12). doi: 10.1080/10420150.2019.1683840
- [5] Bocken, N. M. P., & Geradts, T. H. J. (2020). Barriers and drivers to sustainable business model innovation: Organization design and dynamic capabilities. *Long Range Planning*, 53(4), 1–23. doi: 10.1016/j.lrp.2019.101950
- [6] Borangiu, T., Trentesaux, D., Thomas, A., Leitão, P., & Barata, J. (2019, junij 1). Digital transformation of manufacturing through cloud services and resource virtualization. *Computers in Industry*. Elsevier B.V. doi: 10.1016/j.compind.2019.01.006
- [7] Bouwman, H., Faber, E., Haaker, T., Kijl, B., & de Reuver, M. (2008). Conceptualizing the STOF Model. V Harry Bouwman, H. De Vos, & T. Haaker (Ur.), *Mobile Service Innovation and Business Models* (str. 31–70). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. doi: 10.1007/978-3-540-79238-3_2
- [8] Bouwman, H., Nikou, S., & de Reuver, M. (2019). Digitalization, business models, and SMEs: How do business model innovation practices improve performance of digitalizing SMEs? *Telecommunications Policy*, 43(9), 1–18. doi: 10.1016/j.telpol.2019.101828
- [9] Chesbrough, H. (2007). Business model innovation: It's not just about technology anymore. *Strategy and Leadership*, 35(6), 12–17. doi: 10.1108/10878570710833714
- [10] Chiariello, A. G., Formisan, A., & Martone, R. (2015). A high-performance computing procedure for the evaluation of 3D coils inductance. *COMPEL – The international journal for computation and mathematics in electrical and electronic engineering*, 34(1), 248–260. doi: 10.1108/COMPEL-03-2014-0070
- [11] Clarke, E., & Larmour, I. (2016). THE IMPACT OF NATIONAL HIGH PERFORMANCE COMPUTING – An analysis of the impacts and outputs of investment in national HPC. Pridobljeno 8. december 2020., od <https://epsrc.ukri.org/newsevents/pubs/impactofnationalhpc/>
- [12] CloudFlow. (b. d.). Spletna stran projekta CloudFlow. Pridobljeno 27. december 2020., od <https://eu-cloudflow.eu>
- [13] CloudiFacturing. (b. d.). NUMERICAL MODELLING AND SIMULATION OF HEAT TREATING PROCESSES. Pridobljeno 6. november 2020., od <https://www.cloudifactoring.eu/experiment-4-numerical-modelling-and-simulation-of-heat-treating-processes-2/?cookie-state-change=1604955347175>
- [14] CloudiFacturing. (2018). CloudiFacturing project home page. Pridobljeno 6. november 2020., od <https://www.cloudifactoring.eu>
- [15] den Hartigh, E., Tol, M., Wei, J., Visscher, W., & Zhao, M. (2005). Modeling a business ecosystem: An agent-based simulation. Pridobljeno 3. februar 2021., od https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/31071213/den-hartigh-tol-wei-visscher-zhao_2005_modeling-a-business-ecosystem.pdf?1364857159=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DModeling_a_business_ecosystem_An_agent_b.pdf&Expires=1612351145&Signature
- [16] Dongarra, J., Graybill, R., Harrod, W., Lucas, R., Lusk, E., Luszczek, P., ... Tikir, M. (2008). DARPA's HPCS Program: History, Models, Tools, Languages. *Advances in Computers*, 72. Pridobljeno od <https://www.icl.utk.edu/files/publications/2008/icl-utk-368-2008.pdf>
- [17] ETP4PHC. (b. d.). EUROPEAN HPC EXASCALE EFFORT. Pridobljeno 7. oktober 2020., od <https://www.etp4hpc.eu/euxascale.html>
- [18] EuroHPC. (2020). Spletna stran initiative EuroHPC. Pridobljeno 6. oktober 2020., od <https://eurohpc-ju.europa.eu/>
- [19] European Commission. (2016). *Communication: European Cloud Initiative – Building a competitive data and knowledge economy in Europe*. Pridobljeno od <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/communication-european-cloud-initiative-building-competitive-data-and-knowledge-economy-europe>
- [20] European Commission. (2019). European Cloud Initiative. Pridobljeno 7. oktober 2020., od <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/european-cloud-initiative>
- [21] European Commission. (2003). *Commission Recommendation concerning the definition of micro, small and medium-sized enterprises*. Pridobljeno od <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32003H0361&from=EN>
- [22] European Commission. (2018). Digital Transformation Scoreboard 2018 – EU businesses go digital: Opportunities, outcomes and uptake. doi: 10.2826/821639
- [23] European Commission. (2019). High Performance Computing, Cloud Infrastructures and Artificial Intelligence to better protect our planet. Pridobljeno 22. januar 2021., od <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/high-performance-computing-cloud-infrastructures-and-artificial-intelligence-better-protect-our>
- [24] European Commission. (2020a). Call to acquire a new European world-class supercomputer. Pridobljeno 12. april 2020., od <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/call-acquire-new-european-world-class-supercomputer>
- [25] European Commission. (2020b). High Performance Computing. Pridobljeno 9. november 2020., od <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/high-performance-computing>
- [26] Ezell, S. J., & Atkinson, R. D. (2016). *The Vital Importance of High-Performance Computing to U.S. Competitiveness*. Pridobljeno od <http://www2.itif.org/2016-high-performance-computing.pdf>
- [27] Fakulteta za strojništvo UL. (b. d.). Partnership for Advanced Computing in Europe (PRACE). Pridobljeno 11. april 2020., od <http://hpc.fs.uni-lj.si/prace>
- [28] Fernández-González, A., Rosillo, R., Miguel-Dávila, J. A., & Matellán, V. (2015). Historical review and future challenges in Supercomputing and Networks of Scientific Communication. *The Journal of Supercomputing*, 71, 4476–4503. doi: 10.1007/s11227-015-1544-3
- [29] Fortissimo. (2015). HPC-Cloud-based simulation of light-aircraft aerodynamics. Pridobljeno 6. januar 2021., od https://www.fortissimo-project.eu/sites/default/files/documents/stories/Fortissimo_SuccessStory_401_Pipistrel_1.pdf
- [30] Fortissimo. (2017). Cerebral blood flow simulations. Pridobljeno 6. januar 2021., od https://www.fortissimo-project.eu/sites/default/files/documents/stories/Fortissimo_SuccessStory_603_Vittamed.pdf
- [31] Fortissimo. (2018). Cloud-based-HPC simulation of railway infrastructure for high-speed trains. Pridobljeno 6. januar

- 2021., od https://www.fortissimo-project.eu/sites/default/files/documents/stories/Fortissimo_SuccessStory_713_Alstom_Ferroviana.pdf
- [32] Fortissimo. (2019a). HPC-Cloud-based simulation of coupled electromagnetic and structural-acoustics in in-wheel electric motors. Pridobljeno 6. december 2020., od https://www.fortissimo-project.eu/sites/default/files/documents/stories/Fortissimo_SuccessStory_911_Elaphe.pdf
- [33] Fortissimo. (2019b). Spletna stran projekta Fortissimo. Pridobljeno 4. december 2020., od <https://www.fortissimo-project.eu>
- [34] Franceschelli, M. V., Santoro, G., & Canelo, E. (2018). Business model innovation for sustainability: a food start-up case study. *British Food Journal*, 120(10), 2483–2494. doi: 10.1108/BFJ-01-2018-0049
- [35] Gagliardi, F., Moreto, M., Olivieri, M., & Valero, M. (2019). The international race towards Exascale in Europe. *CCF Transactions on High Performance Computing volume*, 3–13. doi: 10.1007/s42514-019-00002-y
- [36] Gašperlin, B. (2019). ANALIZA PRILOŽNOSTI ZELO-ZMOGLJIVEGA RAČUNALNIŠTVA ZA MALA IN SREDNJA PODJETJA. Faculty of Organizational sciences, University of Maribor. Pridobljeno od <https://dk.um.si/Dokument.php?id=134642>
- [37] Gašperlin, B., Ilijaš, T., & Kljajić Borštnar, M. (2019). OPPORTUNITIES OF CLOUD HIGH PERFORMANCE COMPUTING FOR SMES – A META-ANALYSIS. V U. of L. Zadnik Stim, L., U. of M. Kljajić Borštnar, M., U. of L. Žerovnik, J., U. of L. Drobne, S., & U. of L. Povh, J. (Ur.), *Proceedings of the 15th International Symposium on OPERATIONAL RESEARCH* (str. 149–154). Bled, Slovenia: Slovenian Society Informatika, Section for Operational Research. Pridobljeno od <http://fgg-web.fgg.uni-lj.si/~sdrobne/sor/SOR'19-Proceedings.pdf>
- [38] Gigler, B.-S., Casorati, A., & Verbeek, A. (2018). Financing the future of supercomputing – How to increase investments in high performance computing in Europe. Pridobljeno 20. marec 2019., od https://www.eib.org/attachments/pj/financing_the_future_of_supercomputing_en.pdf
- [39] Guo, J., Nikou, S., & Bouwman, H. (2020). Theoretical framework for the study. V Information Resources Management Association (Ur.), *Sustainable Business: Concepts, Methodologies, Tools and Applications* (str. 272). IGI Global. Pridobljeno od <https://books.google.si/books?id=kJvLDwAAQBAJ&pg=PA272&lpg=PA272&dq=b+usiness+model+stof+visor&source=bl&ots=4U-3E-eL99&sig=ACfU3U1urs7cMBCLKunPY1vftMnccdU4kg&hl=en&sa=X&ved=2ahUKEwjcm8qZpKbuAhUAIHYqDC1kQ6AEwEXoECBEQAg#v=onepage&q&f=false>
- [40] Heikkilä, J., Heikkilä, M., & Tinnilä, M. (2008). The Role of Business Models in Developing Business Networks. V *Electronic Commerce: Concepts, methodologies, Tools, and Applications* (str. 221–231). doi: 10.4018/978-1-59140-629-7.ch016
- [41] i4MS. (2020). i4MS. Pridobljeno 22. januar 2021., od <https://i4ms.eu/>
- [42] Imran, H. A., Wazir, S., Ikram, A. J., Ikram, A. A., Ullah, H., & Ehsan, M. (2019). HPC as a Service: A naïve model. V *2019 8th International Conference on Information and Communication Technologies (ICICT)*. Karachi, Pakistan: IEEE. doi: 10.1109/ICICT47744.2019.9001912
- [43] Institut informacijskih znanosti (IZUM). (2020). Atosov Bull-Seqvana XH2000 izbran za EuroHPC superračunalnik Vega v Mariboru. Pridobljeno 9. november 2020., od <https://www.izum.si/>
- [44] Kalbe, G. (2019). The European Approach to the Exascale Challenge. *Computing in Science and Engineering*, 21(1), 42–47. doi: 10.1109/MCSE.2018.2884139
- [45] Kane, G. C., Palmer, D., Phillips, A. N., Kiron, D., & Buckley, N. (2015). Strategy, Not Technology, Drives Digital Transformation. Pridobljeno 11. maj 2020., od <https://sloanreview.mit.edu/projects/strategy-drives-digital-transformation/>
- [46] Kergroach, S. (2020). Giving momentum to SME digitalization. *Journal of the International Council for Small Business*, 1(1), 28–31. doi: 10.1080/26437015.2020.1714358
- [47] Keswani, U. (2008). *HIGH PERFORMANCE CLUSTER AND GRID COMPUTING SOLUTIONS FOR SCIENCE*. The University of Texas at Arlington. Pridobljeno od <https://search-proquest-com.ezproxy.lib.ukm.si/pqdtglobal/docview/304824796/fulltextPDF/CAD8467C69284112PQ/1?acco untid=28931>
- [48] Kljajić Borštnar, M., & Ilijaš, T. (2019). Assessment of High Performance Computing Services Potential of SMEs. V *42nd International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics (MIPRO)* (str. 1414–1418). Opatija: IEEE. Pridobljeno od <https://ieeexplore-ieee-org.ezproxy.lib.ukm.si/stamp/stamp.jsp?tp=&number=8756681>
- [49] Kljajić Borštnar, M., & Ilijaš, T. (2019). Preliminarna analiza pripravljenosti malih in srednje velikih podjetij na storitve zelo zmogljivega računalništva. V P. Šprajc, I. Podbregar, D. Maletič, & dr. M. Radovanović (Ur.), *38. mednarodna konferenca o razvoju organizacijskih znanosti-Ekosistem organizacij v dobi digitalizacije: konferenčni zbornik* (str. 419–430). Portorož, Slovenia: Univerzitetna založba Univerze v Mariboru, Slomškova trg 15, 2000 Maribor, Slovenija. doi: 10.18690/978-961-286-250-3.34
- [50] Kljajić Borštnar, M., Ilijaš, T., & Pucihar, A. (2015). ASSESSMENT OF CLOUD HIGH PERFORMANCE COMPUTING POTENTIAL FOR SMES. V L. Zadnik Stim, J. Žerovnik, M. Kljajić Borštnar, & S. Drobne (Ur.), *Proceedings of the 13th International Symposium on Operational Research SOR 2015* (str. 23–28). Bled, Slovenia. Pridobljeno od <http://fgg-web.fgg.uni-lj.si/~sdrobne/sor/SOR%2715-Proceedings.pdf>
- [51] Kukkamalla, P. K., Bikfalvi, A., & Arbussa, A. (2020). The new BMW: business model innovation transforms an automotive leader. *Journal of Business Strategy*. doi: 10.1108/JBS-02-2020-0021
- [52] Lee, S. M., & Jeong, S. C. (2020). A study on strategy for invigorating utilization of HPC in industry based on business building blocks model. *Nonlinear Theory and Its Applications, IEICE (NOLTA)*, 11(1), 78–89. doi: 10.1587/nolta.11.78
- [53] Liu, P., & Bell, R. (2019). Exploration of the initiation and process of business model innovation of successful Chinese ICT enterprises. *Journal of Entrepreneurship in Emerging Economies*, 11(4), 515–536. doi: 10.1108/JEEE-09-2018-0094
- [54] Lowther, D., Ghorbanian, V., Mohammadi, M. H., & Ibrahim, I. (2020). Design tools for electromagnetic- driven multi-physics systems using high performance computing. *COMPEL – The international journal for computation and mathematics in electrical and electronic engineering*, 39(1), 198–205. doi: 10.1108/COMPEL-06-2019-0234
- [55] Ma, Z. (2019). Business ecosystem modeling- the hybrid of system modeling and ecological modeling: an application of the smart grid. *Energy Informatics*, 2(35), 1–24. doi: 10.1186/s42162-019-0100-4
- [56] Maimbo, H., & Pervan, G. (2005). Designing a Case Study Protocol for application in IS research. V *9th Pacific Asia Conference on Information Systems: I.T. and Value Creation*,

- PACIS 2005 (str. 1281–1292). Pridobljeno od <http://www.pacis-net.org/file/2005/113.pdf>
- [57] MIKELANGELO. (b. d.). MIKELANGELO project – OpenFoam use case. Pridobljeno 9. november 2020., od <https://www.mikelangelo-project.eu/use-cases/openfoam/>
- [58] Misra, G., Kurkure, N., Das, A., Das, S., & Gupta, A. (2011). HPC – A Benediction for Agriculture. V *2011 International Conference on Information Communication and Management* (str. 130–135). Pridobljeno od https://www.researchgate.net/profile/Goldi_Misra/publication/264847357_HPC_-_A_Benediction_for_Agriculture/links/5501c8a0cf2d60c0e60ef33.pdf
- [59] Moore, J. F. (1993). Predators and Prey: A New Ecology of Competition. *Harvard Business Review*. Pridobljeno od <https://hbr.org/1993/05/predators-and-prey-a-new-ecology-of-competition>
- [60] Morakanyane, R., Grace, A. A., & O'Reilly, P. (2017). Conceptualizing Digital Transformation in Business Organizations: A Systematic Review of Literature. V A. Pucihar, M. Kljajić Borštnar, C. Kittl, P. Ravesteijn, R. Clarke, & R. Bons (Ur.), *30TH BLED ECONFERENCE: DIGITAL TRANSFORMATION – FROM CONNECTING THINGS TO TRANSFORMING OUR LIVES* (str. 427–444). Bled, Slovenia. doi: 10.18690/978-961-286-043-1.30
- [61] Morris, M., Schindehutte, M., & Allen, J. (2005). The entrepreneur's business model: toward a unified perspective. *Journal of Business Research*, 58(6), 726–735. doi: 10.1016/j.jbusres.2003.11.001
- [62] Muller, P., Robin, N., Jessie, W., Schroder, J., Braun, H., Becker, L. S., ... Cooney, T. (2019). *Annual Report on European SMEs 2018/2019*. Pridobljeno od https://ec.europa.eu/growth/smes/sme-strategy/performance-review_en#annual-report
- [63] Osterwalder, A., & Pigneur, Y. (2010). *Business Model Generation*. (T. Clark, Ur.). John Wiley & Sons, Inc. Pridobljeno od https://profesores.virtual.uniandes.edu.co/~isis1404/dokuwiki/lib/exe/fetch.php?media=bibliografia:9_business_model_generation.pdf
- [64] Pérez-Sánchez, H., Fassih, A., Cecilia, J. M., Ali, H. H., & Cannataro, M. (2015). Applications of High Performance Computing in Bioinformatics, Computational Biology and Computational Chemistry. V H. Perez-Sanchez, A. Fassih, J. M. Cecilia, H. H. Ali, & M. Cannataro (Ur.), *International Conference on Bioinformatics and Biomedical Engineering (IWBBIO 2015)* (str. 527–541). Pridobljeno od <http://kt.ijs.si/interno/Proceedings/IWBBIO2015/papers/9044/90440051.pdf>
- [65] PRACE. (b. d.). SHAPE Access For SMEs. Pridobljeno 27. avgust 2020., od <https://prace-ri.eu/prace-for-industry/shape-access-for-smes/>
- [66] PRACE. (2020). Spletna stran združenja PRACE. Pridobljeno 11. april 2020., od <https://prace-ri.eu/about/introduction/>
- [67] Pucihar, A., Kljajić Borštnar, M., Heikkilä, M., Bouwman, H., & de Reuver, M. (2015). Envision Case Study Protocol. Unpublished internal document-Envision project.
- [68] Pucihar, Andreja, Lenart, G., Kljajić Borštnar, M., Vidmar, D., & Marolt, M. (2019). Drivers and Outcomes of Business Model Innovation—Micro, Small and Medium-Sized Enterprises Perspective. *Sustainability*, 11(2). doi: 10.3390/su11020344
- [69] Reaño, C., Prades, J., & Silla, F. (2019). Analyzing the performance/power tradeoff of the rCUDA middleware for future exascale systems. *Journal of Parallel and Distributed Computing*, 132(344–362). doi: 10.1016/j.jpdc.2019.04.021
- [70] Sadiku, M. N. O., Eze, K. G., & Musa, S. M. (2018). High-Throughput Computing. Pridobljeno 4. oktober 2020., od www.researchgate.net/publication/327152859_High-Throughput_Computing
- [71] SLING. (b. d.). Spletna stran slovenske iniciative SLING. Pridobljeno 11. november 2020., od <http://www.sling.si/sling/>
- [72] Solaimani, S., Heikkilä, M., & Bouwman, H. (2018). Business Model Implementation within Networked Enterprises: A Case Study on a Finnish Pharmaceutical Project. *European Management Review*, 15, 79–96. doi: 10.1111/emre.12124
- [73] Souza, A. D., Wortmann, H., Huitema, G., & Velthuisen, H. (2015). A business model design framework for viability; a business ecosystem approach. *Journal of Business Models*, 3(2), 1–29. doi: 10.5278/ojs.jbm.v3i2.1216
- [74] Starc Peceny, U., Urbančič, J., Mokorel, S., Kuralt, V., & Iljiš, T. (2019). Tourism 4.0: Challenges in Marketing a Paradigm Shift. V *Consumer Behavior and Marketing*. IntechOpen. doi: 10.5772/intechopen.84762
- [75] Sterling, T., Brodowicz, M., & Anderson, M. (2018). *High Performance Computing: Modern Systems and Practices*. Katey Birthcher. Pridobljeno od https://books.google.si/books?id=qOHIBAAAQBAJ&pg=PA30&lpg=PA30&dq=Chapter+1++Introduction++ThomasSterling+Matthew+Anderson+Maciej+Brodowicz&source=bl&ots=rLDCDp-bC3&sig=ACfU3U2A-vX_tE5JaV2hk0ZvvguPTrfp_g&hl=sl&sa=X&ved=2ahUKEwi s1or4jOPoAhXQs4sKHSYAgQ6A
- [76] Teece, D. J. (2010). Business Models, Business Strategy and Innovation. *Long Range Planning*, 43(2–3), 172–194. doi: 10.1016/j.lrp.2009.07.003
- [77] Tian, C., Ray, B. K., Lee, J., & Cao, R. (2008). BEAM: A framework for business ecosystem analysis and modeling. Pridobljeno 3. februar 2021., od https://www.researchgate.net/publication/220353589_BEAM_A_framework_for_business_ecosystem_analysis_and_modeling
- [78] Tomašević, M., Lapuh, L., Stević, Ž., Stanujkić, D., & Karabašević, D. (2020). Evaluation of Criteria for the Implementation of High-Performance Computing (HPC) in Danube Region Countries Using Fuzzy PIPRECIA Method. *Sustainability*, 12(7). doi: 10.3390/su12073017
- [79] Top500. (2020). top500. Pridobljeno 4. oktober 2020., od <https://www.top500.org/lists/top500/2020/06/>
- [80] Univerza v Mariboru. (2019a). HPC RIVR v svetu. Pridobljeno 7. oktober 2020., od <https://www.hpc-rivr.si/hpc-rivr-v-svetu/>
- [81] Univerza v Mariboru. (2019b). Projekt HPC RIVR. Pridobljeno 7. oktober 2020., od <https://www.hpc-rivr.si/>
- [82] Vial, G. (2019). Understanding digital transformation: A review and a research agenda. *The Journal of Strategic Information Systems*, 28(2), 118–144. doi: 10.1016/j.jsis.2019.01.003
- [83] Wang, K., Kulkarni, A., Lang, M., Arnold, D., & Raicu, I. (2016). Exploring the design tradeoffs for extreme-scale high-performance computing system software. *IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems*, 27(4), 1070–1084. doi: 10.1109/TPDS.2015.2430852
- [84] Westerman, G., Bonnet, D., & McAfee, A. (2014). The Nine Elements of Digital Transformation. Pridobljeno 11. maj 2020., od <https://sloanreview.mit.edu/article/the-nine-elements-of-digital-transformation/>
- [85] Wieringa, R., Engelsman, W., Gordijn, J., & Ionita, D. (2019). A business ecosystem architecture modeling framework. V *21st IEEE Conference on Business Informatics (CBI)* (Let. 1, str. 147–156). IEEE. doi: 10.1109/CBI.2019.00024
- [86] Xie, X., Fang, X., Hu, S., & Wu, D. (2010). Evolution of supercomputers. *Frontiers of Computer Science in China*, 4(4), 428–436. doi: 10.1007/s11704-010-0118-z

- [87] Yin, R. K. (2009). *Case Study Research: Design and Methods*. (L. Bickman & D. J. Rog, Ur.) (Fourth). SAGE Publications, Inc. Pridobljeno od https://books.google.si/books?id=FzawIAiilHkC&pg=PA24&hl=sl&source=gbs_toc_r&cad=3#v=onepage&q&f=false
- [88] Yin, R. K. (2018). *Case Study Research and Applications, Design and Methods* (6. izd.). SAGE Publications.
- [89] Zott, C., Amit, R., & Massa, L. (2011). The business model: Recent developments and future research. *Journal of Management*. doi: 10.1177/0149206311406265

■

Blaž Gašperlin je doktorski študent in mladi raziskovalec na Fakulteti za organizacijske vede, Univerze v Mariboru. Leta 2016 je diplomiral na Fakulteti za elektrotehniko, Univerzi v Ljubljani. Leta 2019 je magistriral na Fakulteti za organizacijske vede. Njegovo raziskovanje je trenutno usmerjeno na področje digitalne preobrazbe in raziskovanje vloge digitalnih tehnologij in podatkov na inoviranje poslovnih modelov v malih in srednje velikih podjetjih. Sodeluje tudi pri organizacijskih aktivnostih priprave Blejske e-konference in se udeležuje domačih in tujih mednarodnih konferenc.

■

Mirjana Kljajić Borštnar je izredna profesorica za področje informacijskih sistemov na Fakulteti za organizacijske vede, Univerze v Mariboru. Njeno raziskovalno delo je usmerjeno v sisteme za podporo odločanju, odkrivanje znanja v podatkih in organizacijsko učenje. Izsledke raziskav objavlja v mednarodnih znanstvenih revijah in konferencah, med drugim *Expert Systems with Application*, *PLOS ONE*, *Industrial Management & Data Systems*, *System Dynamics Review*. Sodelovala je v več evropskih in domačih projektih. Je sovodja programskega odbora Blejske e-konference in Simpozija o operacijskih raziskavah v Sloveniji ter članica programskih odborov konferenc DSI, DataScience, WorldCist in drugih. V domačem okolju je aktivna kot predstavnica raziskovalnih organizacij v SRIP PMIS za področje HPC & Big Data, članica izvršnega odbora pobude AI4Slovenia in članica uredniškega odbora revije *Uporabna informatika*.