

UNIVERZA V LJUBLJANI
EKONOMSKA FAKULTETA

MATEJ JANEŽIČ

**MODELIRANJE UČEČE SE ORGANIZACIJE S POMOČJO
MOLEKULARNEGA MREŽNEGA PRISTOPA**

DOKTORSKA DISERTACIJA

Ljubljana, 2019

IZJAVA O AVTORSTVU

Podpisani Matej Janežič, študent Ekonomski fakultete Univerze v Ljubljani, avtor predloženega dela z naslovom Modeliranje učeče se organizacije s pomočjo molekularnega mrežnega pristopa, pripravljenega v sodelovanju s svetovalcem prof. dr. Vladom Dimovskim in sosvetovalcem dr. Milanom Hodoščkom

IZJAVLJAM

1. da sem doktorsko disertacijo pripravil/-a samostojno;
2. da je tiskana oblika doktorske disertacije istovetna njegovi elektronski oblik;
3. da je besedilo doktorske disertacije jezikovno korektno in tehnično pripravljeno v skladu z Navodili za izdelavo zaključnih nalog Ekonomski fakultete Univerze v Ljubljani, kar pomeni, da sem poskrbel/-a, da so dela in mnenja drugih avtorjev oziroma avtoric, ki jih uporabljam oziroma navajam v besedilu, citirana oziroma povzeta v skladu z Navodili za izdelavo zaključnih nalog Ekonomski fakultete Univerze v Ljubljani;
4. da se zavedam, da je plagiatorstvo – predstavljanje tujih del (v pisni ali grafični obliki) kot mojih lastnih – kaznivo po Kazenskem zakoniku Republike Slovenije;
5. da se zavedam posledic, ki bi jih na osnovi doktorske disertacije dokazano plagiatorstvo lahko predstavljalo za moj status na Ekonomski fakulteti Univerze v Ljubljani v skladu z relevantnim pravilnikom;
6. da sem pridobil/-a vsa potrebna dovoljenja za uporabo podatkov in avtorskih del v doktorski disertaciji in jih v njej jasno označil/-a;
7. da sem pri pripravi doktorske disertacije ravnal/-a v skladu z etičnimi načeli in, kjer je to potrebno, za raziskavo pridobil/-a soglasje etične komisije;
8. da soglašam, da se elektronska oblika doktorske disertacije uporabi za preverjanje podobnosti vsebine z drugimi deli s programsko opremo za preverjanje podobnosti vsebine, ki je povezana s študijskim informacijskim sistemom članice;
9. da na Univerzo v Ljubljani neodplačno, neizključno, prostorsko in časovno neomejeno prenašam pravico shranitve predloženega dela v elektronski obliki, pravico reproduciranja ter pravico dajanja predloženega dela na voljo javnosti na svetovnem spletu preko Repozitorija Univerze v Ljubljani;
10. da hkrati z objavo doktorske disertacije dovoljujem objavo svojih osebnih podatkov, ki so navedeni v njej in v tej izjavi.

V Ljubljani, dne _____

Podpis študenta: _____

ZAHVALE

Zahvaljujem se mentorju prof. dr. Vladu Dimovskemu za potrpežljivost in pomoč pri opravljanju svojega dela, strokovnih dilemah in pisanju doktorata. Iskrena hvala somentorju dr. Milanu Hodoščku, ki me je vpeljal v svet molekularnih simulacij, da je lahko nastalo moje pričujoče delo, ki kot prvič združuje modeliranje učeče se organizacije s področjem računalniških simulacij, za vso pomoč in konstruktivne nasvete.

Zahvaljujem se Javni agenciji za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije (ARRS), ki je financirala moj doktorski študij iz programa mladih raziskovalcev.

Najlepša hvala staršema, ki sta mi omogočila stopiti na tako dolgo izobraževalno pot.

Posebna zahvala gre moji Ivani. Brez njene ljubezni, pomoči in podpore bi vse bilo mnogo težje, kot je bilo.

MODELIRANJE UČEČE SE ORGANIZACIJE S POMOČJO MOLEKULARNEGA MREŽNEGA PRISTOPA

POVZETEK

Učeča se organizacija, ki postaja že sinonim za uspešno organizacijo prihodnosti, se mora v današnjem turbulentnem okolju hitro spremenjati in prilagajati na nove razmere, če želi doseči svoje cilje in namene. Dandanes mora vsaka organizacija stremeti k temu, da postane učeča se organizacija. V današnjem spreminjačem se okolju je nujno, da se organizacija transformira v učečo se organizacijo, da se lahko razvija prožno. Vsekakor to ni ne lahka ne kratkotrajna naloga.

V doktorski disertaciji predstavljamo nov pristop za modeliranje učeče se organizacije s pomočjo molekularnega mrežnega pristopa. V ta namen smo razvili nov FUTURE-O-DYN model za simulacijo učeče se organizacije kot kombinacijo modela FUTURE-O[®], celovitega modela, ki s sedmimi elementi vodi v učečo se organizacijo, s tehniko simulacije molekularne dinamike.

V doktorski disertaciji pristope simulacije molekularne dinamike, pri kateri klasične enačbe gibanja za vse delce sistema integriramo čez končno časovno obdobje, uporabimo za izračun proste energije za simulacijo učeče se organizacije. Predstavimo vse korake procesa modeliranja; od priprave podatkov do razvoja primernega simulacijskega prostora, potencialne energijske funkcije in parametrov za izvedbo simulacij učeče se organizacije.

Raziskovalni model prvič na svetovni ravni obravnava novi model FUTURE-O-DYN za modeliranje učeče se organizacije s pomočjo molekularnega mrežnega pristopa. V ta namen smo razvili parametre, ki opredeljujejo potencialno energijsko funkcijo na osnovi eksperimentalnih podatkov za par programerjev, ki je opisan v literaturi. V našem modelu je prosta energija sorazmerna z vrednostmi sedmih elementov v modelu FUTURE-O[®]. Rezultati simulacije kažejo, da se izračunane proste energije z modelom FUTURE-O-DYN zelo dobro ujemajo z eksperimentalno izmerjenimi vrednostmi za par programerjev. Razširitev modela na izbrano organizacijo, kjer so vrednosti za energijsko potencialno funkcijo pridobljene iz ustreznegra vprašalnika, pokaže, da je z našo novo metodo možno simulirati učeče se organizacije ter da so dobljeni rezultati smiselnii.

Opisani pristop tukaj je popolnoma splošen in velja za vsako učečo se organizacijo, tako izobraževalno, poslovno kot korporativno. Empirična potrditev našega modela sporoča, da je modeliranje učeče se organizacije s pomočjo molekularnega mrežnega pristopa izvedljivo in uporabno v praksi.

Ključne besede: učeča se organizacija, model FUTURE-O[®], model FUTURE-O-DYN, računalniške simulacije, molekularni mrežni pristop

MODELING A LEARNING ORGANIZATION USING A MOLECULAR NETWORK APPROACH

SUMMARY

Learning organization in nowadays turbulent environment dictates a hard tempo of adjusting to best achieve its goals and purposes. Organizations must start to change their attitude towards its learning and must become a learning organization. For the organization which seeks to become a learning organization is not enough to know only the goal of its journey but must also take the journey. Therefore it must change to the extent that it will become a learning organization. However, this is not an easy transformation procedure.

In doctoral dissertation we present a new approach for modeling a learning organization using molecular network framework. For the purpose of this study, we have developed a new FUTURE-O-DYN model for simulation of learning organization by combining the FUTURE-O® model, a comprehensive model that through the seven elements leads to a learning organization, with molecular dynamics simulation technique in which the classical equations of motion for all particles of a system are integrated over finite period of time.

Here, we apply molecular dynamics, in particular free energy simulation, to simulate a learning organization. All steps of modeling process; from data preparation to development of a suitable simulation space, potential energy function and parameters to carry out simulations of a learning organization are discussed.

The research model for the first time at the global level deals with the newly developed model FUTURE-O-DYN for modeling the learning organization using a molecular network approach. For this purpose we developed parameters that define potential energy function for a pair of programmers case described in the literature. In our model, the free energy is proportional to the values of the seven elements in the FUTURE-O® model. The simulation results indicate that the calculated free energies using FUTURE-O-DYN model are in excellent agreement with the experimentally measured values. The extension of the model to the selected organization, where the values for the energy potential function are derived from the corresponding questionnaire, shows that using our new simulation method of learning organizations is possible and that the results obtained are meaningful.

The approach described here is general and applicable to any learning organization, such as education, business or corporate based. The empirical confirmation of our model confirm that the modeling of a learning organization using a molecular network approach is feasible and can be used in practice.

Key words: learning organization, FUTURE-O® model, FUTURE-O-DYN model, computer simulations, molecular network framework

KAZALO

UVOD	1
1 KONCEPT UČEČE SE ORGANIZACIJE IN MODEL FUTURE-O[®]	9
1.1 Razumevanje učeče se organizacije	12
1.2 Učeča se organizacija	21
1.3 Konceptualni model implementacije učeče se organizacije.....	24
2 METODE MOLEKULARNEGA MODELIRANJA	29
2.1 Osnove molekularnega modeliranja	29
2.2 Pomen molekularnega modeliranja.....	37
2.3 Računalniške simulacije.....	38
2.4 Programska in strojna oprema	40
3 IZDELAVA IN ANALIZA MODELA FUTURE-O-DYN.....	41
3.1 Definicija organizacijskega prostora in razvoj potencialne funkcije	42
3.2 Opis računalniške simulacije.....	45
3.3 Definicija parametrov za simulacijo.....	48
3.4 Računalniška implementacija modela.....	50
3.5 Rezultati simulacij.....	56
3.6 Analiza rezultatov v kontekstu učeče se organizacije	63
SKLEP	89
LITERATURA IN VIRI.....	99
PRILOGE.....	115

KAZALO SLIK

Slika 1: Shematski prikaz organizacije kot molekule.	11
Slika 2: Model udejanjanja učeče se organizacije – model FUTURE-O [®]	22
Slika 3: Filozofija pristopanja k udejanjanju modela učeče se organizacije – model FUTURE-O [®] : sistem molekularnih povezav.....	23
Slika 4: Sedem elementov modela FUTURE-O [®]	24
Slika 5: Postopek izvedbe molekularnega modeliranja.....	38
Slika 6: Ponazoritev računalniške simulacije.....	39
Slika 7: Ponazoritev veznih in neveznih interakcij v sistemu dveh molekul vode.	44
Slika 8: Shema molekularnega modeliranja.....	46
Slika 9: Interaktivni proces teorije managementa in organizacije in simulacijskega modeliranja.....	47
Slika 10: Shematska struktura modela FUTURE-O-DYN.	49

Slika 11: Shema simulacijskega pristopa za modeliranje učeče se organizacije po modelu FUTURE-O-DYN.....	50
Slika 12: Razlika proste energije (ΔG) za prehod sistema iz stanja A v stanje B.....	53
Slika 13: Programiranje ponovitev v štirih krogih.....	54
Slika 14: Shematična predstavitev modela FUTURE-O [®] za ugotavljanje, ali je organizacija učeča ali ne, in model FUTURE-O-DYN za simulacijski pristop za določitev, ali je organizacija učeča ali ne.....	56
Slika 15: Vrednosti za lastnosti modela FUTURE-O [®] po posameznih krogih.....	59
Slika 16: Predpostavljene razlike proste energije izračunane z modelom FUTURE-O-DYN za splošno učečo se organizacijo, kjer vrednosti parametrov za lastnosti modela FUTURE-O [®] niso vse enake.	60
Slika 17: Termodinamski cikel za primerjavo dveh računalniških iger.....	62
Slika 18: Termodinamski cikel za vključitev novega kandidata.....	64
Slika 19: Vrednosti za zaposleni 1	69
Slika 20: Vrednosti za zaposleni 2.....	69
Slika 21: Vrednosti za zaposleni 3	69
Slika 22: Vrednosti za zaposleni 4.....	69
Slika 23: Vrednosti za zaposleni 5.....	70
Slika 24: Vrednosti za zaposleni 6.....	70
Slika 25: Vrednosti za zaposleni 7	70
Slika 26: Vrednosti za zaposleni 8	70
Slika 27: Vrednosti za zaposleni 9	70
Slika 28: Vrednosti za zaposleni 10.....	70
Slika 29: Simulacija celotne organizacije z modelom FUTURE-O-DYN po lastnostih modela FUTURE-O [®]	71
Slika 30: Simulacija celotne organizacije z modelom FUTURE-O-DYN po elementih modela FUTURE-O [®]	72
Slika 31: Shematska predstavitev izvedbe simulacij z modelom FUTURE-O-DYN za izbrano organizacijo.....	73
Slika 32: Zaposleni 2 proti zaposleni 1.....	75
Slika 33: Zaposleni 3 proti zaposleni 1.....	75
Slika 34: Zaposleni 3 proti zaposleni 2.....	75
Slika 35: Zaposleni 4 proti zaposleni 1.....	75
Slika 36: Zaposleni 4 proti zaposleni 2.....	75
Slika 37: Zaposleni 4 proti zaposleni 3.....	75
Slika 38: Zaposleni 5 proti zaposleni 1.....	75
Slika 39: Zaposleni 5 proti zaposleni 2.....	76
Slika 40: Zaposleni 5 proti zaposleni 3.....	76
Slika 41: Zaposleni 5 proti zaposleni 4.....	76
Slika 42: Zaposleni 6 proti zaposleni 1.....	76
Slika 43: Zaposleni 6 proti zaposleni 2.....	76
Slika 44: Zaposleni 6 proti zaposleni 3.....	77

Slika 45: Zaposleni 6 proti zaposleni 4	77
Slika 46: Zaposleni 6 proti zaposleni 5	77
Slika 47: Zaposleni 7 proti zaposleni 1	77
Slika 48: Zaposleni 7 proti zaposleni 2	77
Slika 49: Zaposleni 7 proti zaposleni 3	77
Slika 50: Zaposleni 7 proti zaposleni 4	78
Slika 51: Zaposleni 7 proti zaposleni 5	78
Slika 52: Zaposleni 7 proti zaposleni 6	78
Slika 53: Zaposleni 8 proti zaposleni 1	78
Slika 54: Zaposleni 8 proti zaposleni 2	78
Slika 55: Zaposleni 8 proti zaposleni 3	78
Slika 56: Zaposleni 8 proti zaposleni 4	79
Slika 57: Zaposleni 8 proti zaposleni 5	79
Slika 58: Zaposleni 8 proti zaposleni 6	79
Slika 59: Zaposleni 8 proti zaposleni 7	79
Slika 60: Zaposleni 9 proti zaposleni 1	79
Slika 61: Zaposleni 9 proti zaposleni 2	79
Slika 62: Zaposleni 9 proti zaposleni 3	80
Slika 63: Zaposleni 9 proti zaposleni 4	80
Slika 64: Zaposleni 9 proti zaposleni 5	80
Slika 65: Zaposleni 9 proti zaposleni 6	80
Slika 66: Zaposleni 9 proti zaposleni 7	80
Slika 67: Zaposleni 9 proti zaposleni 8	80
Slika 68: Zaposleni 10 proti zaposleni 1	81
Slika 69: Zaposleni 10 proti zaposleni 2	81
Slika 70: Zaposleni 10 proti zaposleni 3	81
Slika 71: Zaposleni 10 proti zaposleni 4	81
Slika 72: Zaposleni 10 proti zaposleni 5	81
Slika 73: Zaposleni 10 proti zaposleni 6	81
Slika 74: Zaposleni 10 proti zaposleni 7	82
Slika 75: Zaposleni 10 proti zaposleni 8	82
Slika 76: Zaposleni 10 proti zaposleni 9	82

KAZALO TABEL

Tabela 1: Izračunane vrednosti (REAP) za par programerjev z uporabo modela FUTURE-O-DYN (Račun.) iz enačbe (8) v primerjavi z eksperimentalnimi podatki (Eksp.), izračunano z uporabo enačbe (7).	58
Tabela 2: Anonimni vprašalnik za obravnavo usmerjenosti organizacije k učeči se organizaciji.	68
Tabela 3: Kazalo slik za primerjave zaposlenih.	83

Tabela 4: Element 1 – temelji.....	85
Tabela 5: Element 2 – okolje.....	86
Tabela 6: Element 3 – strategija	86
Tabela 7: Element 4 – klima.....	87
Tabela 8: Element 5 – implementacija	87
Tabela 9: Element 6 – spremljanje	88
Tabela 10: Element 7 – (za)sidranje.....	88

KAZALO PRILOG

Priloga 1: Vhodni računalniški ukazni skripti za izračun proste energije za samostojnega programerja.	1
Priloga 2: Parametri in rezultati, uporabljeni v skriptu iz priloge 1.....	4
Priloga 3: FUTURE-O-DYN program za simulacije učeče se organizacije.....	5
Priloga 4: CHARMM skripte, uporabljene za izračun razlike v prosti energiji iz termodinamskega cikla z modelom FUTURE-O-DYN po posameznih lastnostih oziroma elementih modela FUTURE-O [®]	16

UVOD

Sodobna učeča se organizacija gradi trajnostne konkurenčne prednosti na znanju in intelektualnem kapitalu, ki je njihov edini gospodarski vir. Učeča se organizacija je idealna oblika organizacije. Je kraj, kjer se prepričanja, vrednote in norme zaposlenih negujejo v podporo trajnemu učenju; kjer je "učenje vzdušje", "učna kultura" ali "učno podnebje"; in kjer je "učiti se učenja" bistvenega pomena za vse vpletene.

Učeča se organizacija predvideva spremembe, je zavezana k ustvarjanju novega znanja in inovacij ter se je naučila, kako se učiti. Učeča se organizacija ima strukturo, ki se izboljšuje s tem, da olajša zaposlenim učenje. Zato je najbolje za vse organizacije, da se na sodobne izzive hitro spreminjajočih se okolij odzovejo tako, da se preoblikujejo v učečo se organizacijo (Senge, 1990; Senge, Ross, Smith, Roberts & Kleiner, 1994; Senge in drugi, 1999, 2000; Dimovski, Penger, Škerlavaj & Žnidaršič, 2005).

Organizacije, ki imajo strogo hierarhijo vodenja, centralizirano odločanje in so neprožne, torej so organizirane kot npr. stroji, danes nimajo več perspektive (Watkins & Marsick, 1992; Watkins & Marsick, 1993). V današnjem spreminjajočem se okolju je nujno, da se organizacija transformira v učečo se organizacijo, da se lahko razvija prožno (Pedler, Burgoyne & Boydell, 1996). Vsekakor to ni ne lahka ne kratkotrajna naloga.

Opis ožjega znanstvenega področja in problema

Učeča se organizacija, ki postaja že sinonim za uspešno organizacijo prihodnosti, se v današnjem turbulentnem okolju hitro spreminja in prilagaja na nove razmere, da doseže svoje cilje in namene. Predvsem se mora izogibati pastem, kot so kaotično obnašanje zaradi pomanjkanja vodenja in odločanja in/ali preohlapno definirane organizacijske strukture (Kerka, 1995; Foo, 2011). Kljub naštetemu se je nujno zavedati, da je takšna preobrazba neizogibno potrebna (Dixon, 1994).

V ta namen mora organizacija stalno preučevati notranje in zunanje okolje, učiti pa se mora hitreje od konkurentov (Garvin, 1993, 2000; Brown & Gioia, 2002; Ashworth, 2003; Armstrong, 2006). Zato v svoje delovne procese vključuje učeče se time, ki so sestavljeni iz učečih se posameznikov in ki v nadaljevanju vzpostavijo model managementa znanja (Bertoncelj, Meško, Naraločnik & Nastav, 2011; Daft, 2012). Vodja učeče se organizacije pa zagotavlja, da se vrednote učeče se organizacije razpršijo med vse zaposlene in da ta model postane del osebne in strokovne rasti vsakega posameznika (Gilley & Maybunich, 2000; Maurik, 2001; Bowfield & Muray, 2008; Zagoršek, Dimovski & Škerlavaj, 2009). Pomembno je nenehno se učiti, ker danes spremembe niso le hitre, temveč zelo kompleksne (Finger & Brand, 1999; Dimovski, Černe, Penger, Škerlavaj & Marič, 2011).

V učeči se organizaciji se kontrolna in nadzorna funkcija nadomestita z zavzemanjem za učenje med vsemi organizacijskimi člani in z njimi (Garvin, 1993, 2000; Hernaus, Škerlavaj & Dimovski, 2008). V takem primeru gre za nov razvoj organizacije, gre za decentralizacijo, ki omogoča odprto komunikacijo znotraj organizacije in vseh zaposlenih. Zato se mora učeča se organizacija v celoti izogibati tradicionalnih hierarhičnih struktur vodenja (O'Keeffe, 2002; Martineau & Paterson, 2010), saj mora biti informacija v učeči se organizaciji horizontalno porazdeljena.

Učeča se organizacija ima tudi pečat zgledne organizacije v smislu vodenja človeških virov, ker da velik poudarek na razvoju zaposlenih in njihovega potenciala (Argyris & Schön, 1978, 1996; Cohen & Prusak, 2001). Torej, da se klasična organizacija spremeni v učečo se organizacijo, mora iz toge organizacijske strukture preiti na prilagodljivo organizacijsko strukturo. Učenje pa je proces, s katerim se organizacija prilagaja okolju (Marshall & Rosman, 2011). Učenje v učeči se organizaciji poteka na vseh nivojih (Gardner, 2010). Ločujemo med organizacijskim učenjem in učečo se organizacijo (Di Bella & Nevis, 1998). Organizacijsko učenje je proces, aktivnost. Učenje proizvaja informacije za obdelavo. Z učenjem se znanje spreminja v intelektualni kapital (Mayer, 2002). Znanje postaja kapital 21. stoletja.

Transformacijo v učečo se organizacijo je možno uspešno udejanjiti s pomočjo modela FUTURE-O®, ki sta ga razvila Dimovski in Penger (2004a) ter sloni na molekularno mrežnem pristopu, po katerem vsaka spremembra v organizaciji vpliva na preostale elemente (Škerlavaj & Dimovski, 2006a, 2006b, 2007; Škerlavaj, Štemberger, Škrinjar & Dimovski, 2007; Škerlavaj, Dimovski & Desouza, 2010; Škerlavaj, Dimovski, Mrvar & Pahor, 2010). Model FUTURE-O® sestoji iz sedmih elementov, ki jih ni treba vpeljati po kronološkem vrstnem redu, temveč se lahko obravnava in spreminja vsak element neodvisno od ostalih, dokler organizacija ne postane učeča se organizacija (Dimovski, Penger & Žnidaršič, 2003; Dimovski & Penger, 2004; Dimovski & Škerlavaj 2004). Pomeni prehod od vertikalne organizacijske strukture k procesni organiziranosti, značilni za učečo se organizacijo, in predstavlja celovit strateški načrt za vodstvo in za vse zaposlene v organizaciji.

Sedem lastnosti, ki jih mora izpolnjevati moderna organizacija za udejanjanje učeče se organizacije, ki vodijo v njen preobrazbo v organizacijo prihodnosti in na katerih sloni model FUTURE-O® (Dimovski, Penger, Škerlavaj & Žnidaršič, 2005), od managerjev zahteva, da so: fokusirani, učinkoviti, trenirani, uspešni, razumni, elastični in organizirani. Od ostalih zaposlenih pa, da interaktivno in simultano prispevajo k vsem procesom v organizaciji, dokler le-ta ne postane učeča se organizacija. Osnovano na zgornjih sedmih lastnostih se model FUTURE-O® v praksi sestoji iz sedmih elementov, ki vključujejo: postavitev temeljev za začetek reorganizacije v učečo se organizacijo, izgradnjo podpornih okolij učeče se organizacije, oblikovanje celovite strategije in identifikacijo strateških ciljev, proces vodenja pri oblikovanju klime širitve organizacijskega znanja, oblikovanje in

implementacijo modela učeče se organizacije, spremljanje procesa reorganizacije in vrednotenja dosežkov ter (za)sidranje sprememb v učeči organizaciji in širitev koncepta učeče se organizacije.

Učeča se organizacija se na pogoste spremembe v okolju odziva podobno kot naravni sistemi (Allen & Tildesley, 1989; Karplus, 2002; Karplus & McCammon, 2002; Karplus & Kuriyan, 2005), saj vsaka sprememba vpliva na njene ostale elemente, in od tod ideja, da lahko organizacijo obravnavamo kot molekulo in jo zato lahko modeliramo s pomočjo molekularnega mrežnega pristopa.

Opredelitev predmeta raziskovanja, namena, cilja, raziskovalnega vprašanja in ocena prispevka k znanosti

Organizacija je lahko zelo različno predstavljena (Senge, 1990; Morgan, 1998; Dimovski, Penger, Škerlavaj & Žnidaršič, 2005). Vsaka organizacija potrebuje napredno organiziranost, uspešen management in motivirane zaposlene. Gospodarstvo vse bolj temelji na ekonomiji znanja, kjer so informacija, znanje in učenje najpomembnejši viri, zato učeča se organizacija predstavlja idealno rešitev za potrebe modernega časa.

Za odgovor na našteta vprašanja smo v dissertaciji definirali organizacijo kot molekulo in z molekularno mrežnim pristopom razvili nove modele in metode, s pomočjo katerih smo predstavili optimalno obliko učeče se organizacije. V ta namen smo uporabili metode in tehnike molekularnega modeliranja (Bartels, 2000; Bashford & Case, 2000; Becker, MacKerell, Roux & Watanabe, 2001; Chang & Dang, 2006). Molekularno modeliranje je široko uporabljeni orodje v znanosti, razvito tako, da nudi odgovore na različna zanimiva vprašanja na različnih področjih znanosti (Hassan, Guarnieri & Mehler, 2000; Chu, Trout & Brooks, 2003; Hu, Ma & Dinner, 2006; Buck, Bouquet-Bonnet, Pastor & MacKerell, 2006).

V bistvu je to proces v štirih korakih: definicija problema, izgradnja modela, izračun in analiza rezultatov. Ko dobro definiramo problem, ki ga lahko obravnavamo s pomočjo molekularnega modeliranja, nam to orodje omogoča obravnavati in dobiti odgovore na probleme, ki jih največkrat ni mogoče rešiti z drugimi pristopi (Gelin, 1976; Jorgensen Chandrasekhar, Madura, Impey & Klein, 1983; Karpen, Tobias & Brooks, 1993; Humphrey, Dalke & Schulten, 1996; Jorgensen & TiradoRives, 1996; Höchtl, Boresch, Bitomsky & Steinhauser, 1998; Im, Berneche & Roux, 2001).

Molekularno modeliranje je orodje, ki uporablja teoretične metode in računske tehnike za modeliranje obnašanja molekul. Široko se uporablja na različnih področjih znanosti, tako naravoslovnih kot družboslovnih. Največ pa se uporablja na področjih, kot so kemija, biologija, vede o materialih, za obravnavo strukture in dinamike različnih molekularnih sistemov, od majhnih kemijskih molekul, do velikih bioloških makromolekul (Mark &

Nilson, 2001; Leach, 2001; Lee, Hodošček & Chun, 2010; Woodcock in drugi 2011). Molekula je definirana kot povezava najmanj dveh atomov, povezanih s kemijsko vezjo. Velikosti molekul so zelo različne, od zelo majhnih – nekaj atomov, kot je npr. molekula vode, do zelo velikih – več milijonov atomov, kot so npr. biološke makromolekule (Šala, Hodošček, Arulmozhiraja & Fujii, 2009; Jiang, Hodošček & Roux, 2009).

Skupna značilnost molekularnega modeliranja je atomistična raven opisa molekularnega sistema. Njegova bistvena prednost je, da zmanjša kompleksnost sistema tako, da lahko v poteku simulacije obravnavamo veliko atomov. Najbolj uporabljeni metodi na področju molekularnih računalniških simulacij so molekularna mehanika, simulacija molekulske dinamike in Monte Carlo simulacijske metode. Obstaja tudi vrsta računalniških programov za molekularno modeliranje (Floppe & MacKerell, 2000; Hodošček, Billings, Cheatham & Brooks, 2001; Das in drugi, 2002; Miller in drugi, 2008; Brooks in drugi, 2009).

Pristopi molekularnega modeliranja, potem ko smo definirali problem, vsebujejo tri stopnje. Prva stopnja je izbira modela, ki opiše molekularne interakcije (povezave) v sistemu. Dva najbolj uporabljeni modeli, ki se uporabljata v molekularnem modeliranju, sta kvantna mehanika in molekularna mehanika. Ta modela omogočata izračun energije katere koli prostorske organizacije atomov v sistemu ter določitev spremembe energije glede na spremembo leg atomov v sistemu. Druga stopnja molekularnega modeliranja je sam izračun, npr. minimizacija energije, simulacija molekulske dinamike ali Monte Carlo simulacija. Tretja stopnja pa je vezana na analizo rezultatov, kjer ne preverimo samo pravilnosti izvedbe računa, ampak tudi pravilnost izvedenih pristopov. Molekularno modeliranje je hitro rastoča znanstvena disciplina. Njen razvoj v zadnjih letih pospešuje hiter razvoj programske in strojne računalniške opreme.

S pomočjo metod in tehnik molekularnega modeliranja (McCammon & Harvey, 1987; Leach, 2001; Schlick, 2002; Woodcock in drugi, 2007, Miller in drugi, 2008; Brooks in drugi, 2009) smo razvili nove pristope, ki omogočajo novo vrsto obravnave učečih se organizacij. Z uporabo modela FUTURE-O[®] in s pomočjo molekularnega mreženja smo poskušali pokazati, da obstaja korelacija med konceptom poslovne odličnosti in konceptom učeče se organizacije ter da predstavlja učeča se organizacija pot do poslovne uspešnosti.

Predmet doktorske disertacije je razvoj takih novih pristopov za modeliranje organizacije s pomočjo molekularnega mrežnega pristopa, da bo organizacija postala učeča se organizacija. Novi pristopi so osnovani na modelu FUTURE-O[®] (Dimovski & Penger, 2004), ki je prvi slovenski celoviti model, ki prek sedmih elementov vodi do popolno razvite učeče se organizacije. Z uporabo molekularnega mrežnega pristopa za modeliranje organizacij smo razvili nov pristop za simulacije učeče se organizacije kot kombinacije teorije za učeče se organizacije in računalniških simulacij. Razvili smo nov model in računalniški program FUTURE-O-DYN na podlagi programov za simulacijo molekularne dinamike tako, da smo implementirali model FUTURE-O[®] v pristope za molekularno

modeliranje. S takim pristopom smo razširili model FUTURE-O[®] in njegovo uporabnost v praksi ter pokazali, da predstavlja model FUTURE-O[®] model organizacije prihodnosti. Naša osnovna predpostavka je, da sta znanje in učenje ključnega pomena v organizaciji.

Namen doktorske disertacije se nanaša na preučevanje in razvoj novega pristopa za simuliranje učečih se organizacij, ki ima napovedno vrednost, in s tem prispevati k prepričanju, da je proces stalnega učenja ključen za dolgotrajni uspeh organizacij. Ta proces zahteva notranje preoblikovanje organizacije, da ima molekularno strukturo, kjer se ustvarjajo povezave med različnimi zaposlenimi v organizaciji in zunaj nje. Pomembno je, da vodja ni edini, ki odloča in deluje kot center moći, da se organizacija notranje preoblikuje tako, da postane učeča se organizacija. Zaposleni pa se kot atomi povežejo z medatomskimi interakcijami v večje enovite strukture. Na ta način lahko ustvarjajo povezave med ljudmi znotraj organizacije ali pa zunaj organizacije. Učeče se organizacije, ki so osnovane na molekularnem mrežnem pristopu, predstavljajo organizacijo prihodnosti, ker je taka organizacija prožna kot molekula, ki se je sposobna hitro odzivati na zunanje spremembe.

Cilj doktorske disertacije je s teoretičnim in empiričnim raziskovalnim metodološkim pristopom preučiti pojme, ki opredeljujejo učečo se organizacijo, ki v današnjem sodobnem in hitro spremenljajočem se okolju ključno vplivajo na uspešnost poslovanja organizacij in pokazati, da je učeča se organizacija pot do poslovne uspešnosti. Skozi perspektivo molekularnega mrežnega pristopa in z uporabo metod molekularnega modeliranja, torej, obravnavanja organizacije kot molekule, smo z uporabo napovedi modela FUTURE-O[®] razvili model FUTURE-O-DYN, ki smo ga vgradili v ustrezен računalniški program. Le-ta omogoča simulacije učeče se organizacije, podobne simulacijam molekul, in iskanje optimalne sestave elementov organizacije.

Raziskovalna vprašanja, na katera smo skušali odgovoriti v doktorski disertaciji, so:

1. Ali je z metodami molekularnega modeliranja, to je z modelom FUTURE-O-DYN, možno dinamizirati in kvantificirati model FUTURE-O[®] in napovedati, ali je organizacija učeča se organizacija?
2. Ali je s pomočjo modela FUTURE-O-DYN možno napovedati, po kateri lastnosti oziroma po katerem od elementov modela FUTURE-O[®] je organizacija učeča se organizacija?
3. Ali je s pomočjo modela FUTURE-O-DYN možno napovedati stopnjo razvoja učeče se organizacije?

Teoretični znanstveni prispevek doktorskega dela je razvoj novega modela za obravnavanje organizacije kot molekule z uporabo metod molekularnega modeliranja, predvsem uporabe pristopov računalniških simulacij. Določili smo nove potencialne funkcije, posebej prilagojene za obravnavo našega problema, s pomočjo katere smo lahko pravilno

napovedali znotraj organizacijske relacije, ki so posebej pomembne za doseganje cilja, da organizacija postane učeča se organizacija. Poskušali smo poiskati in upoštevati dejavnike, ki jih potrebujemo za takšno napoved, npr. pozicije, aktivnosti, sisteme in podsisteme. V ta namen smo razvili parametre za energijsko potencialno funkcijo za simulacijo organizacije, vpeljali mero za učečnost – spremembo proste energije (ΔG) – po posameznih sedmih lastnostih modela FUTURE-O[®] in vpeljali mero za učečnost – razlika v prosti energiji, izračunani iz termodinamskih ciklov ($\Delta\Delta G$) – po posameznih sedmih elementih modela FUTURE-O[®].

Glavni temelj napovedi za rast znanja pa je razumevanje, kako se vsak od podsistemov v organizaciji razvija in kako se ti podsistemi medsebojno povezujejo ter posledično, kako vplivajo drug na drugega, da lahko tvorijo organsko celoto. Sodobna učeča se organizacija ne loči zgolj med raznovrstnimi procesi in strukturami, ampak prek več dimenzionalnega razumevanja vloge posameznika ter njegovih povezav z zaposlenimi in celotno organizacijo išče stalno ravnovesje med procesi in strukturami.

Uporabni prispevek doktorskega dela je razvoj modela FUTURE-O-DYN in ustreznega računalniškega programa. Ta modelni računalniški program smo implementirali v Chemistry at Harvard Molecular Mechanics (CHARMM) računalniški program za molekularno modeliranje (Brooks in drugi, 1983). Za širšo uporabo pa je tako razviti model in program možno predstaviti tudi kot javno dostopen samostojni program v obliki storitve prek spletnega strežnika.

Pričakovana ocena prispevka doktorske disertacije k znanosti je v tem, da poskuša združiti dve aktualni področji znanosti, teorijo managementa in organizacije s pristopi molekularnega modeliranja, torej, da s pomočjo takšnega novega obravnavanja organizacije kot molekule predvidimo njeno organizacijsko najprimernejšo obliko, ki jo bo vodila do učeče se organizacije. Učeča se organizacija je namreč osrednji koncept prihodnosti in pot do uspeha. Znanje pa nedvomno pomembno prispeva h konkurenčnim prednostim v sodobnem poslovнем okolju.

Tu gre za interdisciplinarni pristop, v katerem smo želeli ta pomembna spoznanja prenesti na področje simulacij organizacij in smo kot dokaz koncepta pokazali, da je tak pristop možen in smiseln ter da je mogoče dinamizirati in kvantificirati statični model za učeče se organizacije in napovedati, ali je organizacija učeča se organizacija. Takšen pristop še ni bil razvit in ga štejemo kot pomemben rezultat k obstoječi zakladnici znanja.

Opredelitev znanstvenih metod raziskovanja

V doktorski disertaciji smo razvili in testirali različne metode na področju molekularnih računalniških simulacij učeče se organizacije. Uporabili smo model organizacije kot molekule in s pomočjo molekularnega mrežnega pristopa napovedali, ali je organizacija

učeča se organizacija ali ni. Posebnost našega pristopa je v tem, da smo združili vse prednosti, ki jih dajejo model FUTURE-O[®], ki vodi do popolno razvite učeče se organizacije, in pristopi molekularnega modeliranja. Razvili smo nov model FUTURE-O-DYN za molekularne simulacije učeče se organizacije tako, da smo združili model FUTURE-O[®] z molekularnimi simulacijami. V ta namen smo oblikovali nov računalniški program na osnovi modela FUTURE-O-DYN, ki omogoča uporabo vseh sedmih lastnosti in vseh sedmih elementov modela FUTURE-O[®] simultano ali vsakega posamično.

Glavnina metodološkega dela v doktorski disertaciji je razvoj modela FUTURE-O-DYN in računalniškega programa za simulacije učeče se organizacije. To pomeni definiranje organizacijskega prostora, definiranje potencialne funkcije, razvoj novega računalniškega programa za izvedbo simulacij, definiranje parametrov za simulacijo, implementacijo modela tako, da so rezultati simulacij smiseln in, kar je najpomembnejše, omogočajo analiziranje rezultatov v kontekstu učeče se organizacije.

Načrt za razvoj takšnega novega pristopa sestoji iz izvedbe dinamike modela FUTURE-O-DYN za dano organizacijo po načelih simulacije molekulske dinamike, katerih rezultat je trajektorija gibanja. Ta v vsakem trenutku natančno opiše gibanje atomov (zaposlenih) v organizacijskem prostoru. Rezultat smo dobili iz analize trajektorij gibanja s pomočjo korelacij med atomi (zaposlenimi), ki določajo medsebojne lastnosti elementov organizacije (interaktivno učenje). S pomočjo teh ugotovitev je možno napovedati, kako se organizacija uči in posledično, ali je učeča se organizacija.

Z razvojem novega modela FUTURE-O-DYN na področju učeče se organizacije smo najprej preučili njene splošne značilnosti in pokazali pomen, ki ga imajo načela učeče se organizacije na uspešnost poslovanja. Na podlagi tega modela smo določili najpomembnejše elemente oziroma lastnosti, ki vplivajo na razvoj učeče se organizacije. Pokazali smo, da ta model ponuja največ dodane vrednosti v smislu aplikacije uvajanja učeče se organizacije v organizacijo. Njegovi elementi pa ponujajo analizo učeče se organizacije. S tako analizo je možno preveriti, ali je učenje priznano oziroma cenjeno, ali vodi k zadovoljstvu zaposlenih in povečuje s tem konkurenčno prednost organizacije v poslovнем svetu.

Pri razvoju modela FUTURE-O-DYN in računalniškega programa smo najprej razvili modelno potencialno funkcijo, ki smo jo uporabili v simulacijah, na osnovi sedmih elementov modela FUTURE-O[®]. Ta potencialna funkcija je analitična in/ali numerična. Konstante njenih parametrov smo pridobili deloma iz literature, deloma iz podatkov, ki smo jih določili na osnovi vprašalnikov. S pomočjo potencialne funkcije smo izpeljali sile med atomi, to je interakcije med zaposlenimi v učeči se organizaciji. Tako smo dobili časovni potek medsebojnega vpliva posameznih delov učeče se organizacije.

Po izvedbi želenega števila korakov simulacije z modelom FUTURE-O-DYN in računalniškim programom smo kot rezultat dobili trajektorije, ki opisujejo časovni potek obravnavanega sistema. Z analizo trajektorij smo preverili uspešnost naših računov. Z izvedbo opisanih simulacij smo dobili orodja, ki nam povedo, kako hitro se lahko organizacija preobrazi v učečo se organizacijo.

Model FUTURE-O-DYN skupaj z računalniškim programom omogoča dinamizacijo in kvantifikacijo modela FUTURE-O[®] po vseh njegovih lastnostih in elementih. Zato pričakujemo, da se bo s takim pristopom povečala uporabnost modela FUTURE-O[®] v praksi, saj je cilj udejanjanja učeče se organizacije povečanje njenega intelektualnega kapitala ob sočasnem udejanjanju njene identitete, uspešnosti in konkurenčnosti.

Opredelitev omejitve dela

Omejitve teoretičnega dela se nanašajo na dejstvo, da pristop za simulacije učeče se organizacije s pomočjo simulacij molekularnega modeliranja še ni bil preučevan, ker se to področje šele razvija. Simulacija je tehnika, ki opisuje proces z razvojem modela tega procesa in nato izvaja eksperimente na modelu za napovedovanje obnašanja procesa skozi čas. Simulacijski model je poenostavljena predstavitev dejanskih življenjskih situacij, ki omogoča razumevanje in reševanje problema, ki ga je treba doseči s pristopom poskusov in napak.

Kljud prednostim simulacije imajo ti pristopi, tako kot večina orodij, svoje pomanjkljivosti. Veliko teh težav je mogoče pripisati računalniško intenzivni obdelavi, ki jo zahtevajo. Posledično rezultati simulacije morda ne bodo na voljo takoj, ko se začne simulacija – dogodek, ki se pojavi v realnem svetu takoj, lahko dejansko traja več ur, da se posnema v simuliranem okolju.

Zamude lahko nastanejo zaradi zelo velikega števila subjektov, ki se simulirajo, ali zaradi kompleksnih interakcij, ki se pojavijo med entitetami v sistemu, ki se simulira. Zato so simulatorji omejeni z omejenimi strojnimi platformami, ki ne morejo zadovoljiti računalniških zahtev simulatorja. Ker pa so na voljo čedalje močnejše računalniške platforme in izboljšane tehnike simulacije, postaja ta problem vse manj skrb vzbujajoč.

Omejitve praktičnega dela se nanašajo na dejstvo, da je naš novo razvit pristop šele v začetni fazi razvoja, to je dokaz koncepta, za katerega imamo na voljo eksperimentalne podatke za par programerjev, ki so služili za določitev parametrov potencialne funkcije za simulacijo in potrditve pravilnosti našega pristopa. Vsekakor bo v zvezi z razvojem tega pristopa in njegove direktne uporabe v praksi, na velikem številu organizacij različnih velikosti, potrebnega še veliko dela, da raziščemo njegove prednosti in omejitve ter eventualne pospološtive.

Struktura doktorske disertacije

V nadaljevanju bomo predstavili kratek pregled ožjih znanstvenih področij, preučevanih v doktorski disertaciji. Raziskovali smo področja modeliranja učeče se organizacije s pomočjo molekularnega mrežnega pristopa.

1 KONCEPT UČEČE SE ORGANIZACIJE IN MODEL FUTURE-O®

Organizacija je sistem ljudi in sredstev, ki morajo biti med seboj tako povezani, da dosežejo zastavljeni cilj. Pri tem so pomembna tako sredstva in viri kot ljudje, njihovi interesi in odnosi med ljudmi. Organizacija na vseh področjih omogoča realizacijo ciljev, ki jih posameznik ne bi mogel sam uresničiti. Za organizacijo je pomembno, da svoje zastavljene cilje tudi uresničuje. Na oblikovanje organizacije vpliva vrsta dejavnikov, ki neposredno ali posredno vplivajo na njeno organizacijsko strukturo. V organizacijah se tako notranji in zunanji dejavniki spreminjačo, tako da se mora organizacija tem spremembam nenehno prilagajati. Prava organizacijska struktura je temelj vsake organizacije.

Organizacija lahko temelji na podlagi različnih pristopov in schem. Za uspešno organizacijo je organizacijska struktura najpomembnejša. Organizacijska struktura je dinamična in jo moramo prilagajati stalnim spremembam v organizaciji. Potrebna je napredna organizacijska struktura, uspešno upravljanje, motivirani zaposleni in, kar je najpomembnejše, imeti mora uspešne izdelke na trgu in stalno rast. Skrbeti pa mora, kako organiziranost v organizaciji postaja zmogljivejša, učinkovitejša in bolj ustvarjalna.

Za doseganje večje učinkovitosti morajo biti menedžerji usposobljeni za prepoznavanje in uporabo različnih pristopov k organizaciji in upravljanju. Bistveno je, da menedžerji razumejo, da lahko v vsaki situaciji pride do več interpretacij. V nasprotnem primeru se bodo znašli v nepričakovanih težavah, ki jih bodo povzročile spremembe korporativnih programov za prestrukturiranje, ponovnega zagona ali reforme organizacijskega življenja. Ta pogled na organizacijsko stvarnost je seveda v celoti skladen s tem, kar so naravoslovci pokazali v povezavi s fizikalnimi in biološkimi svetovi (Morgan, 1998).

V knjigi *Images of Organization* Garteh Morgan (1998) ugotavlja, da vsa organizacijska teorija in teorija menedžmenta v praksi temelji na slikah ali metaforah, ki vodijo k razumevanju situacije na mogočne, a kljub vsemu samo delne načine. Po definiciji je metafora prvinska sila, s katero si ljudje ustvarjajo pomen z uporabo ene izkušnje, da bi razumeli drugo. Uporaba metafore omogoča, da razširimo razmišljanje in poglobimo razumevanje, s čimer lahko vidimo in delamo stvari na nove načine. Na ta način uporabljena metafora postane orodje za ustvarjanje razumevanja o tem, kar zdaj priznavamo kot organizacijsko teorijo in teorijo managementa, vendar je koncept same

organizacije tudi metafora (beseda metafora temelji na grški besedi za orodje ali instrument). Pojem metafora ima formalni vpliv na komuniciranje v znanosti o tem, kako razmišljamo, kako vidimo in kako se vsakodnevno izražamo in trdimo, da je A ali enak ali podoben B (Morgan, 1998).

V procesu razvoja je organizacijska teorija postala kot nekakšna biologija, v kateri so razlike in odnosi med molekulami, celicami, kompleksnimi organizmi in ekologijo vzporedne s tistimi med posamezniki, skupinami, organizacijami, vrstami organizacij in njihovo socialno ekologijo. To je ustvarilo nove ideje za razumevanje, kako organizacije delujejo in dejavniki, ki vplivajo na njihovo blaginjo (Morgan, 1998). Če opredelimo celotno organizacijo kot odprt sistem, potem lahko druge nivoje razumemo kot podsisteme, tako kot se lahko molekule, celice in organi obravnavajo kot podsistemi živih organizmov, čeprav so kompleksni, odprti sistemi sami zase. Struktura sistema v danem trenutku (času) ne določa procesa, ampak je odraz procesa, v nasprotju z zaprtimi sistemi, kjer so razmerja določena tako, da ustvarijo specifične vzroke in učinke (Morgan, 1998).

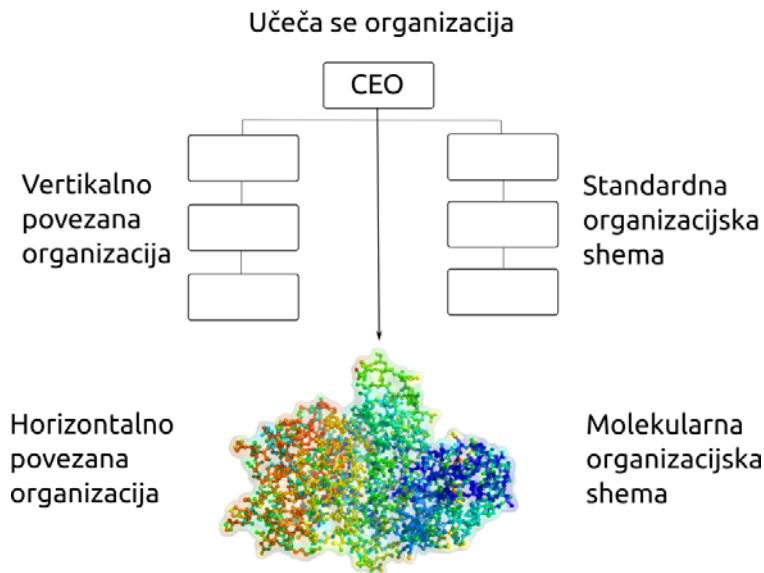
Obstajajo različne opredelitve modela učeče se organizacije. Pri našem raziskovanju, katerega namen je kvantificirati model FUTURE-O®, ki služi kot model za udejanjanje učeče se organizacije (Dimovski, Penger, Škerlavaj & Žnidaršič, 2005) z uporabo pristopov molekularnega modeliranja, opredelimo model organizacije kot učečega se sistema kot molekulo, ki jo sestavlajo atomi, povezani z vezmi. Najmanjše molekule so sestavljene iz dveh atomov (dvoatomne molekule, npr. O₂), večje molekule pa lahko sestavlja tudi več milijonov atomov (večatomne molekule, npr. proteini). Večatomne molekule obravnavamo podobno kot dvoatomne.

Slika 1 predstavlja vertikalno povezano organizacijo kot standardno organizacijsko shemo in horizontalno povezano organizacijo kot molekularno organizacijsko shemo. V našem modelu organizacije kot molekule atomi v molekuli predstavljajo zaposlene in vezi med atomi interakcije med zaposlenimi, molekula pa organizacijo. Pristop modeliranja organizacije kot molekule služi kot organizacijski okvir, s katerim bi se lahko organizacijski koncepti in cilji oblikovali, razširili in sintetizirali. V našem pristopu to konstrukcijo imenujemo molekula, izraz izposojeni iz elementarne kemije, ki predstavlja formacije generičnih modelskih idej, kot se nanašajo na organizacijo. Ta način združevanja področij znanja ustvarja sestavljenou specifikacijo obnašanja v obliki dinamičnega vidika molekularnega organizacijskega modela.

Na tej osnovi poskušamo razviti nove modele in pristope za določitev optimalne organizacijske strukture organizacije, da bi dosegli njen najboljši uspeh. Naša raziskava se osredotoča na razvoj novega pristopa za modeliranje organizacije kot molekule, da le-ta postane učeča se organizacija, ker je znano, da se organizacija uspešno razvija tako, da se preoblikuje v učečo se organizacijo (Senge, 1990; Senge, Ross, Smith, Roberts & Kleiner, 1994; Senge in drugi, 1999, 2000; Dimovski & Penger, 2004; Dimovski, Penger, Škerlavaj

& Žnidaršič, 2005). Za preoblikovanje organizacije v učečo se organizacijo je najprej potreben učinkovit management, ki ne temelji na tradicionalni hierarhiji, temveč je kombinacija različnih ljudi z vseh ravni sistema, ki vodijo organizacijo na različne načine (Senge, 1996).

Slika 1: Shematski prikaz organizacije kot molekule



Vir: Lastno delo.

Če povzamemo, v učeči se organizaciji ni le višji management tisti, ki lahko opravlja vse razmišljanje za celotno organizacijo. V učeči se organizaciji se od vseh zaposlenih pričakuje, da izkoristijo svoje notranje vire in potencial v upanju, da lahko gradijo svojo skupnost, ki temelji na načelih svobodne in kolektivne volje za učenje. Učeča se organizacija teži k učenju organizacije same in k temu, da se znanje posameznikov prenaša na druge in da znanje v organizaciji tudi ostane. Torej, učeča se organizacija teži k učenju posameznikov v organizaciji in učenju organizacije same. Ravnovesje med tem dveva imperativoma je pomembno za učečo se organizacijo.

Proces preoblikovanja organizacije v učečo se organizacijo je dolgotrajen in lahko se pričakujejo manjša nazadovanja. Gre za pomemben proces, ki združuje vse zaposlene tako, da delajo kot ena velika skupina. Poleg tega ima finančne prednosti, ki jih prinaša s tem, da se spremeni delovno mesto v dobro voden in zanimiv kraj za delo; kraj, ki resnično vrednoti svoje zaposlene (Senge, 1996).

Učeča se organizacija je tista, ki si prizadeva ustvariti svojo lastno prihodnost; ki predvideva, da je učenje nenehen in ustvarjalni proces za vse njene člane; in tista, ki se razvija, prilagaja in se preoblikuje kot odgovor na potrebe in želje ljudi, tako znotraj kot zunaj nje (Johnson, 1993). Biti učeča se organizacija je dobra stvar. Toda tudi če

uporabljamo ta izraz, morda ne bomo prepričani, kaj to pomeni (Wilhelm, 2017). Biti učeča se organizacija zagotavlja konkurenčno prednost: učeče se organizacije so vrhunski konkurenti, imajo blagovno znamko, ki je konkurenti nimajo in privabljajo in ohranajo najboljše talente. Z vsemi temi prednostmi bi pričakovali, da se bo večina organizacij trudila, da bi postale učeče se organizacije. In pravzaprav mnoge to storijo.

Če torej želimo ustvariti resnično učečo se organizacijo, kako bomo to storili? Nekdo na vrhu mora verjeti v vrednost neprekinjenega učenja in višji vodje morajo jasno sporočiti vrednost, ki jo organizacija posveča učenju in še pomembnejše, ki jo udejanja s svojim delovanjem (Wilhelm, 2017).

1.1 Razumevanje učeče se organizacije

Učeča se organizacija se v veliki meri razlikuje od klasične organizacije po sistematičnem reševanju problemov, sistematičnem raziskovanju, pridobivanju, testiranju in prenosu novega znanja v prakso, učenju iz lastnih preteklih uspehov in napak, učenju iz tujih izkušenj ter hitrem in učinkovitem prenosu znanja v celotno organizacijo. Po Garvinu (1985) je to organizacija, ki ve, kako ustvarjati, pridobivati, razlagati, prenašati in obdržati znanje ter namerno spremeniti svoje vedenje, da bi lahko uporabila svoje nove veščine in znanje. Učeča se organizacija predstavlja sodobni organizacijski koncept, ki pomeni drugačen odnos do znanja zaposlenih, zaradi česar se spremeni tudi način vodenja in delovanja v organizaciji. Ta koncept postaja čedalje bolj pomemben, ker vodi k boljšemu delovanju organizacije.

Učeča se organizacija uveljavlja dobre poslovne prakse, nove temeljne zmožnosti in ima večjo sposobnost prilaganja na spremembe (Morgan, 1998). Vodstvo v učeči se organizaciji je tisto, ki postavlja vzgled za druge. V organizaciji se ne bo zgodila nobena pomembna sprememba, če ne bo prišla z vrha. Vodstvo mora biti sestavljeni iz skupine različnih ljudi, na različnih položajih, ki vodijo na različne načine (Senge, 1995). Povezava med usmerjenostjo vodstva, kot je v učeči se organizaciji, in vzdržnostjo organizacije je bila obširno raziskana (Chen, 2010; Cheng, Wang, Moermann, Olaniran & Chen, 2012; Jamali, 2006).

Teorije in modeli za učeče se organizacije. Tako kot obstajajo številne definicije učeče se organizacije, obstaja tudi več teorij za učeče se organizacije. Skupno vsem pa je, da poudarjajo pomen učenja in znanja tako posameznika kot organizacije. Za začetnika teorije učeče se organizacije velja Peter Senge, ki jo je objavil v delu *The Fifth Discipline* (Senge, 1990). Sengev pristop (Senge, 1990) temelji na petih osnovnih disciplinah za izgradnjo učeče se organizacije, ki jih je treba obvladati pri uvajanju učenja v organizacijo: sistemsko mišljenje, osebno mojstrstvo, prepoznavanje mentalnih modelov, gradnja skupne vizije in timsko učenje:

- *Sistemsko mišljenje* – zmožnost videti celotno sliko in razlikovati vzorce namesto konceptualizacije sprememb kot osamljenih dogodkov. Sistemsko mišljenje potrebuje druge štiri discipline, ki omogočajo realizacijo učeče se organizacije. Obstajati mora premik paradigme – od nepovezanosti do medsebojno povezanih v celoto in zaradi nečesa, zunaj zavedanja, kako delamo, lahko naša dejanja povzročajo probleme (Senge 1990, str. 10).
- *Osebno mojstrstvo* – začne s "postati zavezano vseživljenjskemu učenju" in je duhovni temelj učeče se organizacije. Osebno mojstrstvo vključuje bolj realistično osredotočanje na to, da postanemo najboljša možna oseba, in si prizadevamo za občutek zavzetosti in navdušenja v svoji karieri, da bi olajšali uresničitev našega potenciala (Senge 1990, str. 11).
- *Mentalni modeli* – treba jih je upravljati, ker preprečujejo, da bi se novi vpogledi in organizacijske prakse začeli izvajati. Proces se začne s samorefleksijo; odkrivanja globoko uveljavljenih struktur prepričanja in pospološitev ter razumevanja, kako dramatično vplivajo na način delovanja v našem življenu. Dokler se ne uresničijo in se ne osredotočijo na odprtost, se dejanske spremembe ne morejo zgoditi (Senge 1990, str. 12).
- *Skupna vizija* – vizije ni mogoče narekovati, ker se vedno začne z osebnimi vizijami posameznih zaposlenih, ki se morda ne strinjajo z vizijo vodje. Potrebna je resnična vizija, ki vzbuja zavezanost v dobrih in slabih časih in ima moč, da skupaj povezuje organizacijo. Kot trdi Peter Senge, "skupna vizija spodbuja zavezanost k dolgoročnemu cilju" (Senge 1990, str. 12).
- *Timsko učenje* – je pomembno, ker sodobne organizacije delujejo na podlagi timskega dela, kar pomeni, da se organizacije ne morejo učiti, če se člani tima ne združujejo in se ne učijo. To je proces razvijanja sposobnosti ustvarjanja želenih rezultatov; treba je imeti v mislih cilj in sodelovati pri doseganju tega cilja (Senge 1990, str. 13).

Pri Sengovem modelu je za delovanje sistema pomembno, da vseh pet elementov deluje kot celota in je zato veliko težje združevanje skupine orodij kot pa njihovo posamično vpeljevanje. Koncept učeče se organizacije pomeni drugačen odnos do znanja zaposlenih. Konceptu učeče se organizacije namenjajo čedalje večji pomen, saj vodi k boljšemu delovanju organizacije in popolnejšemu uresničevanju zastavljenih ciljev organizacije. V učeči se organizaciji ne velja več miselnost, da je le višje vodstvo tisto, ki opravlja vse razmišljjanje za celotno organizacijo. Učeče se organizacije izzivajo vse zaposlene, da izkoristijo svoje notranje vire in potencial, v upanju, da lahko gradijo svojo skupnost, ki temelji na načelih svobode, človeštva in kolektivne volje za učenje (Bharucha, 2015).

Koncept učeče se organizacije je vse bolj pomemben zaradi vse večje kompleksnosti in negotovosti organizacijskega okolja. Senge (1990) opozarja: "Stopnja, s katero se organizacije učijo, je lahko edini trajnostni vir konkurenčne prednosti." Sengovih pet disciplin se v glavnem osredotoča na individualno in kolektivno učenje ter kako jih čim bolj maksimirati, vendar je med disciplinami in organizacijsko strategijo zelo malo

prileganja in korelacije. Praktičnih premislekov o tem, kako izvajati discipline ali kako jih povezati v okvir obstoječe organizacije, pa primanjkuje.

Kasneje je Senge (2006) objavil tudi posodobljeno in revidirano izdajo knjižne uspešnice *The Fifth Discipline*, temelječ na petnajstletnih izkušnjah pri uresničevanju idej iz knjige v praksi. Kot pojasnuje Senge, je na dolgi rok edina trajnostna konkurenčna prednost sposobnost vsake organizacije, da se uči hitreje od konkurence. Posodobljena izdaja te knjige temelji na intervjujih z več desetimi strokovnjaki v podjetjih, kot so BP, Unilever, Intel, Ford, HP, Saudi Aramco in organizacije, kot so Roca, Oxfam in Svetovna banka.

Sengov model je kritiziral Garvin (1993), češ da je preveč abstrakten in utopičen. V poskusu obravnave tega in bolj konkretnega koncepta učeče se organizacije je David Garvin (1993) predlagal model, ki bi lahko odgovoril na nekatera od vprašanj, na katera Sengeov model ne odgovori. Garvinov model za učeče se organizacijo je poskušal zagotoviti temelj, na katerem bi lahko managerji zgradili učeče se organizacijo. Učeče se organizacijo opredeljuje kot organizacijo, ki je "usposobljena pri ustvarjanju, pridobivanju in prenosu znanja ter pri spreminjanju njenega vedenja tako, da odraža nova znanja in vpoglede". Ta opredelitev poudarja, da učenja ni bilo, razen če ga ne spremljajo spremembe v načinu dela. Identificira pet gradnikov učeče se organizacije: sistematično reševanje problemov, eksperimentiranje, učenje iz preteklih izkušenj, učenje od drugih in prenos znanja.

Kasneje je Marquardt (1996) ustvaril celovit model učeče se organizacije, ki temelji na njegovem delu z organizacijami, ki jih je opredelil kot učeče se organizacije. Njegov model je obravnaval spreminjačo se naravo organizacij, ki se je približal 21. stoletju, vključno s povečanim pomenom tehnologije in globalizacije. Marquardt (1996) je opredelil učeče se organizacije kot organizacije, "ki se nenehno preoblikujejo, da bolje upravlja znanje, uporablja tehnologijo, spodbujajo ljudi in širijo učenje za boljše prilaganje in uspeh v spreminjačem se okolju." Predlagal je model "sistemske povezane" učeče se organizacije in identificiral pet podsistemov: učenje, organizacija, ljudje, znanje in tehnologija. Podobno kot Senge Marquardt poudarja, da je potrebnih vseh pet podsistemov za oblikovanje učeče se organizacije. Poudarja tudi, da proces preoblikovanja v učeče se organizacijo ni nikoli končan.

Nadalje sta si Marsick in Watkins (1999) prizadevala jasno razlikovati posameznika od organizacijskega učenja in osvetliti, kaj organizacije počnejo, da postanejo učeče se organizacije, da bi jim lahko druge organizacije sledile. Marsick in Watkins (1999) sta ustvarila in izpopolnila model učeče se organizacije, ki vključuje tri komponente: prva je sistemski raven in stalno učenje; druga je ustvarjanje in upravljanje rezultatov znanja; tretja pa tista, ki vodi do izboljšanja uspešnosti organizacije in njene vrednosti, merjene s finančnimi sredstvi in nefinančnim intelektualnim kapitalom. Njun model učeče se organizacije poudarja štiri ravni učenja: posameznike, skupine in time, organizacijo in

skupnost ter družbo (Watkins & Marsick, 1993). Na vsaki stopnji učenje postaja vse bolj kolektivno in medsebojno odvisno.

Za transformacijo organizacije v učečo se organizacijo avtorja identificirata sedem akcijskih ukrepov. Prvi ukrep je nujno ustvariti nenehne priložnosti za učenje. Drugi ukrep je, da morajo organizacije spodbujati povpraševanje in dialog. Za to je potrebno zaupanje v organizaciji. Tretji ukrep je spodbuditi sodelovanje in skupinsko učenje. Četrти ukrep vključuje vzpostavitev sistemov za zajemanje in izmenjavo učenja, tako da se učenje ohrani v organizaciji, tudi če se člani organizacije ne. Peti ukrep zahteva, da morajo učeče se organizacije opolnomočiti zaposlene k skupni viziji. Šesti ukrep je povezovanje učeče se organizacije z okoljem skozi sistemsko perspektivo. Naknadno sta avtorja dodala v model še sedmi ukrep, da so potrebni vodje, ki ustvarjajo in zagovarjajo učenje. Takšni vodje ustvarijo prostor za učenje in delijo najboljše prakse v organizaciji (Marsick & Watkins, 1999).

Glede na vse različne uspešne teorije in pristope za učeče se organizacije ni čudno, da se organizacije trudijo sprejeti ta koncept. Vendar pa obstajajo razlike v zgornjih teorijah, obstajajo pa tudi številna področja ujemanja in prekrivanja, ki lahko služijo kot središčna točka za organizacije, ki se želijo preoblikovati v učečo se organizacijo. Marquardtov sistemsko povezani organizacijski model v celoti vključuje in se razširja na pet Sengovih disciplin organizacijskega učenja in se v veliki meri prekriva z Garvinovimi gradniki za učeče se organizacijo ter Marsickovim in Watkinsovim modelom učeče se organizacije.

Iz obsežne literature, ki obravnava teorije za učeče se organizacije, izhaja, da se te teorije še vedno razvijajo, v smislu, da preučujejo, kritizirajo ali poskušajo izboljšati izvirne teorije (Kerka, 1995; Brown, 1996; Crossan, Lane & White, 1999; Easterby-Smith, Crossan & Nicolini, 2000; Driver, 2002; Owenby, 2002; Zietsma, Winn, Branzei & Vertinsky, 2002; Lu, 2004; Grieves, 2008; Bokeno, 2009; Marshall, Smith & Buxton, 2009; Andersson & Wen, 2011; Milway & Saxton, 2011; Caldwell, 2012; Tosey, Visser & Saunders, 2012). Iz nekatere literature pa izhaja tudi, da se te teorije osredotočajo na vizijo, kako bi morala učeča se organizacija izgledati, ko implementirajo izvedbene modele teh istih teorij, poleg tega pa tudi, kako jih meriti in analizirati (Brown, 1996; Senge in drugi, 1999; Marsick & Watkins, 2001; Phillips, 2003; Yang, Watkins & Marsick, 2004; Helfrich in drugi, 2007; de Villiers, 2008; Bokeno, 2009; Song, Joo & Chermack, 2009; Cameron & Quinn, 2011; Caldwell, 2012; Marsick, 2013).

Danes torej obstaja vrsta različnih teorij in metod za učeče se organizacije, z nekaterimi poskusi njihovega zbljževanja ali empiričnega testiranja in validacije. Večinoma to ostaja vizija, čeprav je nekaj izvedb uspelo. Koukoutsas (2015) meni, da v veliki meri obstajajo uspešni primeri organizacij, ki so že dosegle visoko stopnjo organizacijskega učenja ali so sredi procesa preoblikovanja v učečo se organizacijo. Zagovorniki področja učečih se organizacij večinoma poskušajo analizirati in kontekstualizirati obstoječe modele in teorije,

namesto da bi sami razvijali in izboljšali te teorije in modele ali pa pripravili nove, ki bi jih bilo možno ustrezeno ovrednotiti.

V Sloveniji so take temeljne principe sodobne učeče se organizacije postavili Vlado Dimovski s sodelavci (Dimovski, Penger, Škerlavaj & Žnidaršič, 2005). Razvili so nov konceptualni model udejanjenja učeče se organizacije, model FUTURE-O®, ki temelji na "molekularnem mrežnem pristopu, ki od managerjev ne zahteva zaporednega udejanjanja posameznih korakov, ampak zahteva od vseh članov učeče se organizacije povezano in simultano sodelovanje v vseh procesih, vse dokler se celotna organizacija ne spremeni v smeri učenja". Poudarek je na celostni obravnavi in povezavi vseh procesov v organizaciji in vseh članov organizacije.

Tu ne gre zamenjevati molekularno mrežnega pristopa s pristopom analize socialnega omrežja, ki se ukvarja s proučevanjem odnosov med interakcijskimi enotami. Ponavljaljoči se vzorci interakcij ustvarjajo mrežne strukture, ki predstavljajo osnovni artefakt v analizi socialnega omrežja, kjer enota analize pri analizi omrežja ni posameznik, ampak subjekt, ki sestoji iz zbirke posameznikov in povezav med njimi (Škerlavaj, Dimovski & Desouza, 2010).

Molekularno mrežni pristop, na katerem temelji model FUTURE-O®, omogoča način udejanjanja učeče se organizacije kot sistema. Z večdimensionalnim razumevanjem vloge posameznika in njegovih interakcij s timom in celotno organizacijo išče stalno ravnovesje tako med procesi in strukturami kot tudi organizacije z okoljem. Pomembna je dinamika teh interakcij, ki je predvsem odvisna od znanj managerjev, ki so zavezani k starnemu učenju in prenašanju znanj na ostale člane timov. Ti pa morajo biti sposobni učiti se in svoje znanje tudi prenašati na ostale člane tima (Dimovski, Penger, Škerlavaj & Žnidaršič, 2005).

Vrste učečih se organizacij. Koukoutsas (2015) analizira raziskave na področju učečih se organizacij. Navaja, da ta razvoj poteka v dveh smereh in da obe vključuje kontekstualizacijo.

Ena usmeritev vključuje raziskave o učečih se organizacijah v nezahodnih družbah in preučuje, kako jih je treba implementirati in kako je treba organizacije spremeniti, da bi ustrezale drugačnemu kulturnemu kontekstu. Izkaže se, da je bilo v zadnjih desetih letih v arabskih državah, pa tudi Kitajski in jugovzhodni Aziji veliko raziskav o učečih se organizacijah. Nekateri primeri so (Abu-Tineh, 2011; Al-Jawazneh & Al-Alawdeh; 2011, Al-Qutop, Futa & Ma'ani, 2011; Khasawneh, 2011).

Druga usmeritev pa gre v smeri iskanja kontekstualizacije učeče se organizacije v drugačni smeri. Različni avtorji poskušajo podati podmnožice in različice obstoječih teorij in utemeljiti, kako je treba organizacije spremeniti, da ustrezajo določenemu kontekstu, ne

glede na to, ali gre za neprofitne organizacije, javni sektor, mala in srednja podjetja, zdravstveni sektor, visoko šolstvo itd. "Potrebujemo jasnost, ne soglasje," navaja Örtenblad (2002, str. 214).

V priročniku *A Handbook of Research on the Learning Organisation* (Örtenblad, 2013) je zbrana zbirka esejev in predlagana tipologija za učeče se organizacije. V knjigi je predstavljena zgodovina področja z uporabo predstavljene tipologije in definiran je koristen okvir za nadaljnje raziskave. V tem nedavnem pregledu objavljenih publikacij o kontekstualizaciji učečih se organizacij je Örtenblad (2013) za obdobje med letoma 1988 in 2012 identificiral skupno 332 del, kar kaže na to, da na tem področju še vedno poteka veliko aktivnega raziskovalnega dela. Zatorej se morajo organizacije dobro pripraviti za učenje in na spremembe.

Obstaja več vrst učečih se organizacij. Veliko je znanega o privatnih in poslovnih organizacijah kot učečih se organizacijah in manj o javnih ustanovah, predvsem visokošolskih zavodih ali univerzah kot učečih se organizacijah (Bui & Baruch, 2012). Naraščajoča skupina znanstvenikov, vzgojiteljev in oblikovalcev politik opozarja, da je treba šole ponovno konceptualizirati kot "učeče se organizacije", ki se lahko hitreje odzovejo na spreminjačoče se zunanje okolje, sprejemajo inovacije v notranji organizaciji in na dolgi rok izboljšajo rezultate študentov.

Senge, avtor najbolje prodajane knjige *The Fifth Discipline*, je napisal spremjevalno knjigo *Schools That Learn: A Fifth Discipline Fieldbook for Educators, Parents, and Everyone Who Cares About Education*, neposredno osredotočeno na izobraževanje (Senge in drugi, 2000). Senge s soavtorji ugotavlja, da se izobraževalne ustanove lahko oblikujejo in vodijo kot učeče se organizacije, in ponuja praktične predloge, kako jih v take preoblikovati.

V njeni posodobljeni in prenovljeni verziji (Senge in drugi, 2012) prenaša organizacijsko učenje in sistemsko mišlenje v učilnice in šole, ki kažejo, kako ohraniti konkurenčnost izobraževalnega sistema v današnjem svetu. V sodelovanju med avtorjem *The Fifth Discipline* Petrom Sengejem ter ekipo uglednih pedagogov in vodij organizacijskih sprememb je podan opis šol, ki se učijo, kako se lahko te šole prilagodijo, rastejo in spreminjajo glede na zahteve in izzive sodobne družbe in nudi orodja, tehnike in reference za uresničitev teh teženj.

Nova revidirana in posodobljena izdaja (Senge in drugi, 2012) ponuja praktične nasvete za premagovanje številnih izzivov, s katerimi se danes soočamo v skupnostih in v izobraževalnem sistemu. Učiteljem, administratorjem, študentom, staršem in članom skupnosti pokaže, kako uspešno uporabljati načela organizacijskega učenja, vključno s sistemskim mišlenjem in skupno vizijo, za reševanje izzivov, s katerimi se soočajo šole. V hitro spreminjačem se svetu, kjer šolska populacija postaja vse bolj raznolika, otroci

živijo v vse bolj kompleksnem družbenem in medijskem okolju, so standardizirani testi, ki se uporabljajo, preveč poenostavljeni "hitri popravki". Zaradi napredka na področju znanosti in tehnologije pa so vse večji pritiski na izobraževalni sistem neizogibni.

Knjiga *Schools That Learn* (Senge in drugi, 2012) podaja način za začetek dialoga o teh problemih – in ponuja pragmatične možnosti za preoblikovanje šolskih sistemov v učeče se organizacije. Tudi na področju visokošolskega izobraževanja, ki vključuje nekatere najstarejše, najbolj tradicionalne vrste organizacij na svetu, se spreminja zunanje okolje. Tradicija fakultet in univerz, ki se ne bodo prilagodile, ne more trajati, vsaj ne stoletja, kot je bilo to v preteklosti (Burke, 2014).

Organizacije, ki imajo sposobnosti učenja (White & Weathersby, 2005), omogočajo visokošolskim zavodom svoje notranje in zunanje okolje, tako da olajšajo zahtevano spremembo ali preoblikovanje in razvoj v organizacijah. Kljub močni podpori in intuitivni privlačnosti šole kot učeče se organizacije je bilo doseženega razmeroma malo napredka pri napredovanju koncepta, bodisi v raziskavah ali v praksi. To pomanjkanje napredka delno izhaja iz pomanjkanja jasnosti ali skupnega razumevanja šole kot učeče se organizacije.

Zunanje okolje je glavni dejavnik sprememb, saj še vedno napreduje hitreje kot organizacije. Težave se pojavljajo internalno ter so povezane z interakcijami in odnosi med elementi, kot sta vodstvo in strategija, ki vplivata na delovanje organizacije (Burke, 2014). V tem pogledu se univerze ne razlikujejo od drugih organizacij, vendar pa se bistveno razlikujejo v tem, da ne obstajajo zato, da bi prinašale denar delničarjem. Obstajajo za ustvarjanje izboljšav v družbi. Zato imajo večjo odgovornost, da se učijo učinkovito, da bi izpolnile svoje socialne obveznosti (Bowen & Schwartz, 2005).

Visokošolski zavodi ne obstajajo več izključno v neprofitnem sektorju. Zato se morajo prilagoditi zahtevam po organizacijskih spremembah (Burke, 2014). Visokošolske institucije vse bolj začenjajo obravnavati organizacijsko učenje kot pomembno sredstvo za boljše razumevanje, kako se znanje upravlja in uporablja (Kidwell, Vander Linde & Johnson, 2000; Rowley, 2000; Metaxiotis & Psarras, 2003; Solanki, 2013). Namen teh raziskav je razumeti, ali uporaba orodij in tehnik, povezanih z organizacijskim učenjem, lahko koristi visokošolskemu izobraževanju, kar daje dodatno perspektivo vedno večjemu številu literature, ki se ukvarja z upravljanjem organizacijskega znanja (Davenport, 1998, McInerney, 2002).

Učeča se organizacija in organizacijsko učenje se medsebojno povezujeta, vendar se razlikujeta v tem, da gre pri prvem za dejansko učenje v organizaciji, pri drugem pa za pridobivanje učenja v organizaciji. Organizacijsko učenje je opredeljeno kot "proces izboljšanja ukrepov z boljšim poznavanjem in razumevanjem" (Fiol, 1985). Učeča se organizacija je razvrščena kot "organizacijsko učenje, ki je dejavnost in proces, s katerim

organizacije sčasoma dosežejo idejo učeče se organizacije" (Smith, 2001). Učeča se organizacija in organizacijsko učenje sta nekoliko različna v tem, da je učeča se organizacija proces spreminjanja, medtem ko je organizacijsko učenje proces in strategija ter izvajanje sprememb v organizaciji. Priporočljivo je izvajati te strategije v visokošolskih organizacijah, da bi tako ostale konkurenčne v današnji družbi.

Organizacijsko učenje je vsota individualnega in skupnega učenja v organizaciji. Tako si mora učeča se organizacija stalno prizadevati za razvoj in izvajanje politik in strategij, ki spodbujajo in uporabljajo učenje na vseh ravneh v organizaciji (Bui & Baruch, 2011). Tako kot kateri koli drugi sektorji so visokošolske organizacije pod vedno večjim pritiskom. Bui & Baruch (2011) sta ugotovila, da s tem, ko visokošolske izobraževalne organizacije postajajo učeče se organizacije, postaja evidentno, da je učenje v skupinah pozitivno povezano s poučevanjem, kar se ujema z raziskavami na področju visokega šolstva. Zdi se, da so te ugotovitve v skladu s sedanjimi zahtevami za visokokakovostno poučevanje v visokošolskem izobraževanju. Bui & Baruch (2010) ocenjujeta, da organizacija visokošolskega izobraževanja postane učeča se organizacija, je perspektiva, ki bi institucijam visokega šolstva omogočala doseganje konkurenčne prednosti za vključitev inovacij v notranjo organizacijo in končno izboljšanje rezultatov študentov (OECD, 2015).

Dokaz, da obstaja velika potreba po preoblikovanju izobraževalnih organizacij v učeče se organizacije, sledi tudi iz poročila OECD (Kools & Stoll, 2016), v katerem so podani predlogi, kako bi lahko države svoje šole spremenile v učeče se organizacije. Državam daje vpogled v dosedanji napredek pri vzpostavljanju profesionalne učne in samo izboljšane kulture v šolskem sistemu. Glavni rezultati tega poročila so ocena sposobnosti za uvajanje sprememb in inovativnost v šolskem sistemu, ki se izvaja z uporabo inovativne oblike metodologije za pregled izobraževalne politike OECD, ki jo sestavljajo: ocenjevanje šol kot učečih se organizacij; ocena obsega vprašalnik za učitelje in vodje šol ter vprašalnik za ostale; analizo ocene za opredelitev šol kot učečih se organizacij, to je "dobrih praks", ki bi jih bilo mogoče razviti kot študije posebnih primerov.

V svoji študiji Kools in Stoll (2016) ugotavljata, da bi morale današnje šole učencem nuditi znanje in spretnosti, ki jih bodo potrebovali, da bi uspeli v negotovi in nenehno se spreminjačo se prihodnosti. Toda mnoge šole so še danes enake kot pred mnogimi generacijami, in preveč učiteljev ne razvija potrebne pedagogike in prakse za zadovoljitev različnih potreb učencev iz 21. stoletja. Kot odgovor na tako stanje, vedno večje število znanstvenikov, vzgojiteljev in oblikovalcev politik ugotavlja, da bi bilo treba šole rekonceptualizirati kot "učeče se organizacije", ki se lahko hitreje odzivajo na spreminjanje zunanjih okolij, sprejemanje inovacij v notranji organizaciji, da bi posledično izboljšale rezultate študentov.

Delovni dokument OECD-UNICEF za izobraževanje "*Kaj naredi šolo učečo se organizacijo?*" (Kools & Stoll, 2016) je primer skupnega razumevanja koncepta, ki temelji

na literaturi in ga prepoznajo vse vpletene strani, to so učenci, učitelji, oblikovalci politik, študentje in starši.

V OECD-UNICEF študiji Kools in Stoll (2016) predlagata integrirani model šole kot učeče se organizacije, ki sestoji iz sedmih akcijskih "dimenziij" in njihovih osnovnih značilnosti, imenovanih "elementi", ki osvetlijo, kakšna si šola prizadeva biti in kako se preoblikuje v učeče se organizacijo. Ti "elementi" so: razvijati in deliti vizijo, osredotočeno na učenje vseh študentov; ustvarjanje in podpora stальнemu učenju; ustvarjanje in podpiranje priložnosti za vse zaposlene; spodbujati timsko učenje in sodelovanje med vsemi zaposlenimi; vzpostaviti raziskovalno kulturo, inovacije in raziskovanje; vgrajevati sisteme za zbiranje in izmenjavo znanja in učenja; učiti se iz zunanjega okolja in večjega učečega sistema; modelirati in spodbujati rast vodstva. Vseh sedem akcijskih "dimenziij" modela je bistvenih zato, da bo ta preobrazba vzdržna in da bo na koncu celota – uresničevanje vseh sedmih dimenziij – večja od vsote posameznih delov.

Avtorja študije (Kools & Stoll, 2016) sta se vprašala, kako lahko OECD pomaga državam pri preoblikovanju šol v učeče se organizacije. Cilj Direktorata OECD za izobraževanje in veštine je zbiranje podatkov iz vrste držav, kako naj razvijajo šole v smeri učeče se organizacije. Šolam in lokalnim deležnikom ponujajo praktično svetovanje, kako bi vpeljali želene spremembe ter razvili profesionalne učne kulture v šolskih sistemih.

Na osnovi integriranega modela za učeče se organizacijo sta avtorja (Kools & Stoll, 2016) študirala ukrepe, ki so potrebni za preoblikovanje šol v učeče se organizacije in jih uporabila na primerih različnih šol iz različnih držav. Te so bile: Foundation LeerKRACHT, the Netherlands; Spirals of Inquiry, Networks of Inquiry and Innovation, and the Aboriginal Enhancement Network, British Columbia, Canada; Research Learning Communities project, University College London (UCL) Institute of Education, England; Collaborative learning and working through networks, Austria; Neighbourhood as School project, Brazil. Za različne države so na osnovi te študije podali pregledno poročilo, ki posameznim obravnavanim državam zagotavlja vpogled v dosedanji napredek pri vzpostavljanju profesionalnega učenja in izboljšanja učne kulture v šolskem sistemu ter podporo državam za širše reforme izobraževalnih programov in reforme šolskega sistema.

Sodelovanje v mednarodnem prostoru mreže držav, ki si izmenjujejo ustrezeno znanje, spremnosti in ideje glede vzajemnega učenja ter druge mednarodne izmenjave, so pomembne za vsako državo. Mednarodna izpostavljenost prepozna posamezno državo kot eno od držav, ki izvaja program OECD preobrazbe šol v učeče se organizacije in tako je država tudi vključena v OECD Education Policy Outlook series (OECD, 2018).

Mnoge države, tudi Slovenija (Penger, Tekavčič & Dimovski, 2008; Penger, Žnidaršič & Dimovski, 2011), skušajo prilagoditi svoje vse bolj zapletene izobraževalne sisteme spremenjajočim se razmeram, vendar izobraževalni sektor nima vedno dobrih rezultatov pri

inovirjanju samega sebe. Sprememba je zapleten, večplasten proces (Kuijpers in ostali, 2014) in ustvarjanje trajnih sprememb je težko: v mnogih primerih reforme niso uspele ali so v najboljšem primeru bile površno "sprejete", ker niso ustrezeno spremenili vedenja in prepričanja (Fullan, 2015).

Kljud množici reformnih prizadevanj šole še niso ustrezeno pripravljene na spreminjačoče se okolje (Giles & Hargreaves, 2006; Fullan, 2011; Faubert, 2012; Skalde & Pont, 2013). Medtem pa države šole pozivajo, da naj se hitro učijo, učitelje pa, da naj postanejo "delavci znanja", da se bodo lahko učinkovito soočili z naraščajočimi pritiski v hitro spreminjačem se okolju (Schleicher, 2012).

Transformacija katere koli organizacije, izobraževalne, poslovne ali korporativne, ki temelji na principih učeče se organizacije, je predmet dolgotrajnih raziskav in se lahko uspešno realizira s pomočjo različnih pristopov (Senge, 1990; Argyris & Schon, 1996). Organizacija mora imeti za cilj, da se hitreje uči od svojih tekmecev. Zato je treba razviti razumevanje in proces organizacijskega učenja in upravljanja z znanjem, ki temelji na individualnem učenju (Jučevičienė & Leonavičienė, 2007; Azmi, 2008).

1.2 Učeča se organizacija

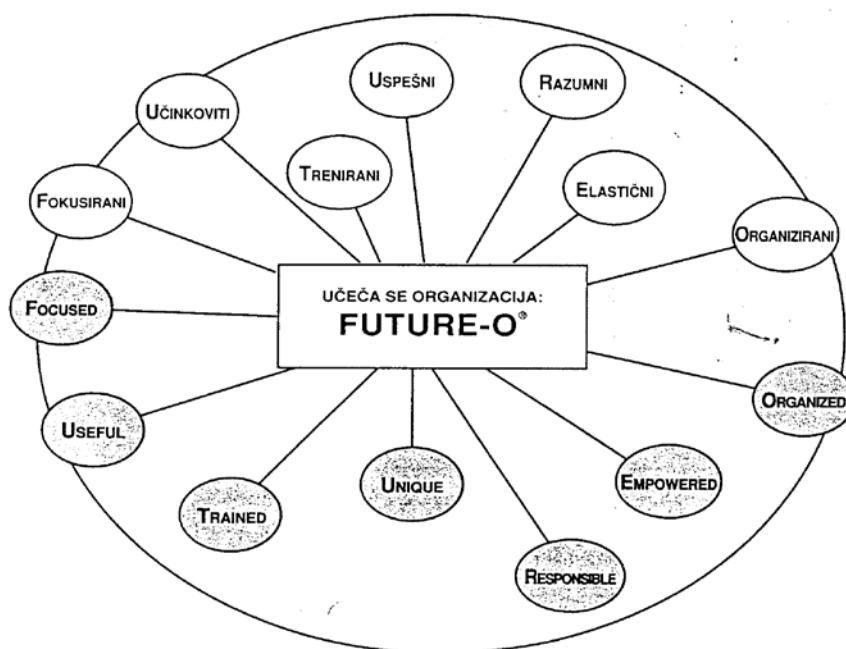
Učeča se organizacija je izraz, s katerim poimenujemo organizacijo, ki olajša in spodbuja učenje svojih članov in se nenehno preoblikuje. To je posledica pritiskov na sodobne organizacije v turbulentnem poslovнем okolju in organizacijam omogoča, da ostanejo konkurenčne v današnjem poslovнем okolju. Obstaja vrsta modelov in konceptov definicije učeče se organizacije različnih avtorjev. Najbolj poznan je Sengov model petih disciplin (Senge, 1990), po katerem je učeča se organizacija tista organizacija, v kateri ljudje nenehno izboljujejo sposobnosti za doseganje rezultatov, ki si jih resnično želijo, gojijo nove vzorce mišljenja, so svobodni v skupnih prizadevanjih in se nenehno učijo, kako se učiti skupaj.

Model FUTURE-O[®]. Naše raziskave modeliranja učeče se organizacije s pomočjo molekularnega mrežnega pristopa so osnovane na modelu FUTURE-O[®] (Dimovski, Penger, Škerlavaj & Žnidaršič, 2005), ki ga bomo v nadaljevanju podrobno predstavili.

Učenje zagotavlja, da se dosežejo različni vidiki vzdržnosti, ki podpirajo uporabo modela FUTURE-O[®], ki je prvi organizacijski model, ki posega v več dimenzionalni prostor, kamor postavi managerje, posameznike, time in celotno organizacijo ter išče ravnotesje med procesi in strukturo organizacije s ciljem, da se organizacija čim bolj prilagodi okolju in tako izboljša svoje konkurenčne prednosti (Dimovski, Penger, Škerlavaj & Žnidaršič, 2005).

Poimenovanje modela izhaja iz sedmih lastnosti in sposobnosti posameznikov v sodobni učeči se organizaciji, ki vodijo k uspešnosti organizacije in njenega poslovanja. Ključni izziv učeče se organizacije v primerjavi s klasično organizacijo se kaže v zavedanju managementa o vlogi posameznika, saj ga postavlja na osrednji položaj organizacijske mreže. Sedem lastnosti sodobne organizacije, ki vodijo k dolgoročnemu uspehu v prihodnosti, ki so jih imeli avtorji v mislih pri razvoju modela, ko so svoj model za učečo se organizacijo poimenovali FUTURE-O® – organizacija prihodnosti (Dimovski, Penger, Škerlavaj & Žnidaršič, 2005, str. 24), so predstavljene na sliki 2. Lastnosti in sposobnosti zaposlenih v sodobni učeči se organizaciji znanja so: fokusirani, učinkoviti, trenirani, uspešni, razumni, elastični in organizirani.

Slika 2: Model udejanjanja učeče se organizacije – model FUTURE-O®

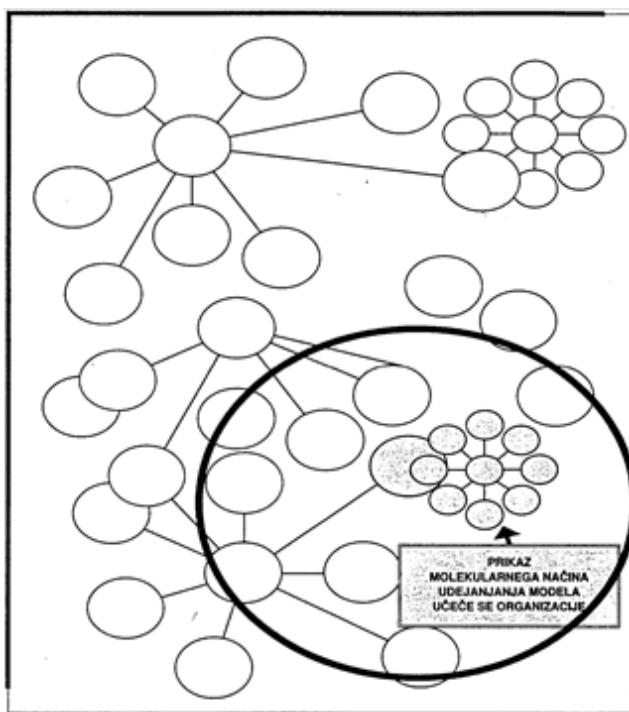


Vir: Dimovski, Penger, Škerlavaj & Žnidaršič (2005, str. 23).

Enakopravno delovanje vseh sedmih lastnosti zaposlenih v sodobni učeči se organizaciji po lastnostih modela FUTURE-O® spodbuja delovanje posameznikov v organizaciji v vseh procesih. Posamezniki so motivirani prispevati svoj delež na poti k učeči se organizaciji, smer učenja je določena v strateških planih. Managerji imajo pomembno vlogo in zagotavljajo, da so vrednote v organizaciji znane in sprejete s strani vseh posameznikov tako, da model učeče se organizacije postane del vsakega posameznika in vsak posameznik del celote. Proses učenja traja tako dolgo, dokler se celotni sistem organizacije ne prilagodi novim vzorcem posameznikov, ki na koncu v polno razviti stopnji vodijo do skupne organizacijske sheme (Dimovski, Penger, Škerlavaj & Žnidaršič, 2005).

Model FUTURE-O[®] za učečo se organizacijo temelji na molekularno mrežnem pristopu (slika 3), v skladu s katerim vsaka sprememba v organizaciji vpliva na preostale elemente (Škerlavaj & Dimovski, 2006b). To pomeni, da prehod iz vertikalne organizacijske strukture v proces organizacijske strukture, ki je značilen za učečo se organizacijo, predstavlja celovit strateški načrt za vodstvo in vse zaposlene v organizaciji. Managerji morajo izpolniti sedem lastnosti modela FUTURE-O[®], od preostalih zaposlenih pa se pričakuje, da naj bi interaktivno in istočasno prispevali k vsem procesom znotraj organizacije, vse dokler organizacija ne postane učeča se organizacija.

Slika 3: Filozofija pristopanja k udejanjanju modela učeče se organizacije – model FUTURE-O[®]: sistem molekularnih povezav



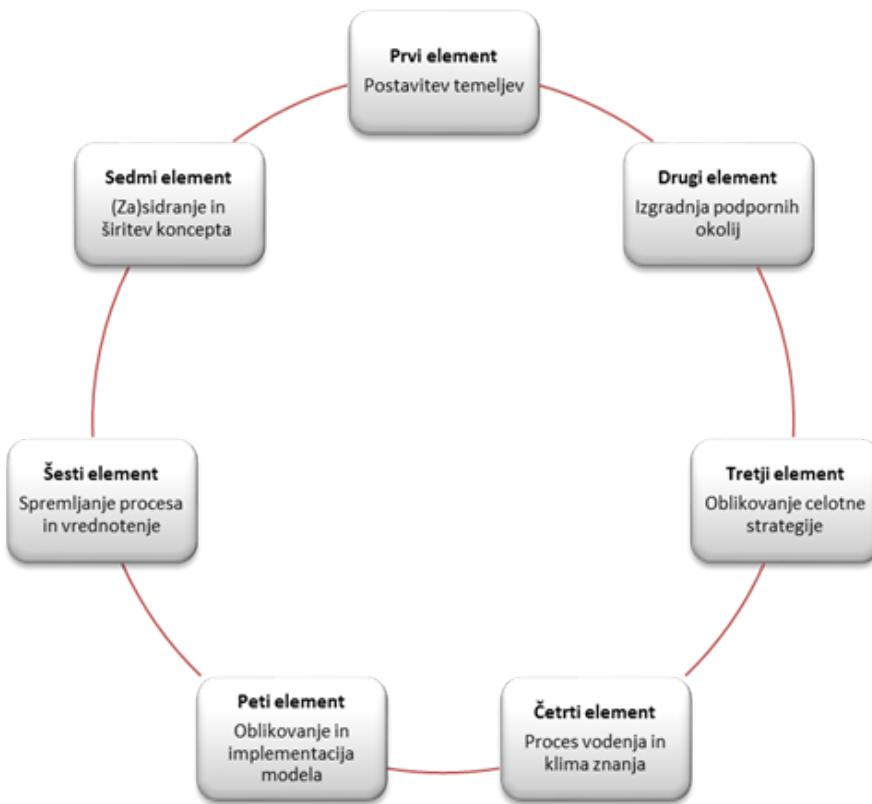
Vir: Dimovski, Penger, Škerlavaj & Žnidaršič (2005, str. 73).

Na podlagi zgornjih sedmih lastnosti model FUTURE-O[®] v praksi sestoji iz sedmih elementov (slika 4), ki vključujejo: (1) postavitev temeljev za začetek reorganizacije v učečo se organizacijo, (2) izgradnjo podpornih okolij učeče se organizacije, (3) oblikovanje celovite strategije in identifikacijo strateških ciljev, (4) proces vodenja pri oblikovanju klime širitve organizacijskega znanja, (5) oblikovanje in implementacijo modela učeče se organizacije, (6) spremljanje procesa reorganizacije in vrednotenja dosežkov ter (7) (za)sidranje sprememb v učeči organizaciji in širitev koncepta učeče se organizacije.

Model FUTURE-O[®], ki temelji na molekularnem mrežnem pristopu, je novi trend pri obravnavanju organizacije kot sistema. Učeča se organizacija deluje v hitro spremenljajočem se okolju in zato sedem elementov modela FUTURE-O[®] ni treba vpeljati

po kronološkem vrstnem redu, temveč jih lahko uvajamo postopoma ter obravnavamo in spremojamo vsak element neodvisno drug od drugega, dokler organizacija ne postane učeča se organizacija (Dimovski, Penger & Žnidaršič, 2003; Dimovski & Penger, 2004; Dimovski & Škerlavaj, 2004).

Slika 4: Sedem elementov modela FUTURE-O[®]



Prirejeno po Dimovski, Penger, Škerlavaj & Žnidaršič (2005, str. 125).

Molekularno mrežni pristop za obravnavo učeče se organizacije z modelom FUTURE-O[®] torej vključuje: potrebo po aktivnem integriranem sodelovanju vseh zaposlenih; ni potrebe po vrstnem redu implementacije sedmih komplementarnih elementov; vsak element se lahko spremeni neodvisno in vpliva na celotno strukturo – proces sprememb (podobno kot se spreminjajo naravni sistemi) – vsaka sprememba vpliva na druge elemente.

1.3 Konceptualni model implementacije učeče se organizacije

Učeča se organizacija je opredeljena kot organizacija, v kateri ljudje nenehno razvijajo svoje zmožnosti za doseganje želenih rezultatov, pri čemer se spodbujajo novi vzorci razmišljanja, kolektivne težnje se osvobodijo in ljudje se učijo skupaj (Senge, 1990). Nedavna opredelitev učeče se organizacije poudarja organizacijsko učenje, ki je povezano z učečo se organizacijo kot procesom ali zmogljivostjo znotraj organizacije, kar ji

omogoča, da pridobi, dostopa in popravi organizacijsko strukturo in s tem zagotavlja usmeritve za organizacijsko delovanje.

Čeprav je koncept učeče se organizacije že široko sprejet, teoretično izjemno privlačen, je v praksi presenetljivo redek. Oblikovanje polno razvitih učečih se organizacij je izjemno zahtevno, razlog pa je predvsem v pomanjkanju praktičnih navodil. Eden od možnih modelov za udejanjanje polno učeče se organizacije je prav gotovo prvi slovenski celoviti model, ki prek sedmih elementov, predstavljenih na sliki 4, vodi do polno razvite učeče se organizacije. To je model FUTURE-O®, ki ga je razvil Vlado Dimovski s sodelavci (Dimovski, Penger, Škerlavaj & Žnidaršič, 2005).

Sedem elementov implementacije konceptualnega modela učeče se organizacije po modelu FUTURE-O® (Dimovski, Penger, Škerlavaj & Žnidaršič, 2005):

Prvi element: postavitev temeljev za začetek procesa reorganizacije v učeče se organizacijo. Prvi element na osnovi "lakmusovega testa" (Dimovski, Penger, Škerlavaj & Žnidaršič, 2005, str. 137) pove, ali je organizacija sploh učeča se organizacija in pomeni preoblikovanje organizacije v učeče se organizacijo. Ta element daje poseben poudarek analizi strateškega managementa organizacije in podpori vrhnjega managementa za implementacijo sprememb. Da bi se organizacija kvalificirala za organizacijske spremembe, mora razviti strateški tim za spremembe, vzpostaviti pogoje za organizacijsko spremembo, oceniti želene poslovne potrebe organizacije ter oceniti (ne)učinkovitost organizacije v obstoječi obliki.

Po tem elementu je za preoblikovanje organizacije v učeče se organizacijo torej treba spremeniti tri bistvene elemente: organizacijsko strukturo iz hierarhične v horizontalno, standardizirati in optimizirati procese ter usposobiti management znanja, kar pomeni začetek procesa reorganizacije organizacije v učeče se organizacijo.

Drugi element: izgradnja podpornih okolij učeče se organizacije. Drugi element, ki vpelje povezave in bi ga morala organizacija izvajati, je gradnja podpornih okolij. To zahteva vzpostavitev povezav med člani organizacije. Nujno je, da se upravljanje znanja izvaja za prenos najboljših razpoložljivih informacij za doseganje ciljev organizacije. Izgradnja timov je še en ključni korak pri spodbujanju podpornega okolja. Time sestavljajo zaposleni z različnimi sposobnostmi, spretnostmi in perspektivami, ki prevzamejo polno odgovornost za svoje delo. Timi se neposredno ukvarjajo s poslovanjem, uvajajo spremembe in izboljšave ter sprejemajo odločitve o novih načinih dela. Dejavnosti v učeči se organizaciji so organizirane okoli timov, ki delajo v timski strukturi. Za timsko delo je značilna večja ustvarjalnost in motivacija vsakega člana, kar pomeni večje možnosti za pridobivanje novih znanj in spretnosti drugih članov tima. Povečuje se zadovoljstvo posameznika in s tem učinkovitost celotnega tima. Ugotovili so (Colfax, Santos & Diego, 2009), da imajo navidezni timi v primerjavi s konvencionalnimi timi potencialne koristi za zmanjšanje

stroškov, ki so posledica znižanja stroškov potovanj, odzivnega časa. E-učenje so preučevali (Chen, 2010; Cheng, Wang, Moormann, Olaniran & Chen, 2012) kot način učenja na delovnem mestu kot podporno okolje za učečo se organizacijo. Skladno z drugimi študijami in FUTURE-O®-jevim drugim elementom izgradnje podpornega okolja za učečo se organizacijo je ta študija pokazala, da so zaznave zaposlenih o uporabnosti sistema e-učenja in organizacijske podpore tesno povezane z učečo se organizacijo.

Po tem elementu je za preoblikovanje organizacije v učečo se organizacijo torej treba vpeljati povezave, da se posamezniki v organizaciji povežejo preko komunikacijskega omrežja, da komunicirajo in sodelujejo, kar omogoča izvajanje kompleksnih nalog, saj je znanje bogastvo posameznika in organizacije, kar pomeni oblikovanje tima in oblikovanje vizije in strategije preoblikovanja organizacije v učečo se organizacijo.

Tretji element: oblikovanje celovite strategije in opredelitev strateških ciljev. Tretji element, ki na novo opredeli management, je v preoblikovanju v učečo se organizacijo opredeljen kot oblikovanje celovite strategije, katerega glavni namen je na čim boljši način rešiti težave z nalogami, ki se izvajajo za doseganje želenih ciljev. Vrhni management razvija strateške cilje, vizijo, poslanstvo in načrte. Načrtovanje po tem elementu ni več v domeni najvišje ravni v organizaciji, temveč se oblikuje na osnovi povratnih informacij vsakodnevnega dela celotne organizacije. Odgovornost tima za doseganje rezultatov vodi k organizacijski decentralizaciji. Za organizacijo je pomembno oblikovanje strateških ciljev, načrtov, poslanstva, vizije in procesa načrtovanja. Povezanost stilov vodenja so veliko preučevali in primerjali s preoblikovanjem sloga vodenja (Bass, 2000). Ugotovili so, da preoblikovani slog vodenja bolj prispeva k organizacijskemu učenju, zadovoljstvu, zavezanosti, učinkovitosti. V študiji (Vera & Crossan, 2004) so pokazali pozitivno vlogo strateškega vodenja in praks v organizacijskem učenju in kako strateški vodje vplivajo na vsak element učenja v skladu s sedmimi elementi modela FUTURE-O®, kar povečuje uvedbo tretjega elementa. Raziskovali so tudi vlogo strategije v učeči se organizaciji (Kenny, 2006). V tej študiji so razdelali vlogo vodstva, psihologije in strateškega načrtovanja in kritično analizirali povezavo teh vlog z učečo se organizacijo. Podobne rezultate so navedli tudi v študiji (Chang & Lee, 2007), katere glavni namen je bil raziskati odnos med vodstvom, organizacijsko kulturo in učečo se organizacijo. Te ugotovitve so pokazale in dopolnile ta element modela FUTURE-O®, da tako vodstvo kot organizacijska kultura lahko pozitivno in pomembno vplivata na delovanje učeče se organizacije.

Po tem elementu je torej za preoblikovanje organizacije v učečo se organizacijo treba na novo opredeliti management, kar pomeni vpeljavo in delovanje učeče se organizacije v skladu z njenim poslanstvom in njeno vizijo.

Četrти element: upravljanje procesov vodenja pri oblikovanju klime za širjenje organizacijskega znanja. Bistvo četrtega elementa je poudarjanje vloge posameznika in vodij, torej pomeni preusmerjanje pozornosti s strani organizacije na posameznika.

Organizacija v okviru četrtega elementa upošteva koristi participativnega stila vodenja in vzpostavitev formalnih in neformalnih komunikacijskih omrežij. O vlogi pristopa upravljanja znanja so poročali v študiji (Hansen, Nohria & Tierney, 1999). V tem prispevku so utrdili četrti korak modela FUTURE-O® s poudarjanjem vloge upravljanja znanja pri poslovanju. Poročali so (Ipe, 2003), kar je v skladu s četrtim elementom modela FUTURE-O®, da je znanje najbolj strateški in kritičen vir za uspešnost organizacije.

Po tem elementu je torej za preoblikovanje organizacije v učečo se organizacijo treba poudariti vlogo vodij in posameznika, kar pomeni preusmeritev k posamezniku in osredotočenju na slog vodenja.

Peti element: oblikovanje in implementacija modela učeče se organizacije. Peti element pomeni težnjo k udejanjanju modela FUTURE-O®. To je oblikovanje in implementacija modela učeče se organizacije in predstavlja jedro modela FUTURE-O®. Ta element predstavlja molekularno udejanjanje posameznih elementov v poslovanje organizacije z namenom nadaljnega razvoja in izboljšav poslovanja organizacije, učenja, prenosa in uporabe znanja. Organizacije, ki učinkovito implementirajo model učeče se organizacije, najpogosteje vzpostavljajo participativno strategijo in participativno vodenje, krepitev moči in participativno upravljanje, odprt komunikacijsko izmenjavo informacij in znanja, organizacijsko kulturo odprtosti, zaupanje in sodelovanje, skupno vizijo, osebno obvladovanje in skupinsko učenje. V študiji (Sosna, Trevinyo-Rodríguez & Velamuri, 2010) so obravnavali vlogo inovacij v poslovnih modelih pri obvladovanju zunanjih okoljskih sprememb. Rezultati so pokazali, da stagnirajoče organizacije, čeprav so donosne, še vedno potrebujejo preoblikovanje v učečo se organizacijo, če želijo uspeti, zato se ti rezultati ujemajo s petim elementom modela FUTURE-O®.

Po tem elementu je torej za preoblikovanje organizacije v učečo se organizacijo potrebna težnja k udejanjanju modela učeče se organizacije, saj, če se želi organizacija spremenjati, se mora preoblikovati v učečo se organizacijo, kar pomeni, da je za organizacijo ključno, da se informacije in znanje znotraj organizacije širijo in dosežejo vse zaposlene, ker je prenos informacij pomemben za učečo se organizacijo.

Šesti element: spremljanje procesa reorganizacije in vrednotenje dosežkov. Šesti element pomeni vizijo in poslanstvo organizacije. Po preoblikovanju organizacije v učečo se organizacijo je treba pregledati spremembe in jih ovrednotiti. Pomembno je spremljati proces reorganizacije in ocenjevati dosežke. Decentralizacija organizacije v nasprotju z birokratsko organizacijo določa posamezne cilje, time in organizacijo pri razvoju v učečo se organizacijo (Dimovski & Penger, 2004). Cilj spodbujanja preobrazbe organizacije v učečo se organizacijo bi moral biti povečanje vrednosti intelektualnega kapitala.

Po tem elementu je torej za preoblikovanje organizacije v učečo se organizacijo treba spremljati procese reorganizacije in ovrednotiti dosežke, da lahko organizacija tako oceni svojo uspešnost, to je povečanje intelektualnega kapitala in vrednosti organizacije.

Sedmi element: (za)sidranje sprememb v organizaciji in širitev koncepta učeče se organizacijske arhitekture. Sedmi element modela FUTURE-O® predstavlja udejanjenje prenosa znanja, širitev in utrditev koncepta nenehnega učenja organizacije. V organizaciji se znanje prenaša med posamezniki in timi na vseh nivojih, prav tako pa tudi na ravni organizacije kot celote. Pri tem je treba znanje vključiti v vse procese in strukture organizacije in prilagoditi organizacijsko strukturo nenehnemu učenju. Skupaj z vsemi predhodnimi elementi, ki so že udejanjeni, je treba trajno vzdrževati in nadgrajevati organizacijo, da bi vzpostavili model učeče se organizacije.

Po tem elementu je torej za preoblikovanje organizacije v učečo se organizacijo treba širiti koncept nenehnega učenja v organizaciji in vključiti znanje v vse temeljne procese organizacije in strukture organizacije ter prilagoditi organizacijsko strukturo nenehnemu učenju, saj se znanje prenaša med timi in posamezniki na vseh nivojih kot tudi na nivoju celotne organizacije. Vloga tega elementa v učeči se organizaciji je v širitvi njenega koncepta učenja, zaposleni se morajo nenehno izobraževati in pridobivati nova znanja, saj je znanje danes ena od najpomembnejših konkurenčnih prednosti organizacije.

Model FUTURE-O® je razvit na podlagi molekularnega mrežnega pristopa in predstavlja molekularno udejanjanje posameznih elementov v delovanju organizacije z namenom nadaljnjega razvoja organizacije, učenja prenosa in uporabe znanja ter omogoča interaktivno in simultano participacijo vseh zaposlenih v učeči se organizaciji v vseh procesih. Tak razvojni koncept udejanjanja učeče se organizacije, po katerem spremembe v organizaciji temeljijo na tako imenovanem molekularnem načinu obravnavanja organizacije kot sistema, kjer se učeča se organizacija hitro odziva v spreminjačem se okolju in po katerem vsaka sprememba v organizaciji vpliva na preostale elemente (Dimovski, Penger, Škerlavaj & Žnidaršič, 2005), omogoča, da lahko organizacijo obravnavamo kot molekulo.

Modela FUTURE-O® ni treba udejanjati postopoma v kronološkem zaporedju, temveč se lahko vseh sedem elementov modela vpelje in uporabi neodvisno drug od drugega, kar posledično vpliva na celotno strukturo organizacije. Prav molekularno mrežni način udejanjanja učeče se organizacije je tisti dejavnik, po katerem se ta model bistveno loči od prejšnjih, pretežno zaporedno strukturiranih (Dimovski, Penger, Škerlavaj & Žnidaršič, 2005).

Zato torej lahko uporabimo za model učeče se organizacije prispolobo molekule in pristope molekularnega modeliranja oziroma molekularne simulacije za študij dinamike interakcij v učeči se organizaciji z uporabo modela FUTURE-O®. Interakcije v učeči se

organizaciji so odvisne od znanj, torej stalno se spreminjajočih zaznavnih in vedenjskih vzorcev managerjev, ki se z učenjem vseskozi razvijajo, dopolnjujejo in kot taki tvorijo jedro učeče se organizacije, ki seveda v odločitve vključijo vse zaposlene, organizacija pa tudi sama išče ravnotesje z na znanju temelječim okoljem.

2 METODE MOLEKULARNEGA MODELIRANJA

Molekularno modeliranje je eno od hitro rastočih področij v znanosti. Obsega vse od enostavnega strukturiranja in vizualnega predstavljanja molekul do izvedbe kompleksnih računanj v molekularnih sistemih na področju naravoslovja kot tudi do kompleksnih pristopov na področju družboslovja.

Raziskovalci na področju znanosti o življenju uporabljajo pristope molekularnega modeliranja, to je računalniške modele za obravnavanje in testiranje hipotez o vedenju kemijskih, fizikalnih in bioloških sistemov za študij hipotez o organizaciji in dinamiki teh sistemov. Modeliranje je postalo bistvena sestavina raziskav znanosti o življenju; zagotavlja osnovo za raziskovanje perturbacij sistema, napovedovanje eksperimentalnih rezultatov in prepoznavanje najpomembnejših procesov sistema, pri čemer uporabljajo različne modele za modeliranje in različne simulacijske platforme.

Računalniška simulacija je pomembna metoda v organizacijskih študijah in strateškem vodenju (Adner & Levinthal, 2001). Čeprav obstaja veliko uporab računalniških simulacij (vključno z razvojem inženirskih sistemov v podjetjih z visoko tehnologijo), je večina raziskovalcev s področja strateškega managementa in organizacijskih študij uporabila računalniško simulacijo zato, da bi razumela, kako organizacije ali podjetja delujejo. V zadnjem času so raziskovalci začeli uporabljati računalniško simulacijo za razumevanje organizacijskega vedenja na mikro ravni, s poudarkom na individualnem in medosebnem spoznavanju in vedenju (Bruderer & Singh, 1996).

Računalniška simulacija nudi laboratorijsko okolje za raziskovanje vprašanj o organizacijskem razvoju, vključno z učenjem posameznikov, timov in organizacije. V doktorski disertaciji bomo uporabili simulacijske pristope molekularnega modeliranja za preučevanje učeče se organizacije z uporabo modela FUTURE-O[®].

2.1 Osnove molekularnega modeliranja

V literaturi zasledimo uporabo simulacij kot vedno bolj pomemben metodološki pristop k razvoju teorije, ki se osredotoča na strategijo in organizacije (Davis, Eisenhardt & Bingham, 2007). Čeprav je mogoče simulirati dobro razvite teorije, kot so molekularne simulacije, ki so že dobro izpopolnjene, se še ni razvila simulacijska teorija za simulacije učečih se organizacij.

Simulacijski pristop je še posebej uporaben, če pojav vključuje večplastni in interaktivni proces ali druge nelinearne efekte. Posledično raziskovalci vedno bolj iščejo teorije, ki odražajo nelinearno naravo sprememb in njeno nepredvidljivost (Amagoh, 2008). Študije, ki temeljijo na paradigm teorije kompleksnosti, pri čemer se zavedamo, da socialnih in kulturnih vidikov učenja ni mogoče ločiti od našega razumevanja ljudi kot živih organizmov, ki so podvrženi spremembam, so povezane tako z znanstvenimi kot družbenimi pojavi.

Phelps in Hase (2002) trdita, da je mogoče s pomočjo teorije kompleksnosti premostiti paradigmatske vrzeli med znanostjo in družbenimi vedami ter pridobijo vrednost s pomočjo uporabe mešanega metodološkega pristopa. Sistemsko modeliranje, ki je tradicionalno uporabljen pristop, vključuje uporabo formalnih modelov ali simulacij kot eksplicitnih pripomočkov za povečanje našega razumevanja kompleksnih sistemov in izboljšanje učinkovitosti naših aktivnosti znotraj njih. Računalniško modeliranje in simulacija kot dopolnilo eksperimentu in teoriji sta značilnosti nedavnega sistemskega razmišljanja in sistemskih ved (Gilbert & Troitzsch, 2005).

Sistemsko razmišljanje je konceptualni temelj Sengovega pristopa *The Fifth Discipline* (Senge, 1990). Gre za disciplino, ki združuje druge pristope, ki jih spaja v celoto teorije in prakse (Senge, 1990, str. 12). Sistemsko razmišljanje po Sengeu omogoča spoznavanje pomena povratnih mehanizmov in njihov vpliv na spremembe v organizacijah. Sposobnost sistemsko teorije je razumeti in obravnavati celoto ter preučiti povezanost med deli, kar zagotavlja tako spodbudo kot možnosti za integracijo disciplin. Za poenostavljenje sisteme se po navadi uporablja precej poenostavljeni okviri, a ko se premaknemo iz osredotočenosti na dele tako, da začnemo videti celoto, prepoznamo organizacijo kot dinamični proces (Senge, 1990).

Sistemska teorija je del znanosti, ki na problem gleda celovito. že Aristotel je ugotavljal, da je celota več kot le vsota posameznih komponent. To, kar je več, ni rezultat ene komponente, ampak način povezave in sinergije med njimi. Sistemi so različni in zato pri njihovi obravnavi uporablja različne klasifikacije po različnih kriterijih. Eden od utemeljiteljev splošne sistemsko teorije je biolog Ludwig von Bertalanffy, ki je predlagal, da se klasični zakoni termodinamike lahko uporablja za zaprte sisteme, ne nujno pa tudi za odprte sisteme, kot so živa bitja. Ugotovil je, da obstajajo neke določene lastnosti, skupne vsem pojavom in pojmom, ki jih raziskujejo na različnih področjih znanosti.

Matematični model rasti organizma s časom je objavil leta 1934 in se še danes uporablja (von Bertalanffy, 1934). Leta 1968 je objavil delo o splošni sistemski teoriji, v katerem ponudi širšo perspektivo o sistemski znanosti in pogled na njen razvoj. Bil je med prvimi, ki je uvedel splošno teorijo sistemov, ki je postala pomembno področje raziskav in uporabe (von Bertalanffy, 1968). Ugotovil je, da obstajajo določene lastnosti in značilnosti, skupne

vsem pojavom in pojmom, ki jih raziskujejo na najrazličnejših področjih, in da sistemska teorija nudi nove možnosti konceptualizacije v znanosti. Posledica obstoja splošnih sistemskih lastnosti je pojav strukturnih podobnosti ali izomorfizmov na različnih področjih.

Splošna sistemska teorija je torej splošen konstrukt matematičnih načel in specifičnih teorij posameznih znanstvenih disciplin, kot splošno sistemsko teorijo definira von Bertalanffy. Definira jo kot logično matematično raziskovalno področje, iz katerega izpelje teorijo, veljavno za vse sisteme. Podobne ugotovitve veljajo tudi za koncept organizacije (von Bertalanffy, 1968, str. 46). Atom, kristal ali molekula so organizacije. V biologiji so organizmi po definiciji organizirane stvari. Čeprav imamo ogromno podatkov o bioloških organizacijah, od biokemije, citologije do histologije in anatomske, nimamo teorije biološke organizacije, to je konceptualnega modela, ki dovoljuje razlago empiričnih dejstev. Analogije (podobnost med dvema pojnama) znanstveno niso zanimive. Homologije (podobnost med strukturami), nasprotno, pogosto predstavljajo dragocene modele in se zato pogosto uporabljajo v fiziki.

Podobno lahko splošna teorija sistemov služi kot regulator za razlikovanje analogij in homologij, nesmiselnih podobnosti in smiselnega prenosa modelov. Ta funkcija velja predvsem za znanosti, ki jih, kot demografijo, sociologijo in velika področja biologije, ni mogoče vgraditi v fiziko in kemijo; kljub temu obstajajo natančni zakoni, ki jih je mogoče navesti z uporabo ustreznih modelov. Teorija sistemov je sposobna obravnavati te zadeve. Takšne pojme je mogoče definirati v matematičnem modelu sistema; poleg tega je v nekaterih pogledih mogoče razviti podrobne teorije, ki iz splošnih predpostavk sklepajo o posebnih primerih. Ugotovili so, da sta Volterrova biološka teorija in teorija kvantitativne ekonomije izomorfni v mnogih pogledih (von Bertalanffy, 1968, str. 47).

Matematično sistem v sistemski teoriji lahko definiramo kot množico med seboj povezanih interakcijskih elementov. Interakcija pomeni, da so elementi p v relaciji R, tako da se obnašanje elementa p v R razlikuje od njegovega obnašanja v drugi relaciji R'. Če obnašanji v relacijah R in R' nista različni, pomeni, da med njimi ni interakcije in elementi se obnašajo neodvisno glede na relaciju R in R'. Sistem lahko matematično definiramo na različne načine. Za ilustracijo lahko izberemo sistem simultanih diferencialnih enačb. Sprememba katerega koli elementa p v relaciji R sproži tudi spremembo vseh ostalih elementov sistema, ki so z njim v relaciji R. Takšne sisteme enačb najdemo na mnogih področjih znanosti in predstavljajo splošno načelo kinetike (von Bertalanffy, 1968, str. 55).

Splošna sistemská teorija se v novejšem času uvršča med znanstvene discipline in je primerna za raziskovanje tako populacij molekul, kemijskih in ekoloških sistemov kot socialnih sistemov. Raziskuje izomorfnost konceptov, zakonov in modelov na različnih področjih znanosti in prenosov iz enega področja raziskav na drugo. Njeni principi so zasnovani tako, da spodbujajo nove pristope v raziskovanju na različnih področjih

znanosti. K temu sta pripomogla razvoj na področju sistemske tehnologije, ki zajema razvoj računalniške strojne in programske opreme ter predvsem razvoj kibernetike (teorije kontrolnih sistemov), ki sega od najbolj enostavnih (termostat) vse do kompleksnih kontrolnih sistemov v ekonomskih in drugih družbenih področjih. Kibernetika je grajena predvsem na odnosih med sistemom in okoljem. Model se veliko uporablja v biologiji, sociologiji, ekonomiji in tudi v geografiji (Kekole, 1976). Uporaben je tudi za naravne sisteme.

Pomemben del sistemske teorije, ki je relevanten tudi za management, saj uporablja sistemski pogled za analizo zahtevnih organizacijskih in drugih problemov, s katerimi se redno srečuje, je tudi modeliranje. Sistem določajo njegovi sestavni deli, njihova okolica ter njihove medsebojne povezave. Uporaba modelov je kljub vsem pomanjkljivostim postala najbolj razširjena tehnika v raziskavah, ki jo je dodatno spodbudil tudi napredek v računalniški tehnologiji in sistemskem pristopu.

Simulacijsko modeliranje zagotavlja metodologijo za napredovanje teorije in raziskav o kompleksnih vedenjih in sistemih. Vendar pa so raziskovalci na področju managementa sprejeli to metodologijo počasneje kot v nekaterih povezanih družboslovnih disciplinah. Domnevajo, da je del razloga tudi to, da simulacijske metode niso dobro razumljene. Skladno s tem so avtorji (Harrison in drugi, 2007) s tem člankom žeeli spodbuditi razumevanje metodologije simulacije in razviti razumevanje njenih potencialnih prispevkov k teoriji managementa. Predstavili so naravo simulacij, njihovih zanimivosti in nekaj posebnih problemov, pa tudi nekatere uporabe računalniškega modeliranja pri raziskovanju teorije managementa in organizacije.

Vloga simulacij še ni dobro razumljena in sprejeta v velikem delu raziskovalne skupnosti na področju managementa in organizacije. Simulacija je legitimen, sistematičen in učinkovit pristop k znanstvenim raziskavam, ki lahko pomembno prispeva k teoriji upravljanja. Računalniška simulacija, ki se pravilno uporablja in ohranja v ustreznih perspektivi, predstavlja uporabno teoretično orodje, ki odpira nove raziskovalne poti.

Računalniške simulacije predstavljajo vzorec prihodnje usmeritve v raziskavah na področju managementa in organizacije, številni vzorci v prihodnosti bodo verjetno nastali s pomočjo računalniških simulacij. Vendar pa akademsko področje managementa in organizacije počasi izkorišča prednosti simulacijskih metod. Nekatere sorodne družboslovne discipline, predvsem psihologija, se zdijo daleč pred organizacijskimi vedami (Harrison in drugi, 2007). Uporaba simulacij s strani managementa in preučevanje organizacijskih problemov sta precej obsežni (Carley, 2003). Torej ima teorija managementa in organizacije precej možnosti, da izkoristi prednosti simulacijskih metod in spoznanj, ki jih lahko le-te prispevajo k razvoju teorije.

V družboslovju je metodologijo računalniške simulacije pionirsko uporabil James March s sodelavci (Cohen, March & Olsen, 1972). Začetno delo (Lomi & Larsen, 2001) na področju računalniških simulacij teorije managementa in organizacije je imelo osrednjo vlogo pri razvoju teorije organizacije. V delu *Uvod v uporabo računalniške simulacije pri proučevanju organizacijskega vedenja* (Lomi & Larsen, 2001) je predstavljena ideja, da je organizacija več kot vsota njenih delov in je posamezne komponente, ki delujejo kot kompleksen družbeni sistem, mogoče razumeti le z analizo njihovega kolektivnega vedenja.

Avtorja predstavita, kako lahko najsodobnejše simulacijske metode, vključno z genetskimi algoritmi, nevronskimi mrežami in celičnimi avtomati, uporabijo za obravnavo osrednjih problemov organizacijske teorije, povezane z nastankom, stalnostjo in razpadanjem hierarhičnih makrostruktur. Poudarek je na uporabi nove generacije računskih modelov na osnovi enačb in agentov, ki lahko pomagajo na področju teorije organizacije pri preoblikovanju njihovih temeljnih raziskovalnih vprašanj, začenši s predpostavkami o tem, kako povezati namesto ločevati različne ravni organizacijske analize.

Raziskovalci, ki preučujejo organizacije in podjetja s pomočjo pristopov računalniške simulacije, uporabljam različne osnovne definicije, ki so običajne v računalniški znanosti:

- *metode na podlagi agentov v primerjavi z metodami na osnovi enačb*: modeli na osnovi agentov se odvijajo v skladu z interakcijami relativno enostavnih povezav, medtem ko se modeli na podlagi enačb odvijajo numerično na podlagi različnih dinamičnih enačb stanja;
- *model*: je poenostavljena različica realnega sveta, ki vsebuje le bistvene elemente teoretičnega interesa;
- *kompleksnost modela*: število konceptualnih delov v modelu in povezave med njimi;
- *deterministični nasproti stohastičnim*: deterministični modeli se odvijajo točno tako, kot je specificirano z določeno pred-specifično logiko, medtem ko so stohastični modeli odvisni od raznovrstnih izpeljav iz verjetnostnih porazdelitev;
- *optimizacija v primerjavi z deskripcijo*: modeli z akterji, ki poskušajo doseči maksimalni vrh preučevane površine.

Obstaja več poskusov za modeliranje učeče se organizacije, ki uporabljam različne simulacijske metode in tehnike. Nekateri pomembni prispevki v literaturi na tem področju vključujejo članke: Modeling for learning organizations (Morecroft & Sterman, 2000), Creating Effective Learning Environments and Learning Organizations through Gaming Simulation Design (Kriz, 2003), Experimentation in learning organizations: A management flight simulator approach (Bakken, Gould & Kim, 2002).

Različni metodološki pristopi za simulacijsko modeliranje organizacij so predstavljeni v več delih (Carley 2001; Davis, Eisenhardt & Bingham, 2007; Dooley 2002). Uporabljene metode so:

- *Modeli agentov (Agent-based models)*: temeljijo na pristopu agentov in so računalniški modeli, ki preučujejo interakcije več dejavnikov (mnogi izmed naslednjih pristopov so lahko tudi "na osnovi agentov"); v modelih, ki temeljijo na agentih, model simulira obnašanje akterjev (agentov), ki sestavljajo družbeni sistem – vključno s tem, kako medsebojno vplivajo drug na drugega – in rezultati, ki so zanimivi, so običajno posledice vedenja agentov socialnega sistema kot celote. Obnašanje družbenega sistema se ne modelira neposredno; vedenje sistema izhaja iz interaktivnega vedenja njegovih sestavnih dejavnikov. March (1991) je na primer modeliral učenje posameznikov in organizacijskih agentov, da je preučil učinke raziskovanja na organizacijsko znanje in konkurenčno prednost organizacije. Z uporabo modeliranja na podlagi agentov za integracijo omejene racionalnosti v raziskavah organizacijskega upravljanja so pokazali (Meyer, Simon & Tilebein, 2009), da modeli na podlagi agentov predstavljajo močna metodološka orodja za analizo tako notranje organizacijske dinamike kot koevolucijo med organizacijami in njihovim okoljem.
- *Sistemski dinamika (System dynamics)*: pristopi na osnovi enačb, ki uporabljajo princip vzročne zveze med priložnostnimi zankami ter zalogami in tokovi virov; modeli sistemski dinamike se osredotočajo na modeliranje vedenja sistema kot celote in ne modeliranje vedenja akterjev v sistemu (Forrester, 1961). Na sistemski ravni ti modeli simulirajo procese, ki sčasoma vodijo do sprememb v sistemu. Modeli sistemski dinamike so po navadi predstavljeni v diagramih spremenljivk, povezanih s puščicami, vključno s povratnimi zankami, ki kažejo smeri vpliva spremenljivk druge na drugo, nato pa je vsaka komponenta vpliva formalizirana. Sastry (1997) je na primer preučil diskontinuirane ali prekinjene organizacijske spremembe z modeliranjem organizacijskih sprememb kot funkcijo primernosti organizacijskega okolja in poskusnih obdobij, ki sledijo preusmeritvam, med katerimi je proces sprememb začasno prekinjen. Repenning (2002) je preučil organizacijsko izvajanje inovacij z modeliranjem procesa, pri katerem udeleženci skupaj razvijajo zavezanost novo sprejetim inovacijam.
- *Celični avtomati (Cellular automata)*: raziskujejo več akterjev v fizičnem prostoru, katerega vedenje temelji na pravilih; modeli za celične avtome temeljijo na $n \times n$ rešetki ali mreži, kjer vsak kvadrat v mreži predstavlja celico. Model določa, kako se vsaka celica spremeni iz zasedene v prazno v vsakem časovnem obdobju kot funkcija značilnosti sosednjih celic; z drugimi besedami, vpliv je omejen na lokalne interakcije. Ker se posamezne celice spreminja z medsebojnim delovanjem z drugimi celicami, lahko modele celičnih avtomatov obravnavamo kot poseben primer modelov, ki temeljijo na agentih, če se celice obravnavajo kot agenti – vendar se bistveno razlikujejo od modelov, ki temeljijo na agentih, saj nezasedene ali prazne celice še vedno vplivajo na njihove sosedje.

- *Genetski algoritmi (Genetic algorithms)*: modeli agentov, katerih genetske informacije se razvijajo po času.
- *Na enačbah temelječi modeli (Equation-based models)* (ali nelinearno modeliranje): modeli, ki z (navadno nelinearnimi) enačbami določajo svoje prihodnje stanje.
- *Stohastične simulacije (Stochastic simulations)*: modeli, ki vključujejo naključne spremenljivke ali vir stohastičnosti.
- *NK-modeliranje (NK modeling)*: akterje modelirajo kot N-vozlišč, povezanih prek K-povezav, ki (običajno) poskušajo doseči maksimalni vrh preučevane površine.
- *Modeli dinamičnih mrež (Dynamic networks models)*: model predstavlja akterje in neakterje (naloge, vire, lokacije, prepričanja itd.), ki so povezani prek relacijskih povezav kot pri dinamični analizi omrežja.
- *Modeli socialnih mrež (Social-network models)*: to je kateri koli model, ki predstavlja akterje, ki so povezani s stereotipnimi "vezmi", kot pri analizi socialnega omrežja; metodologija raziskav socialnih omrežij se lahko uporablja tudi za določanje nekaterih mikro vprašanj v organizacijah, kot so koalicijske skupine, klike, težnja akterjev pri oblikovanju družbenega kapitala. Teorija in metodologija modelov socialnih mrež, ki je precej drugačna od tradicionalnega pristopa, je v zadnjih treh desetletjih pridobila ključno vlogo na področju ekonomije in managementa. Ta metodologija služi kot orodje za reševanje problemov, kako socialne interakcije oblikujejo management in organizacije. Namen raziskav na tem področju (Toivonen, Onnela, Saramaki, Hyvonen & Kaski, 2006) je posredovanje informacij potencialnim raziskovalcem o temeljnih vidikih teorije socialnih omrežij, področjih uporabe na področju organizacijskih raziskav, zbiranju podatkov, vnosu podatkov, merjenju, analizi podatkov in programskih orodijih za analiziranje socialnih omrežij. Pristope modelov socialnih mrež so uporabili za proučevanje različnih tem:
 - Modele socialnih mrež so na primer uporabili za vpogled v drugi del inovacijskega procesa; to je izvajanje ideje. Glavna prednost uporabe modela socialnih mrež za raziskovanje izvajanja idej v organizacijah je v tem, da pomaga identificirati priložnosti in omejitve za izvajanje idej, ki so prisotne v družbenem kontekstu, v katerega so vključeni člani organizacije (Batistič & Kaše, 2016).
 - Z uporabo metod socialnega omrežja so na primer razvili konceptualni model za preučevanje razmerja med praksami človeških virov, medosebnimi odnosi in prenosom znanja znotraj organizacij, temelječih na znanju (Kaše, Paauwe & Zupan, 2009).
 - Pристop mrežne perspektive za proučevanje vzorcev in struktur znotraj-organizacijskih učencev mrež so avtorji (Škerlavaj, Dimovski & Dessimouza, 2010) uporabili, da bi ugotovili vzorce in strukture, ki urejajo oblikovanje mrež znotraj organizacije. Za statistično modeliranje socialnih mrež so uporabili tehniko potrditvene socialne mreže eksponencialnega modeliranja naključnih grafov (Frank & Strauss, 1986), ki je vgrajena v StocNet programski paket (Snijders, 2006) in v programski paket SIENA (*Simulation Investigation for Empirical Network Analysis*)

(Snijders, 2001, 2002) in je namenjen analiziranju različnih vrst podatkov kot odvisnih spremenljivk. Na primeru izbrane organizacije so ugotovili:

- da so najbolj osrednji ljudje v učečih mrežah znotraj na znanju temelječih organizacij izkušeni posamezniki na višjih ravneh formalne hierarhije;
 - da sta homofilija in bližina dva mehanizma, ki spodbujata strukturiranje učečih mrež;
 - da učeče relacije niso vzajemne, čeprav izobraževalni viri pridobijo višji kognitivni in formalni status v organizaciji;
 - da je tranzitivnost prisotna v učečih mrežah;
 - da so lokalno klastriranje in redke med-klasterske povezave razvidne tudi v med-organizacijskih učečih mrežah (Škerlavaj, Dimovski & Dessoza, 2010, str. 13).
- Pristop modela socialnih mrež za obravnavo učečih se organizacij pa sta Kaminska in Borzillo (2018) uporabila v študiji *Challenges to the learning organization in the context of generational diversity and social networks* za boljše razumevanje izzivov pojava učeče se organizacije v kontekstu generacijske raznolikosti in sistema socialnega mreženja organizacij. Ugotovila sta, kako uporaba socialnih omrežij spreminja dejstvo, kdo ima moč in nadzor nad znanjem v organizaciji, kar pa ima posledice za menedžerje, ki želijo oblikovati učeče se organizacijo v kontekstu medgeneracijske raznolikosti. S poudarkom na premalo raziskanem vprašanju medgeneracijskih razlik v kontekstu sprejemanja in uporabe modelov socialnih mrež avtorja prispevata tudi k teoriji učeče se organizacije (Örtenblad, 2013).

Raziskovalci učečih se organizacij si izposojajo koncept sistemskega delovanja organizma pri razlaganju koncepta učeče se organizacije. Splošna sistemska teorija, ki služi številnim drugim znanstvenim razmišljanjem, se zdi tudi teoretična podlaga, na kateri temelji koncept učeče se organizacije. Ker so bile von Bertalanffyjeve prve objave o splošni teoriji sistemov v veliki meri povezane z biologijo, je morda lažje ponuditi razumevanje te teorije z biološkega vidika in nato uporabiti to razumevanje za organizacijo. Organizacija, ki je podobna organizmu, mora biti uspešna. Nobena človeška organizacija ni postala tako uspešna kot živi organizem v svojem sistemskem delovanju. Učeča se organizacija si prizadeva biti kot organizem (Lu, 2004).

Učeča se organizacija se odziva na pogoste spremembe v okolju podobno kot naravni sistemi (Allen & Tildesley, 1989), saj vsaka sprememba vpliva na njegove druge elemente in od tod ideja, da lahko organizacijo modeliramo kot molekulo z uporabo molekularnega mrežnega pristopa. V ta namen uporabljamо metode in tehnike molekularnega modeliranja. Metode molekularnega modeliranja so široko uporabljane za študij molekul, še posebej za pridobivanje novih spoznanj o interakcijah med molekulami. Molekularno modeliranje je orodje, ki uporablja teoretične metode in računske tehnike za modeliranje vedenja molekul.

Ta pristop se pogosto uporablja na različnih področjih znanosti, tako na področju naravoslovnih (Leach, 2001) kot družboslovnih ved (Harrison in drugi, 2007). Obstajajo številni računalniški programi za molekularno modeliranje. Za modeliranje molekularne mehanike se v veliki meri uporablja CHARMM (Brooks in drugi, 1983, Hodošček, Billings, Cheatham III & Brooks, 2001; Brooks in drugi, 2009), AMBER (Cornell in drugi, 1995), GROMOS (van Gunsteren in drugi, 1996), GROMACS (van der Spoel in drugi, 2005) in drugi. Seznam računalniških programov, ki se pretežno uporablja za izračune molekularne mehanike je naveden na (Wikipedia, brez datuma).

V naših raziskavah se osredotočamo na razvoj novega pristopa za modeliranje organizacije kot molekule, da ta postane učeča se organizacija. Zato se naš pristop razlikuje od drugih, ker opredelimo organizacijo kot molekulo in za modeliranje učeče se organizacije uporabljamo okvir molekularnega mrežnega pristopa.

V doktorskem delu uporabljamo računalniške tehnike molekularnega modeliranja za simulacijo obnašanja in medsebojnih razmerij sedmih lastnosti in sedmih elementov modela FUTURE-O[®] med pari posameznikov v učeči se organizaciji, ki so analogne uporabi parske potencialne energijske funkcije v molekularnih sistemih.

2.2 Pomen molekularnega modeliranja

Molekularno modeliranje je krovni pojem za uporabo teoretičnih pristopov, ki omogočajo posnemanje obnašanja atomov in molekul s pomočjo računalnika. Izvedba pristopov molekularnega modeliranja je proces v štirih korakih, ki so: definicija problema, izgradnja modela, izvedba računa in analiza rezultatov, kot jih prikazuje slika 5.

Molekularno modeliranje je bilo v preteklosti omejeno na majhno število znanstvenikov, ki so imeli dostop do potrebne računalniške in programske opreme in so po navadi sami pisali svoje računalniške programe. Sedaj, ko so računalniki postali zelo zmogljivi in je programska oprema za molekularno modeliranje bolj razvita, se na področju molekularnega modeliranja uporablja računalniški programi, tako tisti razviti v akademskih laboratorijih kot tudi tisti, ki jih nudijo različne organizacije. Zato se molekularno modeliranje dandanašnji čas lahko izvaja v vsakem laboratoriju ali v učne namene v učilnici.

Postopek izvedbe molekularnega modeliranja v praksi ni čisto tako preprost, vendar je v bistvu natančen opis problema. Ključna točka je ideja o opredelitvi problema. Pristop molekularnega modeliranja se največkrat uporablja za reševanje problemov, ki jih morda ni mogoče drugače učinkovito obravnavati.

Slika 5: Postopek izvedbe molekularnega modeliranja



Vir: Lastno delo.

Kot pri vsakem formalnem modelu je razvoj simulacijskega modela ključen pri razvoju teorije. Konstruiranje simulacijskega modela vključuje identifikacijo osnovnih procesov, za katere menimo, da igrajo ključno vlogo pri obnašanju organizacijskega sistema in jih formalizirajo kot matematične enačbe ali sklope računalniških pravil. Določanje ključnih procesov in način njihovega medsebojnega delovanja je v bistvu teoretično prizadevanje; formalno določanje delovanja osnovnih procesov je tudi takšno prizadevanje, saj predhodne raziskave redko zagotavljajo formalno specifikacijo procesov, zato je treba razviti nove ideje.

Nastali model ni le rezultat teoretičnega razvoja, temveč je tudi teorija v smislu, da uteleša teoretične ideje. Hipoteze običajno niso na voljo v simulacijskih raziskavah, saj posledice kompleksnih interakcij komponent modela niso logično očitne (če bi bile, simulacija ne bi bila potrebna); namesto tega se posledice modela določijo računsko, ugotovitve pa se lahko same obravnavajo kot hipoteze ali teoretični zaključki.

2.3 Računalniške simulacije

Računalniška simulacija se začne z modelom obnašanja nekega sistema, ki ga želimo raziskati. Model je sestavljen iz niza enačb in/ali transformacijskih pravil za procese, s katerimi se spremenljivke v sistemu s časom spreminjajo. Model se nato prevede v računalniški program, ki se izvaja na računalniku za različne časovne intervale.

Računalniške simulacije so postale uporaben del matematičnega modeliranja mnogih naravnih sistemov v fiziki, kemiji in biologiji, človeških sistemov v ekonomiji, psihologiji

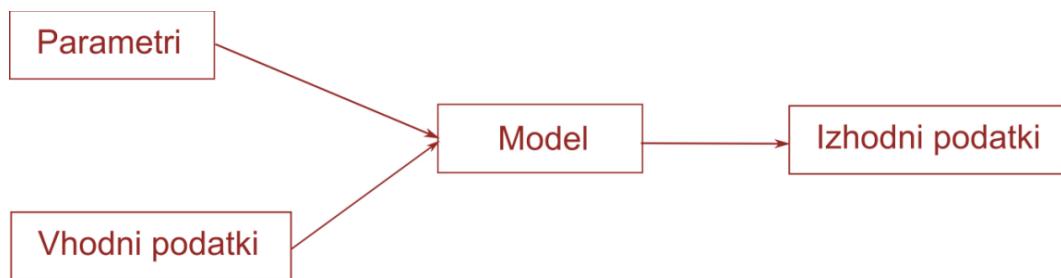
in družbeni znanosti ter v procesu inženiringa nove tehnologije, ki omogočajo vpogled v delovanje teh sistemov. Tradicionalno je formalno modeliranje sistemov potekalo preko matematičnega modela, ki skuša najti analitične rešitve problemov, ki omogočajo napovedovanje obnašanja sistema iz niza parametrov in začetnih pogojev. Zanesljivost in zaupanje v računalniške simulacije sta odvisna od veljavnosti simulacijskega modela. Celoten simulacijski proces predstavlja metodologijo za razvoj teorije, začenši s predpostavkami in konstrukcijo modela ter konča s predvidevanji teorije (ugotovitve).

Računalniške simulacije uporabljamo za teoretske raziskave na različnih področjih znanosti. Kot virtualni poskusi so računalniške simulacije lahko komplementarne ali nadomestne pravim poskusom. Pravi poskus je lahko neizvedljiv zaradi finančnih (Bajorath, 2002), tehničnih (Bagla, 2002) ali fizikalnih (Janežič, Hodošček & Ugi, 2002) omejitev; v takih primerih uporabljamo računalniške simulacije, ki nimajo takih omejitev. S pomočjo računalniških simulacij lahko razjasnimo delovanje realnega sistema.

Z molekularnim modeliranjem je v tesni povezavi tudi računalniška grafika, ki ima velik vpliv na molekularno modeliranje. Računalniška grafika je v pomoč pri interpretaciji izračunov in rezultatov, ki jih dobimo z metodami molekularnega modeliranja. Zaradi široke dostopnosti računalniške opreme in programov za računalniško grafiko jo danes raziskovalci uporabljujo za predstavitev svojih rezultatov, saj lahko s svojo širino barvnih predstavitev generiramo želeno sliko molekularnega sistema. V doktorski disertaciji smo možnosti, ki jih daje široka uporaba računalniške grafike, uporabili pri predstavitvi naših rezultatov v poglavjih 3.5 in 3.6.

Zakonitosti realnega sistema, ki ga simuliramo, vključimo v model. S parametri modela spremojemo lastnosti, tako da se ujema z lastnostmi modela. Za izvedbo simulacije moramo podati tudi sistem, ki ga simuliramo, in njegovo začetno stanje. Z modelom in parametri modela opišemo realni sistem tako, da ga lahko z računalnikom simuliramo. Za računanje simulacije moramo podati še začetno stanje kot vhodne podatke. Ponazoritev simulacije prikazuje slika 6.

Slika 6: Ponazoritev računalniške simulacije



Vir: Lastno delo.

Velika računska zahtevnost takih simulacij zahteva ustrezzo strojno in programsko opremo. Običajno se simulacije izvajajo na superračunalnikih ali na sistemu posebej za namen simulacij razvitih računalniških gruč, ki vsebujejo tudi več tisoč vzporedno vezanih procesorjev. Za izvajanje računalniških simulacij je že razvitih veliko splošno uporabljenih računalniških programov.

2.4 Programska in strojna oprema

Računalniške simulacije omogočajo teoretske raziskave v molekularni kemiji, strurni biologiji in mnogih drugih področjih znanosti. Simulacija molekulske dinamike predstavlja reševanje diferencialnih enačb drugega reda, s katerimi opisujemo gibanje delcev (atomov) simuliranega sistema. Ker ta problem v splošnem ni analitično rešljiv, ga obravnavamo numerično. Rešiti moramo sistem gibalnih enačb za vsak delec posebej. Osnovni izhod simulacije je trajektorija gibanja delcev.

Metode za simulacijo molekulske dinamike so časovno zahtevne, kar omejuje tako dolžino simulacije kot velikost obravnavanega sistema. Najbolj računsko zahtevni del takih simulacij je računanje interakcij med delci. Vseh interakcij v sistemu z n -delci je n^2 . Na vsakem integracijskem koraku moramo izračunati te interakcije oziroma sile, ki delujejo na delce. Računsko zahtevnost izračuna interakcij med delci lahko zmanjšamo z upoštevanjem razdalje *cut-off*: Kadar je razdalja med dvema delcema večja od razdalje *cut-off*, njune interakcije ne upoštevamo in je ne računamo. Pohitritev izvedbe simulacije molekulske dinamike lahko dosežemo tudi s pomočjo vzporednih metod za simulacijo molekulske dinamike, ki porazdelijo računanje sil po vseh procesorjih vzporednega računalnika (Borštnik, Hodošček & Janežič, 2004).

V doktorski disertaciji izvedbo molekularnih simulacij izračunamo z računalniškim programom CHARMM (Brooks in drugi, 1983, Brooks in drugi, 2009). To je računalniški program za izvajanje molekularnih simulacij. Široko se uporablja za obravnavo različnih sistemov s številnimi delci, ima vgrajen celovit niz potencialnih funkcij, številne izboljšane metode vzorčenja in podpira več-skalne tehnike. CHARMM se uporablja predvsem za študij bioloških sistemov, široko ga uporablja tudi za študije pri oblikovanju novih materialov z želenimi lastnostmi.

V doktorski disertaciji smo ga kot prvič uporabili za simulacije učeče se organizacije. CHARMM program za simulacijo učeče se organizacije smo uporabili v našem FUTURE-O-DYN simulacijskem pristopu, tako da smo razvili ustrezne skripte, ki jih program CHARMM interpretira in simulacijo s pomočjo teh skript tudi izvajamo. CHARMM je prosto dostopen računalniški program (CHARMM, brez datuma).

Računalniški program FUTURE-O-DYN za izvedbo simulacij učeče se organizacije smo razvili v računalniškem jeziku Python. Python je zmogljiv programski jezik, preprost za

učenje in uporabo. Ima učinkovite podatkovne strukture na visoki ravni in preprost, vendar učinkovit pristop k objektno orientiranemu programiranju. Elegantna sintaksa in uporaba dinamičnih tipov podatkovnih struktur Pythona sta skupaj z nezahtevno interpretacijo idealen jezik za hiter razvoj aplikacij na številnih področjih na večini platform. Python je prosto dostopen računalniški program (Python, brez datuma).

Programi za simulacijo molekulske dinamike so po navadi bodisi v obliki glavnega programa, v našem primeru programa CHARMM, ki sprejme neke vhodne podatke in pripadajoče datoteke (npr. topologija sistema, začetne koordinate, parametri polja sil) ter ustvari neke izhodne podatke, bodisi kot knjižnico, ki jo lahko uporabimo v lastnem programu.

Izbor računalniškega jezika Python je bil pogojen zaradi dveh glavnih prednosti jezika, ki sta enostavnost in prilagodljivost. Poleg tega je Python že zelo dobro uveljavljen skriptni jezik v raziskovalni skupnosti, kar odraža veliko število numeričnih in znanstvenih paketov za Python, ki velja za enega najenostavnejših programskeh jezikov in zanj obstaja mnogo knjig in priročnikov.

Python skripta za simulacije je po navadi sestavljena iz štirih delov: uvoza vseh potrebnih modulov in paketov, priprave sistema in interakcij, integriranje sistema in analize. Najpomembnejše vodilo pri izdelavi računalniškega programa pa je njegova razširljivost oz. možnost enostavnega razširjanja jedra ter prav tako uporabniškega vmesnika Python. Naslednje vodilo je hitrost.

Pomembno je tudi, da lahko program uporabljam na različnih računalniških platformah, vse od osebnih računalnikov, ki jih lahko povežemo v mrežo, do v gručo osebnih računalnikov, do visoko zmogljivih superračunalnikov.

3 IZDELAVA IN ANALIZA MODELA FUTURE-O-DYN

Računalniške simulacije so uveljavljeno orodje v mnogih vejah znanosti. Motivacija za uporabo računalniških simulacij fizikalnih in drugih sistemov je večplastna. Ena od glavnih motivacij je, da z njihovo pomočjo vpeljemo približke. Z računalniško simulacijo lahko študiramo sisteme, ki jih ne moremo obravnavati z analitičnimi metodami. Računalniški simulacijski pristop omogoča proučevanje kompleksnih sistemov in daje vpogled v njihovo vedenje ter omogoča primerjavo različnih teoretičnih modelov. Po drugi strani pa omogoča primerjavo modelov z eksperimentom in ocenjevanje veljavnosti modela.

Računalniške simulacije lahko zapolnijo vrzel med teorijo in eksperimentom, saj nekaterih količin ni mogoče eksperimentalno izmeriti. Z računalniškimi simulacijami lahko takšne količine izračunamo. Rezultat vsake simulacije je dobro opredeljen model obravnavanega

sistema, pri čemer predpostavimo, da obstaja za obravnavani sistem modelni potencial, to je sile, potrebne za propagacijo sistema. Stanje sistema označujemo z X_n , kjer je n število prostostnih stopenj sistema. Sklop vseh stanj sistema pa sestavlja fazni (organizacijski) prostor. Lastnost sistema, ki jo želimo izračunati, je funkcija stanja sistema.

Sistem lahko propagiramo skozi fazni prostor z uporabo determinističnih ali stohastičnih metod. Izbera metode je odvisna od modela in procesov, ki nas zanimajo.

Ideja determinističnih metod je, da uporabijo vgrajeno dinamiko modela za propagacijo sistema. Spreminjanje sistemskih spremenljivk po času in s tem gibanje točk v faznem prostoru določajo gibalne enačbe, ki kot rezultat vrnejo trajektorijo v faznem prostoru glede na začetni položaj in moment. Kadar ima sistem n sistemskih spremenljivk, je njegov fazni prostor n -imenzionalen (Heermann, 1986).

Stohastične metode temeljijo na nekoliko drugačnem pristopu, ker je v tem primeru treba ovrednotiti le konfiguracijski del problema. Vedno pa lahko integriramo del po momentih. Problem, ki se postavlja, je torej, kako uvesti prehod iz ene konfiguracije v drugo, kar pri determinističnem pristopu določajo momenti. Takšne prehode v stohastičnih metodah omogoča verjetnostni razvoj preko Markovskega procesa ali Markovskih verig. Markovski proces je verjetnostni analog klasični mehaniki (Heermann, 1986). Stohastične metode niso diametalno nasprotne determinističnim. Brownova dinamika je tako primer, kjer sta obe metodi združeni v hibridno tehniko. Vendar pa obstajajo inherentno stohastične metode, kot je tehnika Monte Carlo. Stohastične metode temeljijo na konceptih, razvitih v teoriji verjetnosti in statistični mehaniki.

V doktorski disertaciji bomo uporabili deterministične metode za simulacije učeče se organizacije, to je simulacijo molekulske dinamike, ki je računalniška simulacijska metoda za proučevanje gibanja atomov in molekul. Deterministične simulacijske metode ne vsebujejo nobenih naključnih spremenljivk in nobene stopnje naključnosti ter so sestavljene predvsem iz enačb, na primer diferencialnih enačb. Te simulacije imajo znani vhod (*input*) in dajo enoličen rezultat (*output*) v nasprotju s stohastično (verjetnostno) simulacijo, ki vsebuje naključne spremenljivke.

3.1 Definicija organizacijskega prostora in razvoj potencialne funkcije

Sistemi, s katerimi se ukvarjam v doktorski disertaciji, so takšni, da so izrecno upoštevane vse prostostne stopnje. Izhodišče za takšno obravnavo je Newtonova, Lagrangova ali Hamiltonska formulacija sistema v okviru klasične mehanike. Za takšne sisteme želimo izračunati različne količine, na primer termodinamske spremenljivke, katerih formulacija vodi v diferencialne enačbe gibanja. Te gibalne enačbe diskretiziramo, da generiramo pot v faznem prostoru, vzdolž katere izračunamo lastnosti sistema. Izhodišče za metodo

molekulske dinamike je dobro opredeljen makroskopski opis obravnavanega fizikalnega sistema.

V doktorski disertaciji bomo uporabili opis sistema z Newtonovimi gibalnimi enačbami, ki določajo koordinate sistema kot funkcijo časa. Z metodo molekulske dinamike z uporabo Newtonovih gibalnih enačb izračunamo tako statične kot tudi dinamične lastnosti sistema. Glavna predpostavka pri uporabi simulacije molekulske dinamike je, da je klasična dinamika ustrezna in da so kvantni popravki atomske dinamike zanemarljivi. Metoda molekulske dinamike je pristop, ki numerično rešuje enačbe gibanja na računalniku (Allen & Tildesley, 1989).

Programi za računalniške simulacije molekulske dinamike uporabljajo pristope klasične mehanike, ki temeljijo na drugem Newtonovem zakonu:

$$F = m \cdot \frac{d^2 r}{dt^2} = m \cdot a \quad (1)$$

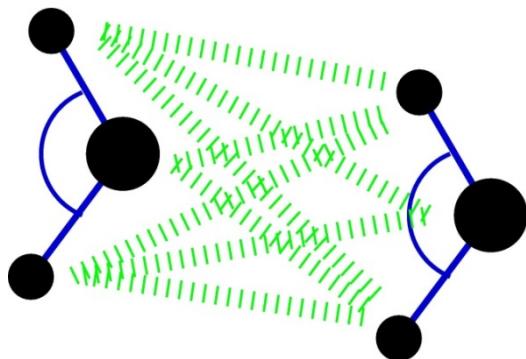
kjer je m masa, r koordinata in a pospešek, pri čemer je F sila, ki deluje na atom, da premaknemo atome v prostoru glede na sile med delci.

Simulacija molekulske dinamike v splošnem predstavlja reševanje problema n -delcev, zato so metode, razvite zanjo, prenosljive tudi na druge vrste simulacij. Rešiti moramo sistem gibalnih enačb za vsak delec posebej. Gibalne enačbe (1) so deterministične, kar pomeni, da začetne koordinate in hitrosti v času nič določajo koordinate in hitrosti v vseh drugih časih.

Metoda simulacije molekulske dinamike omogoča napovedovanje statičnih in dinamičnih lastnosti molekul direktno iz osnovnih interakcij med molekulami. Koordinate, hitrosti in pospešek so funkcije časa, sila pa je povezana s pospeškom in potencialno energijo, ki je funkcija koordinat, in zato je tudi pospešek funkcija koordinat. Ker se koordinate spreminja v odvisnosti od časa, se v času spreminja tudi pospešek, ki ga izračunamo iz sile in ki je odvod potencialne energije po času nič. Potencialna energija je funkcija parametrov, ki vsebujejo numerične konstante, potrebne za izračun sil in energije. Enak pristop lahko uporabimo za simulacijo časovnega razvoja komunikacijskih vzorcev med posamezniki v učeči se organizaciji. Sila je v tem primeru opredeljena kot komunikacija med posamezniki.

Klasično mehanski pristop za simulacijo fizikalnih lastnosti snovi uporablja potencialno energijsko funkcijo, za katero je treba določiti parametre polja sil. Parametre in enačbe, ki opisujejo energijsko potencialno funkcijo, običajno delimo na vezne in nevezne člene. Primer za ponazoritev veznih in neveznih členov energijske potencialne funkcije prikazuje slika 7.

Slika 7: Ponazoritev veznih in neveznih interakcij v sistemu dveh molekul vode



Vir: Dimovski, Janežič, Uršič & Hodošček (2012, str. 101).

Velika črna kroga sta kisika (O), mali črni krogi pa vodiki (H). Modre ravne črte predstavljajo vezi med pari kisikov in vodikov (vez O–H). Modra ukrivljena črta predstavlja kot med tremi atomi (H–O–H). Obe vrsti interakcij sta vezni. Zelene črtane črte predstavljajo nevezne interakcije med atomi, ki medsebojno nimajo veznih interakcij. Med dvema molekulama vode je 9 neveznih interakcij – vsak izmed atomov ene molekule vode ima nevezne interakcije z vsemi tremi atomi druge molekule vode.

Pri simulaciji molekulske dinamike se atomi premikajo glede na sile, izračunane iz energijske potencialne funkcije, definirane z enačbo (2). Potencialna energija molekule je podana z empirično energijsko funkcijo, ki definira energijo kot funkcijo kartezičnih koordinat vseh atomov. Vsebuje člene, ki opisujejo notranjo energijo molekule, to je energijo vezi, kotov in dihedralnih kotov, ter interakcijsko energijo, ki izvira iz van der Waalsovih in Coulombovih sil.

Klasične potencialne energijske funkcije, kot je funkcija, definirana z enačbo (2), so parsко aditivne. Vsebujejo zelo veliko število parametrov, ki jih je treba določiti ali iz empiričnih ali pa iz izračunanih podatkov. Za določitev energijske potencialne funkcije obstaja veliko število različnih potencialnih polj sil, to je niza parametrov in enačb, ki se uporabljajo v simulacijah molekulske mehanike in dinamike.

V doktorski disertaciji smo za simulacije molekulske dinamike za simulacijo časovnega razvoja komunikacijskih vzorcev med posamezniki v učeči se organizaciji uporabili energijsko potencialno funkcijo, ki se uporablja v enem najpogosteje uporabljenih računalniških programov za molekularno modeliranje CHARMM (Brooks in drugi, 1983) in temelji na ločljivih notranjih veznih in zunanjih parsко neveznih interakcijskih členih.

Celotna energijska funkcija U je izražena v obliki:

$$U = \sum_{bonds} k_b (r - r_{eq})^2 + \sum_{angles} k_\theta (\theta - \theta_{eq})^2 + \sum_{torsions} \sum_n \frac{V_n}{2} \\ \times [1 + \cos(n\phi - \gamma)] + \sum_i \sum_{j>i} \left[\left(\frac{A_{ij}}{r_{ij}^{12}} - \frac{B_{ij}}{r_{ij}^6} \right) + \frac{q_i q_j}{4\pi\epsilon_0 \cdot r_{ij}} \right] \quad (2)$$

kjer prvi člen opisuje energijo harmonskih vezi kot potencial vzmeti in so r , θ , ϕ notranji vezni členi in r_{ij} proste spremenljivke, k_b je konstanta sile vezi; drugi člen opisuje harmonski potencial za kote vezi in je r_{eq} ravnočesna dolžina vezi, k_θ je konstanta kota med vezmi, θ_{eq} je ravnočesna širina kota; tretji člen je potencial za dihedralne kote, kjer je V_n parske potencial torzijskega (dihedralnega) kota, γ je ravnočesna vrednost faznega kota; četrti člen je Lennard-Jonesov potencial med vsemi pari atomov, i in j , v molekuli. Sestavljen je iz dveh členov: odboj med atomi, ki ga povzroča penetracija elektronskega oblaka, in privlaka, ki temelji na Londonovi disperziji. A_{ij} je globina potencialne energijske krivulje in merilo, kako močno se atoma medsebojno privlačita, B_{ij} je razdalja, pri kateri je potencial med delci enak nič, kar opisuje, kako blizu sta lahko oba atoma in r_{ij} je razdalja med dvema atomoma. Torej, A_{ij} in B_{ij} sta parametra van der Waalsovega potenciala, ki opisuje nevezne interakcije med bližnjimi atomi; zadnji člen predstavlja Coulombovo elektrostatsko interakcijo, ki opisuje privlačnost ali odbojnost dveh atomov na podlagi njunih delnih atomskih nabojev q_i in q_j ; q_i in q_j so elektrostatski naboji delcev i in j Coulombovega dela potenciala, ki opisuje elektrostatske interakcije, ki nastanejo zaradi odboja enako nabitih atomov ali privlaka nasprotno nabitih atomov.

Del enačbe (2) z neveznimi interakcijami je sestavljen iz elektrostatskega dela, ki ga opisuje Coulombov potencial in van der Waalsova sila, opisana z Lennard-Jonesovim potencialom (Brooks in drugi, 1983). V okviru klasično mehanskih simulacij izračunamo silo iz enačbe (3) kot:

$$\mathbf{F} = -\operatorname{grad} U \quad (3)$$

kjer uporabimo energijsko potencialno funkcijo U , definirano z enačbo (2), v kateri definiramo parametre polja sil.

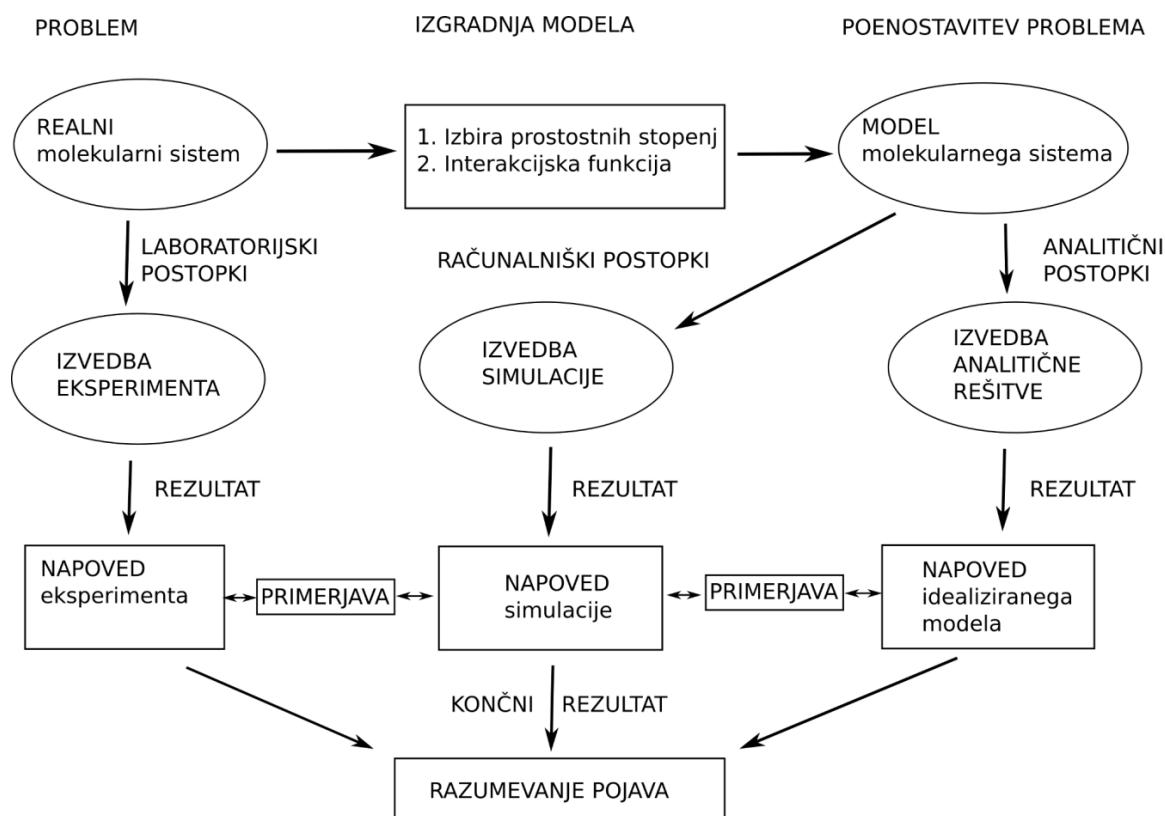
V doktorski disertaciji, kjer posameznika v organizaciji predstavimo z dvema atomoma, uporabljam samo nevezne člene energijske potencialne funkcije U , torej elektrostatski in van der Waalsov člen.

3.2 Opis računalniške simulacije

Molekularno modeliranje je pristop, ki s pomočjo teoretičnih metod in računalniških tehnik simulira obnašanje molekul. Smotrna raba metod molekularnega modeliranja zahteva razumevanje teoretskih osnov, prav tako pa tudi ustrezno izbiro tipa metod za reševanje

določenih nalog. Pri tem je nujno dobro poznavanje dosega in zanesljivosti metod, kar je bistveno za vrednotenje in interpretacijo računskih rezultatov. Večina študij s pomočjo molekularnega modeliranja obsega tri ravni, kot prikazuje slika 8.

Slika 8: Shema molekularnega modeliranja



Vir: Janežič in drugi (2012, str. 936).

Najprej izberemo model za teoretično raven opisa sistema, ki opredeljuje število prostostnih stopenj sistema ter vrsto intra- in inter-molekularnih interakcij. Tu praviloma izberemo bodisi nivo kvantne oziroma klasične mehanike. Metode in modeli tako kvantne kot klasične mehanike omogočajo izračun energije za poljubno porazdelitev atomov in molekul znotraj obravnavanega sistema, na podlagi katerih je mogoče zasledovati spremenjanje energije sistema glede na spremenjanje koordinat (pozicije) atomov.

Drugi sklop pomeni računanje oziroma simulacijo, kot je minimizacija energije ali simulacija molekularne dinamike ali izračun proste energije. Ta raven obsega tudi vzporedno izvedbo eksperimenta, če je to možno. Tretji sklop pa obsega analizo računov in zbiranje podatkov o pojavi, ki smo ga simulirali, in po možnosti primerjavo rezultatov z eksperimentom ali z napovedmi enostavnih (idealiziranih) modelov za preverjanje, ali je bil izračun pravilno izveden (Leach, 2001; Janežič in drugi, 2012).

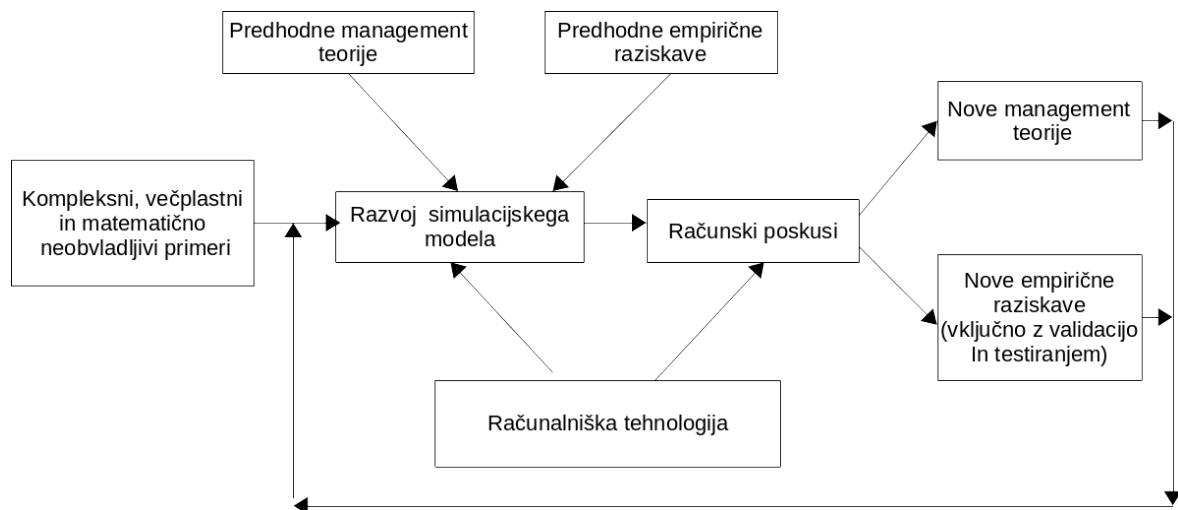
Pristopi molekularnega modeliranja nam omogočajo razumevanje pojava, ki ga sicer ne bi mogli razložiti. Gradnja modelov pa je povezana tudi z računalniško tehnologijo. Ta zagotavlja sredstva za izvajanje in vodenje modelov, prav tako pa omejuje računske možnosti zaradi omejitev hitrosti računalnika, shranjevanja in funkcij programiranja (omejitve, ki se zmanjšujejo s tehnološkim napredkom).

Pri simulacijskih raziskavah obravnavamo tri sklope vprašanj, vključenih v simulacijski raziskovalni proces: stopnjo kompleksnosti simulacijskih modelov, empirično utemeljitev simulacij ter nekatere probleme in omejitve simulacijskega dela. Pri interdisciplinarni povezavi med kemijo, biologijo in področjem managementa in organizacije s simulacijskimi tehnikami je bistvenega pomena zavedanje, da simulacije molekulske dinamike lahko zagotovijo koristne vpoglede le v nekatera vprašanja, saj imajo simulacije, tako kot eksperimenti, svoje omejitve in inherentne napake.

Simulacijsko modeliranje zagotavlja metodologijo za napredovanje teorije in raziskav o kompleksnih vedenjih in sistemih. Na področju raziskav managementa in organizacije je simulacijsko modeliranje vse bolj uporabljen pristop. Harrison in soavtorji (Harrison in drugi, 2007) so objavili obsežno delo o pregledu uporabe simulacijskih pristopov za modeliranje organizacij.

Vlogo simulacijskega modeliranja pri raziskovanju v managementu in organizaciji povzema slika 9 (Harrison in drugi, 2007, str. 1240). Poudarili so povezavo med kompleksnimi problemi in simulacijskim modeliranjem kot procesom razvoja teorije. Razvoj teorije in konstrukcija modela sta seveda seznanjeni s prejšnjo teorijo in empirično raziskavo, nova teorija in raziskave pa se vračajo nazaj v proces.

Slika 9: Interaktivni proces teorije managementa in organizacije in simulacijskega modeliranja



Vir: Harrison in drugi (2007, str. 1240).

Molekularno modeliranje je hitro razvijajoča se disciplina in smo jo v doktorski disertaciji uporabili za modeliranje organizacije kot organizacije prihodnosti, to je za napovedovanje, kako organizacija postane učeča se organizacija, tako da bomo lahko v celoti izkoristili značilnosti in prednosti modela FUTURE-O®.

3.3 Definicija parametrov za simulacijo

Prizadevanja za razvoj parametrov polja sil za molekularne sisteme je težka in dolgotrajna naloga že več desetletij. Klasične simulacije molekulske dinamike proteinov z uporabo empiričnega polja sil so po več desetletjih dosegle zrelo stanje in so danes široko uporabljane za raziskovanje strukture in dinamike proteinov pod najrazličnejšimi pogoji. V šestdesetih letih je bilo veliko entuziazma pri razvijanju empiričnih energijskih potencialnih funkcij, predvsem za male molekule. Pomembna novost je bila uporaba funkcionalne oblike, ki ni služila le izračunu vibracijskih frekvenc posameznih atomov, kakor je bilo pri razvijanju potenciala okoli znanega ali domnevnegra energijskega minimuma, ampak tudi za določanje molekularne strukture v energijskem minimumu. Tak pristop je privadel do molekularne mehanike ali polja sil, kot se zdaj imenuje, kjer energijsko funkcijo razvijemo v smislu empiričnih funkcij, ki jih je enostavno izračunati; vse skupine: Allinger (Allinger in drugi, 1965), Scheraga (Némethy & Scheraga, 1965) in Lifson (Lifson & Warshel, 1968) so pomembno prispevale k temu razvoju.

Možnost uporabe takšnih energijskih funkcij za večje sisteme, kot so proteini, je sedaj že realnost. Pred kratkim je namreč nekaterim avtorjem uspelo avtomatizirati razvoj parametrov polja sil za molekularne sisteme (Vanommeslaeghe & MacKerell, 2012). Ta avtomatizacija temelji predvsem na kvantno teoretičnem računskem pristopu. Področje razvoja parametrov za polje sil za molekulske simulacije proteinov se še naprej razvija. Znaten napredok je bil dosežen pri razširitvi polarizabilnega polja sil za majhne spojine, ki predstavljajo gradnike v bioloških polimerih. Leto 2013 je zaznamovalo pomembne mejnike v razvoju polarizabilnih polj sile. Velik napredok je bil dosežen z razvojem dveh polarizabilnih aditivnih polj sil za proteine AMBER in CHARMM (Lopes, Guvench & MacKerell, 2015).

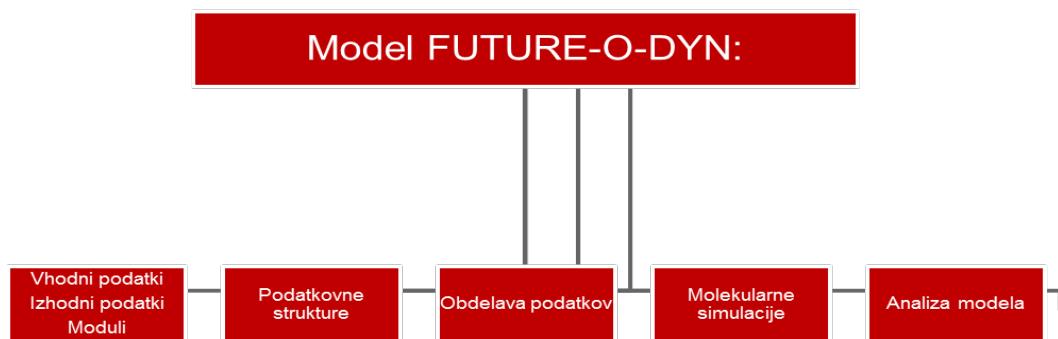
V doktorski disertaciji bomo za polje sil uporabili eno najbolj pogosto uporabljenih, to je CHARMMovo energijsko potencialno funkcijo (Vanommeslaeghe & MacKerell, 2015), ki smo jo ustrezno priredili za simulacije dinamike učeče se organizacije kot molekule z uporabo molekularnega mrežnega pristopa (Janežič, Dimovski & Hodošček, 2018).

Pri modelu FUTURE-O® je razvoj parametrov polja sil velik izziv, in sicer zaradi težav pri pridobivanju zahtevanih podatkov. Avtomatizacija razvoja parametrov polja sil za model FUTURE-O®, ki je analogen kvantno teoretičnemu računskemu pristopu za molekularne sisteme, je praktično nemogoča. V našem primeru lahko te parametre pridobimo iz študij, objavljenih v literaturi o človeškem obnašanju (Lui & Chan, 2006). Znano je, da so

parametri, razviti za eno molekulo, prenosljivi na druge molekule v sistemu. Po tej analogiji lahko parametre za sedem lastnosti modela FUTURE-O[®] prenesemo na katero koli učečo se organizacijo.

V doktorski disertaciji raziskujemo pristop molekularne simulacije, ki posnema učečo se organizacijo. Razvili smo model FUTURE-O-DYN (slika 10), ki združuje model FUTURE-O[®] za učečo se organizacijo in simulacijske tehnike molekularnega modeliranja organizacije kot molekule z uporabo molekularnega mrežnega pristopa (Dimovski, Hodošček & Janežič, 2011; Dimovski, Janežič, Uršič & Hodošček, 2012; Janežič, Dimovski, Hodošček & Uršič, 2013a, 2013b; Janežič, Dimovski & Hodošček, 2018).

Slika 10: Shematska struktura modela FUTURE-O-DYN



Vir: Lastno delo.

Ker je razvoj parametrov polja sil za katero koli organizacijo poljubne velikosti težavna naloga, prikažemo delovanje modela FUTURE-O-DYN na primeru zelo preproste, a dobro izvedene študije aktivnosti parov računalniških programerjev, za katere so izmerili eksperimentalne rezultate za hitrosti njihovega programiranja (Lui & Chan, 2006).

Novo razviti model smo uporabili za primer dveh študentov, ki delata na istem računalniškem programu, kar bi lahko predstavljalo tudi primer dejavnosti v šolski učilnici. Študija, ki smo jo izbrali za dokaz koncepta, je iz dobro izvedene študije aktivnosti delovanja para programerjev. Problem parov programerjev ima vse glavne značilnosti organizacije, čeprav vključuje samo dva posameznika.

Objavljena študija vsebuje podatke za eksperimentalno določene rezultate, vključno z rezultati ponavljajočih se poskusov na parih programerjev. Ker večkratna izvedba tega eksperimenta za splošno organizacijo ni izvedljiva, v našem primeru uporabimo študijo programerskega para za organizacijo, ki jo predstavlja dve osebi, saj vemo, da je minimalna velikost, pri kateri se organizacija lahko začne, dve osebi, kar se imenuje diada. Naša študija je predvsem dokaz koncepta, ki dokazuje, da naš novo razviti model FUTURE-O-DYN za simulacijo učeče se organizacije zagotavlja zelo dobro ujemanje z eksperimentalnimi podatki za učečo se organizacijo.

Po našem vedenju je to prvi poskus združitve obravnave učeče se organizacije s tehnikami molekularne simulacije. Pri nadalnjem delu bomo uporabili tako razviti pristop za razvoj naših parametrov za splošno organizacijo, temelječ na predpostavki, da se lahko ti parametri, ki opisujejo pare programerjev, prenesejo na večje organizacije z več kot dvema posameznikoma. To bo še razširilo model FUTURE-O® in njegovo uporabo v praksi.

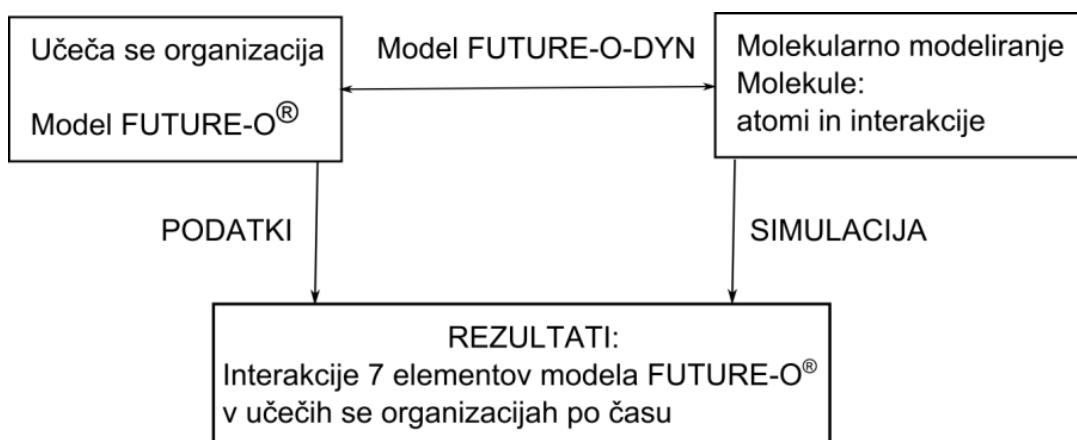
3.4 Računalniška implementacija modela

Razvili smo nov pristop, to je nov model FUTURE-O-DYN za molekularne simulacije učeče se organizacije, ki združuje model FUTURE-O® (slika 11) z molekularnimi simulacijami.

Pri razvoju modela FUTURE-O-DYN je najprej treba definirati potencialno funkcijo, ki se uporablja pri simulacijskem pristopu, da lahko izračunamo sile, ki so odvod potencialne funkcije in jih nato uporabimo za izvedbo simulacije molekularne dinamike, da dobimo trajektorije simuliranega sistema. Trajektorija je pot, ki ji gibljivi objekt sledi skozi prostor kot funkcija časa. Matematično jo lahko opišemo bodisi kot geometrijo poti ali pa kot pot objekta v odvisnosti od časa.

Modelno potencialno funkcijo, ki jo uporabljam pri naših simulacijah, smo razvili na podlagi sedmih lastnosti modela FUTURE-O®. Na podlagi preučevanega modela smo razvili ustrezno potencialno funkcijo. Konstante, ki določajo potencialno funkcijo, so povzete iz literature ali iz preglednic, ki izhajajo iz ustreznih vprašalnikov. Iz potencialne funkcije izračunamo sile med atomi, npr. med posamezniki učeče se organizacije, da določimo propagacijo interakcijskih lastnosti po času v učeči se organizaciji.

Slika 11: Shema simulacijskega pristopa za modeliranje učeče se organizacije po modelu FUTURE-O-DYN



Vir: Dimovski, Hodošček & Janežič (2011, str. 1656).

Izvedba te nove simulacijske tehnike z novo razvitim modelom FUTURE-O-DYN se izvaja kot skript v okviru računalniškega programa za molekularno modeliranje CHARMM (v prilogi 1).

Za namene modeliranja, to je izvajanja računalniških simulacij učeče se organizacije, potrebujemo matematično predstavitev sedmih lastnosti posameznikov v tej organizaciji. V ta namen uporabimo pristop izvajanja simulacij proste energije, ki je računsko precej zahteven postopek, ki pa ga lahko poenostavimo z izračunom relativnih sprememb v prostih energijah, saj je bolj smiselno preoblikovati različne dele sistema na način, ki je običajno fizikalno nerazumljiv, vendar računsko izvedljiv. Rezultat so izračunane relativne razlike prostih energij ($\Delta\Delta G$), ki je termodinamsko enakovredna fizikalnemu procesu. Odnosi, ki se uporabljam za izračun relativnih razlik v prosti energiji, so natančni v statistično-mehanskem smislu (Leach, 2001).

Termodinamske in kinetične lastnosti sistema, kot so razlike v prosti energiji, reakcijske poti in konformacijske površine proste energije, se lahko načeloma izračunajo iz dovolj dolgih in podrobnih simulacij molekulske dinamike v ustremnem ansamblu. V praksi se lahko bolj izpopolnjene sheme, od katerih mnoge vključujejo nefizikalna stanja sistema, pogosto uporabijo za zmanjšanje časovne zahtevnosti računanja. Nekateri pristopi so implementirani v programu CHARMM (Brooks in drugi, 2009). Eden od pomembnih pristopov je izračun razlik proste energije med različnimi termodinamskimi stanji sistema s simulacijo nefizikalnih "alkimijskih" transformacij. Metode, ki se uporabljam za izvajanje računske "alkimije", imajo strogo podlago v statistični mehaniki in predstavljajo zelo močna orodja za raziskovanje eksperimentalno ugotovljenih količin, s čimer se izognejo pretirano dragemu računanju. Prosta energija je tista količina, ki določa, kateri kemijski procesi so možni in je zato osrednja lastnost v kemiji. Za oceno prostih energij so razvili veliko število računalniških metod, vendar so vse te metode približne. Pristopi razlike proste energije temeljijo na strogo statistično-mehanski teoriji in bi zato morali dati pravilne rezultate, pod pogojem, da je energijska potencialna funkcija dobro definirana in da je vzorčenje izčrpno.

V pristopu razlike proste energije dveh sistemov je relativna razlika v prosti energiji teh dveh sistemov ocenjena s simulacijo enega od sistemov in z izračunom energijske razlike med obema sistemoma v regularnih intervalih. Najprej določimo količine, ki jih lahko izračunamo in predstavljajo posamezne lastnosti, ki so sorazmerne z Gibbsovo prosto energijo (energijo, ki jo lahko pretvorimo v delo pri konstantni temperaturi in tlaku v celotnem sistemu), opredeljeno kot:

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S \quad (4)$$

kjer je G Gibbsova prosta energija, H entalpija, T temperatura in S entropija.

Izračun proste Gibbsove energije z uporabo metode molekularne simulacije izračunamo s programom CHARMM (Brooks in drugi, 2009), kjer v celotni študiji uporabljamo njegov modul PERT (Bruckner & Boresch, 2011). Modul PERT (*Free Energy PERTurbation Calculations*) v programu CHARMM določi razliko v prosti energiji med dvema stanjema sistema z različnima energijskima potencialnima funkcijama, $U_{initial}$ in U_{final} . Za izračun razlike v prosti energiji med dvema stanjema uporabljamo termodinamsko integracijo, pri kateri s postopnim spremenjanjem parametra sklopitve λ dosežemo postopen prehod iz enega stanja v drugo. Tako se potencialna energijska funkcija U_{mix} sistema postopoma spreminja od začetnega stanja $U_{initial}$ do končnega stanja U_{final} , kot je definirano z naslednjo enačbo:

$$U_{mix} = \lambda \times U_{final} + (1 - \lambda) \times U_{initial} \quad (5)$$

Ko je λ enak 0, imamo začetno stanje, in ko je λ enak 1, imamo končno stanje. Z integracijo rezultatov simulacije po λ dobimo razliko proste energije med obema stanjema z naslednjo enačbo:

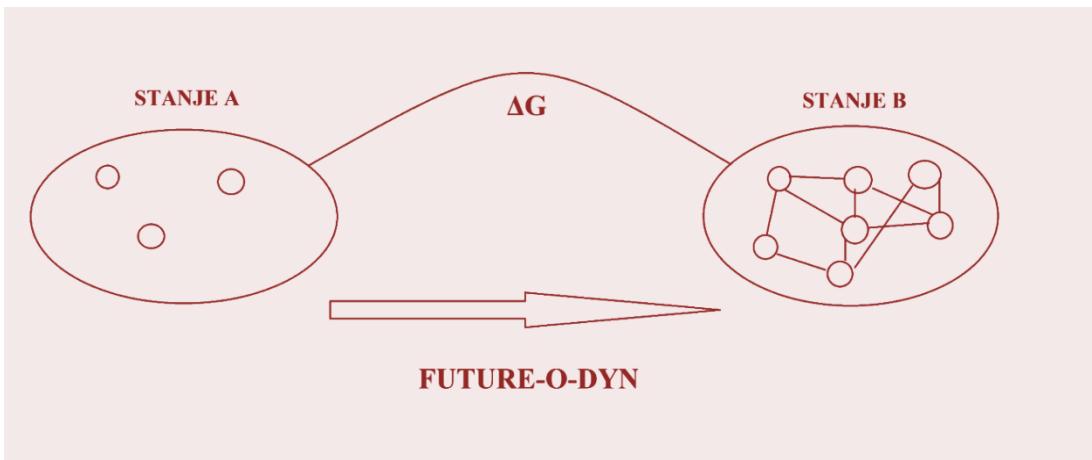
$$\Delta G(\text{initial state} \rightarrow \text{final state}) = \int_0^1 \left(\frac{\partial U(\lambda)}{\partial \lambda} \right) d\lambda \quad (6)$$

Program CHARMM, ki smo ga v doktorskem delu uporabili za simulacije proste energije, vsebuje več različnih modulov za izvedbe računov simulacije proste energije. Mi smo uporabili modul PERT (Brooks in drugi, 2009), ki so ga uporabili tudi v več aplikativno usmerjenih študijah v kemiji, na primer v izračunu hidratacijske proste energije analogov stranskih verig aminokislin (Deng & Roux, 2004). Po našem vedenju pa tak pristop še ni bil uporabljen za molekulske simulacije na področju managementa in organizacije.

V doktorskem delu smo v modelu FUTURE-O-DYN za simulacije učeče se organizacije razliko proste energije med dvema stanjema sistema (ΔG) uporabili kot mero za določitev stopnje učečnosti organizacije. Velja, da je razlika proste energije odvisna samo od začetnega in končnega stanja sistema in je neodvisna od poti, po kateri je do spremembe prišlo (Sandler & Woodcock, 2010).

Slika 12 shematsko prikazuje razliko proste energije (ΔG), ki je potrebna za prehod sistema iz stanja A (začetno stanje) v stanje B (končno stanje) z uporabo modela FUTURE-O-DYN.

Slika 12: Razlika proste energije (ΔG) za prehod sistema iz stanja A v stanje B



Vir: Lastno delo.

V našem primeru, ko želimo potrditi dokaz koncepta, da je možno simulirati učečo se organizacijo s simulacijskimi tehnikami z uporabo modela FUTURE-O® in kvantificirati njegove posamezne lastnosti in elemente glede na stopnjo učečnosti organizacije, obravnavamo organizacijo, sestavljeno iz dveh posameznikov, za katero imamo na voljo eksperimentalne podatke, ki natančno določajo energijsko potencialno funkcijo za tak sistem. Tak pristop ustreza modelu za harmonski oscilator, ki je edini analitično rešljiv problem v simulaciji molekulske dinamike. Analogno, v našem primeru ne potrebujemo numeričnih podatkov za simulacijo, ker te podatke s svojim pristopom generiramo z dobro definirano potencialno funkcijo. Za izvedbo naših simulacij smo uporabili preverjen računalniški program in preverjene eksperimentalne podatke za potencialno funkcijo, s katero opišemo stanja obravnavane organizacije (Lui & Chan, 2006).

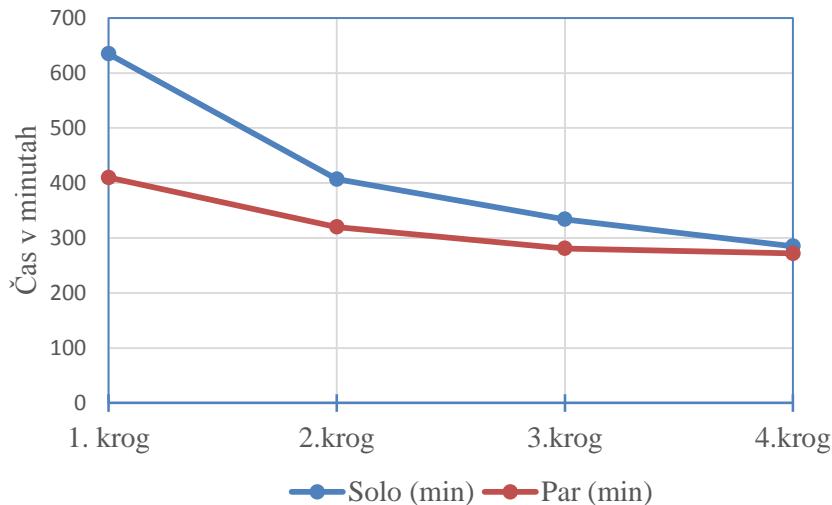
V doktorski disertaciji obravnavamo organizacijo, v kateri imamo samo dva posameznika, od katerih je vsak predstavljen z dvema atomoma, da tako naredimo analog molekule, kar omogoča izračun sile. Sila je vedno enaka nič v primeru sistema z enim delcem, zato posameznika ne moremo simulirati samo z enim samim atomom. Zato uvajamo dva identična atoma, ki predstavljata vsakega posameznika. Posledično so vsi izračuni zelo hitri in propagacijo sistema računamo s 100 diskretnimi vrednostmi sklopitvenega parametra λ . Ta pristop bi lahko pozneje uporabili tudi za prožnejši sistem pri študiju kompleksnih organizacij, kjer mora biti vsak posameznik predstavljen z več parametri.

V primeru para programerjev lahko časovno produktivnost merimo z vrednostmi relativnega napora (*Relative Effort Afforded by Pairs (REAP)*), ki meri učinkovitost para programerjev glede na posameznega programera. Če je *REAP* enak nič, programiranje para programerjev prepolovi čas, ki ga potrebuje samostojni programer. Ko je *REAP* večji od nič, vendar manj kot 100 %, potrebuje par programerjev več delovnih ur, vendar naloge hitreje opravi. Relativna produktivnost para programerjev glede na posameznega

programerja je bila predmet veliko raziskav (Nawrocki & Wojciechowski, 2001). Formula za izračun *REAP*, vzeta iz Ref. (Lui & Chan, 2006), je:

$$REAP(Exp.) = \frac{(Elapsed_time_of_pair \times 2 - Elapsed_time_of_individual)}{Elapsed_time_of_individual} \times 100\% \quad (7)$$

Slika 13: Programiranje ponovitev v štirih krogih



	1. krog	2. krog	3. krog	4. krog
Solo (min)	635	407	334	285
Par (min)	410	320	281	272
REAP	29%	57%	69%	91%

Vir: Lui & Chan (2006, str. 922).

Slika 13, ki je slika 3 iz Ref. (Lui & Chan, 2006, str. 922) in prikazuje programiranje ponovitev v štirih krogih (8 skupin s po tremi člani "podobnih sposobnosti", 1 par in 1 solo), prikazuje eksperimentalne vrednosti *REAP* za uspešnost programiranja para programerjev. Za reproduciranje eksperimentalnih vrednosti *REAP* za uspešnost programiranja para programerjev izvedemo dve simulaciji proste energije; prvo za posameznika programerja in drugo za dva posameznika v paru.

Formula za izračun vrednosti *REAP* lahko z uporabo razlik v prosti energiji izrazimo kot:

$$REAP(Calc.) = \frac{(\Delta G_{pair} \times 2 - \Delta G_{solo})}{\Delta G_{solo}} \times 100\% \quad (8)$$

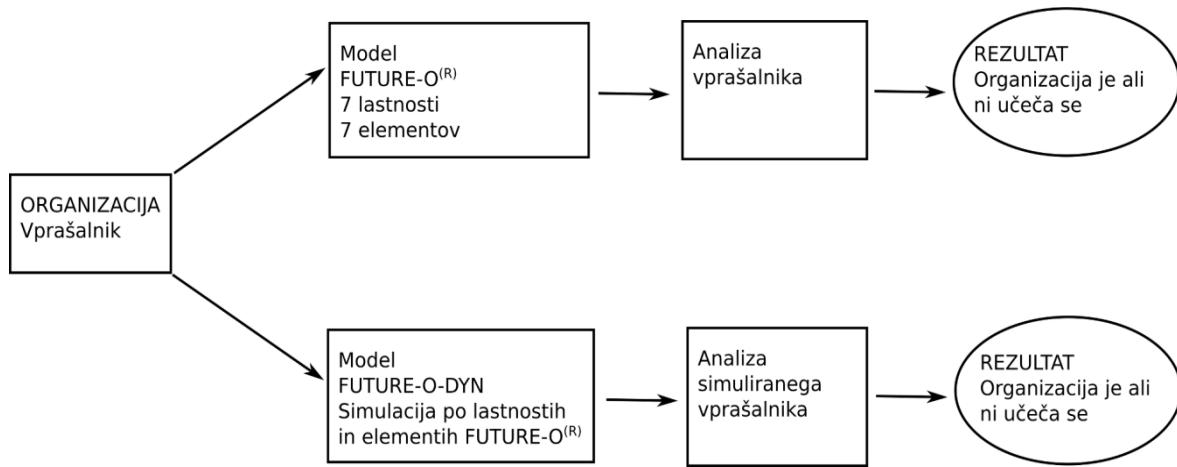
kjer je ΔG_{pair} razlika v prosti energiji za par programerjev za dokončanje naloge in ΔG_{solo} je ustrezna razlika v prosti energiji za posameznega programerja za dokončanje iste naloge. Kot dokaz koncepta našega pristopa za modeliranje učeče se organizacije definiramo učeče se organizacijo kot organizacijo, sestavljeno iz dveh posameznikov, ker je bil ta primer eksperimentalno preučen v Ref. (Lui & Chan, 2006). Po našem vedenju je to edina obsežna eksperimentalna študija človeškega obnašanja, ki meri učenje med dvema posameznikoma. Do te študije v literaturi ni bilo obravnavano, kako so rezultati in eksperimenti pri programiranju para programerjev med seboj povezani. V naši študiji primerjamo naše izračunane rezultate z eksperimentalnimi rezultati iz Ref. (Lui & Chan, 2006). Eksperimentalne rezultate iz te študije smo uporabili kot referenčne vrednosti za naše izračunane rezultate, da bi ugotovili točnost naših izračunov (tabela 1).

Protokol za izračune za primer para programerjev iz Ref. (Lui & Chan, 2006) smo določili na naslednji način:

1. Kreiranje dveh sistemov, ki predstavljata samostojnega programera ali par programerjev. Prvi (*solo*) sistem je sestavljen iz para identičnih atomov, ki predstavljajo posameznega programera. Drugi (*pair*) sistem je sestavljen iz dveh parov atomov, ki predstavljata par programerjev.
2. Določitev začetnega stanja nabojev q iz enačbe (2).
3. Postavitev končnega stanja nabojev q iz enačbe (2) na nič.
4. Izvedba simulacije proste energije za 20.000 korakov pri vsakem parametru sklopitve λ , ki se postopno spreminja v intervalu med 0 in 1 s korakom 0.01 z uporabo modula PERT v prosto dostopnem programu CHARMM (CHARMM, brez datuma). To je enakovredno simulaciji molekularnega sistema, dolgi 2 ns. Vendar pa v nemolekularnih sistemih ni preprosto določiti simulacijskega časa, ki v našem primeru predstavlja vzorčenje faznega (organizacijskega) prostora.
5. Iz rezultatov simulacije izračunamo razliko proste energije med začetnim in končnim stanjem za ta sistem z uporabo enačbe (6).
6. Na koncu izračunamo vrednosti funkcije *REAP* z uporabo enačbe (8).

Ker se parametri lahko prenesejo med posamezni enako, kot to velja v molekularnih sistemih, bi lahko načeloma zgradili množico splošnih parametrov za določene vrste posameznikov v organizaciji. V splošnem bi potrebovali vprašalnike za pridobitev teh parametrov, ki opisujejo posamezne tipe na podlagi modela FUTURE-O®, da bi ustvarili primerne začetne parametre (slika 14). Vsebina vprašalnika pa izhaja iz narave parametrov.

Slika 14: Shematična predstavitev modela FUTURE-O® za ugotavljanje, ali je organizacija učeča ali ne, in model FUTURE-O-DYN za simulacijski pristop za določitev, ali je organizacija učeča ali ne



Vir: Janežič, Dimovski & Hodošček (2018, str. 62).

V preprostem primeru para programerjev, ki ga tukaj uporabljam kot dokaz koncepta, da se lahko učeča se organizacija modelira z uporabo molekularnega mrežnega pristopa, vprašalnik ni potreben. Določimo parametre, to je naboje q iz enačbe (2) za vsakega posameznika (glej Priloga 2).

Dodatno omejimo sedem lastnosti modela FUTURE-O®, tako da jih obdržimo enake:

$$\Delta G \sim fokusirani \equiv učinkoviti \equiv trenirani \equiv uspešni \equiv razumni \equiv elastični \equiv organizirani \quad (9)$$

Razlika v prosti energiji (ΔG) je torej sorazmerna vsem lastnostim, ki ostanejo enake v primeru para programerjev.

3.5 Rezultati simulacij

Razvijamo nov pristop – model FUTURE-O-DYN – za molekularne simulacije učeče se organizacije, ki združuje model FUTURE-O® z molekularnim mrežnim pristopom. Za izvedbo te nove simulacijske tehnike za učečo se organizacijo smo v okviru pristopa molekularnega modeliranja razvili programski skript v okviru računalniškega programa CHARMM.

Model FUTURE-O-DYN smo kot dokaz koncepta uporabili na preprostem primeru organizacije, ki je sestavljena iz dveh posameznikov, da bi dokazali, da je naš model točen in ga je možno posložiti na splošno organizacijo. Z uporabo protokola, opredeljenega v

poglavlju 3.4, izračunamo vrednosti *REAP* za enega in par programerjev. Vhodni skripti, ki izvajajo ta protokol, so v prilogi 1, nekateri podatki o rezultatih pa so v prilogi 2.

Vsaka računalniška molekularna simulacija se začne z množico podatkov o začetnih hitrostih za vsak delec v sistemu. V našem primeru so začetne hitrosti izračunane s standardnim algoritmom CHARMM (Brooks in drugi, 1983), tako da njihovo povprečje predstavlja sobno temperaturo ($27\text{ }^{\circ}\text{C}$) za vse simulacije iz enačbe (2). Povezava med hitrostmi in temperaturo je pomemben koncept v dinamičnih simulacijah, saj temperatura vpliva na termodinamsko stanje sistema. Temperatura je povezana z mikroskopskim opisom simulacij s kinetično energijo, ki se izračuna iz atomskih hitrosti. Povezava med hitrostmi in temperaturo izhaja iz formule za kinetično energijo:

$$W_k = \frac{3}{2} k_B T = \left\langle \frac{mv^2}{2} \right\rangle \quad (10)$$

kjer je k_B Boltzmannova konstanta, T je temperatura, m je masa in v je hitrost.

Prav tako poenostavimo sedem lastnosti modela FUTURE-O[®] za primer para programerjev tako, da imajo vse lastnosti enake vrednosti. To je upravičeno, saj je programiranje zahtevno delo in vse lastnosti posameznika morajo biti med programersko aktivnostjo vedno na podobni ravni, kot je to opredeljeno v enačbi (9). Prosta energija je tako sorazmerna vsem sedmim lastnostim, ki so enakovredne. V primeru splošne organizacije, ki jo sestavlja več posameznikov in je vključena v različne dejavnosti, enakovrednost lastnosti morda ni ustrezna predpostavka.

Rezultati modela FUTURE-O-DYN v primeru parov programerjev iz Ref. (Lui & Chan, 2006) so predstavljeni v tabeli 1. Ker so enote za prosto energijo in časa za dokončanje nalog programerja različne, smo pretvorili enote za prosto energijo v časovne enote (minute). V ta namen smo za izračun faktorja pretvorbe enote vzeli vrednosti časovnega merjenja za enega programerja in smo jih nato uporabili za primer para programerjev. To smo zaradi preprostosti naredili za vsak krog računov ločeno; tudi če bi bil ta faktor univerzalen, bi bili trendi, predstavljeni v tabeli, še vedno veljavni. Podrobnosti o parametrih polja sil in izračunanih vrednostih proste energije so v prilogi 2.

Tabela 1: Izračunane vrednosti (REAP) za par programerjev z uporabo modela FUTURE-O-DYN (Račun.) iz enačbe (8) v primerjavi z eksperimentalnimi podatki (Eksp.) izračunano z uporabo enačbe (7)

	1. krog		2. krog		3. krog		4. krog	
	Eksp.	Račun.	Eksp.	Račun.	Eksp.	Račun.	Eksp.	Račun.
Solo (min.)	635	635	407	407	334	334	285	285
Par (min.)	410	411	320	320	281	276	272	263
REAP	29 %	29 %	57 %	57 %	69 %	65 %	91 %	85 %

Vir: Janežič, Dimovski & Hodošček (2018, str. 63).

Iz rezultatov, ki jih prikazuje tabela 1, sledi, da se naš model FUTURE-O-DYN, ki uporablja rezultate pristopa za izračun proste energije, zelo dobro ujema z eksperimentalnimi rezultati, predstavljenimi v Ref. (Lui & Chan, 2006). To kaže, da je z modelom FUTURE-O-DYN možno študirati učeče se organizacije s simulacijami.

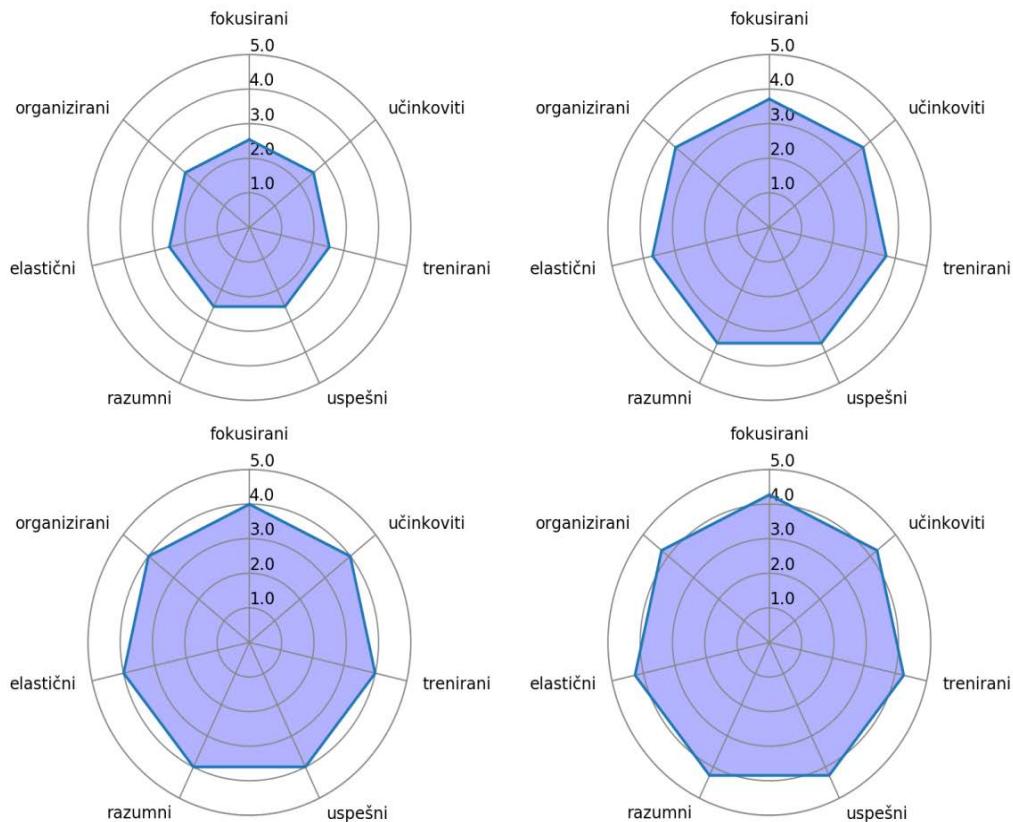
V doktorski disertacijski rezultati naših simulacij grafično predstavimo s pomočjo radarskih grafikonov, ki so uporaben način za prikaz multivariantnih opazovanj s poljubnim številom spremenljivk (Chambers, Cleveland, Kleiner & Tukey, 1983). Značilno je, da so radarski grafikoni ustvarjeni v večplastnem formatu, v katerem vsaka zvezda predstavlja eno opazovanje. Vsaka spremenljivka ima os, ki se začne v središču. Vse osi so razporejene radialno in enakomerno ter imajo enako skalo. Za boljšo predstavitev uporabljajo mrežne linije, ki povezujejo posamezne osi. Vsaka vrednost spremenljivke je narisana vzdolž njene posamezne osi in vse spremenljivke v nizu podatkov so povezane tako, da tvorijo mnogokotnik. V doktorski disertaciji smo vse radarske slike, ki so v nadaljevanju, naredili z uporabo programa *Matplotlib* (Hunter, 2007), ki je prosti dostopen računalniški program (Matplotlib, brez datuma).

Slika 15 predstavlja rezultate za vsako od sedmih lastnosti modela FUTURE-O® za učeče se organizacijo, ki je modelirana z modelom FUTURE-O-DYN za vsako serijo računov ločeno. Modro obarvani mnogokotnik v vsakem radarskem grafikonu predstavlja rezultate analize naših simulacij.

Vrednosti za lastnosti modela FUTURE-O® so pridobljene neposredno iz proste energije (ΔG) in predstavljajo prispevek k stopnji učečnosti obravnavane organizacije po posamezni lastnosti modela FUTURE-O®. Izračunali smo jih z modelom FUTURE-O-DYN in

normalizirali z enačbo $|\Delta G-2000| / 400$ [ker je ΔG lahko pozitivna ali negativna, izberemo vrednost -2000 kot osnovo za normalizacijo s 400], tako da so vrednosti med 0 in 5 (glej prilogo 2). Območje modre barve pove, koliko je organizacija resnično učeča se organizacija glede na našo simulacijo.

*Slika 15: Vrednosti za lastnosti modela FUTURE-O[®] po posameznih krogih
(1. krog-levo zgoraj, 2. krog-desno zgoraj, 3. krog-levo spodaj, 4. krog-desno spodaj)*



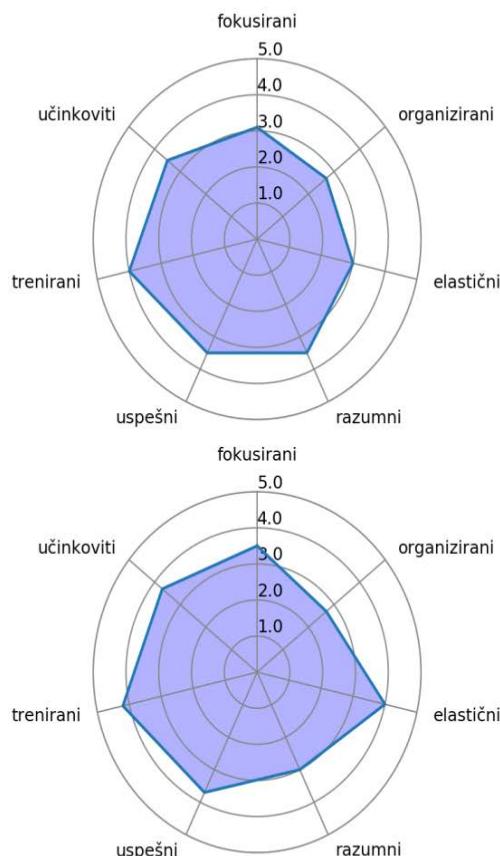
Vir: Janežič, Dimovski & Hodošček (2018, str. 64).

Slika 16 prikazuje splošno hipotetično organizacijo, kjer ima vsak posameznik različne lastnosti, ki jih določa model FUTURE-O[®] in ki niso vse med seboj enake. Na tej sliki je primer ocenjevanja stopnje učečnosti te organizacije z uporabo izračuna razlike proste energije med dvema stanjem sistema z modelom FUTURE-O-DYN. Osrednji modro obarvan del grafikona kaže rezultate naše analize. Ugotovimo lahko, kako se učečnost te organizacije odraža po posameznih lastnostih modela FUTURE-O[®] po simulaciji z modelom FUTURE-O-DYN.

Po teh kriterijih bi lahko rekli, da ima ta organizacija kar visoko stopnjo učečnosti. Ugotovimo lahko tudi, da je to sicer še tradicionalna organizacija, ki pa je že rešila osnovne probleme in postaja učeča se organizacija. Ta rezultat simulacije predstavlja

potencialne možnosti modela FUTURE-O-DYN, da ugotovimo, ali je organizacija učeča se organizacija ali ne.

Slika 16: Predpostavljene razlike proste energije izračunane z modelom FUTURE-O-DYN za splošno učečo se organizacijo, kjer vrednosti parametrov za lastnosti modela FUTURE-O® niso vse enake (na zgornji sliki je začetno stanje, na spodnji sliki je končno stanje)



Vir: Janežič, Dimovski & Hodošček (2018, str. 65).

Za izboljšanje pospoljenosti te študije bo treba uporabiti model FUTURE-O-DYN po vseh različnih stopnjah kompleksnosti, ki jih zagotavlja model. Novo razviti model FUTURE-O-DYN za simulacijo učečih se organizacij bi lahko v prihodnosti uporabljali in testirali tudi v visokošolskem in drugih sektorjih.

V študiji *Izboljšanje kognitivnih funkcij učencev srednjih šol z uporabo digitalne igre* so avtorji (Homer, Plass, Raffaele & Ober, 2018) za primer izobraževanja raziskovali učinkovitost prilagojene računalniške igre *Alien Game*, ki je bila razvita za ciljno usmerjanje podsklopov podrejenih funkcij kognitivnim funkcijam pri srednješolcih. Njihova študija razkriva, da so digitalne igre, ki so v celoti razvite igre in ki so oblikovane

za ciljanje specifičnih kognitivnih veščin, lahko učinkovita orodja za pridobivanje kognitivnih sposobnosti.

Kot dokaz koncepta lahko uporabimo model FUTURE-O-DYN tudi za primer, ki se ukvarja z vprašanjem, ali je uvajanje računalniških iger koristno za učni proces ali ne, in posebej obravnavamo vprašanje, katera računalniška igra je učinkovitejša pri učnem procesu. V tem primeru lahko uporabimo analogni cikel za izračun spremembe proste energije, kjer uporabimo računalniško igro *Game1* v primerjavi z uporabo računalniške igre *Game2* v šolski učilnici.

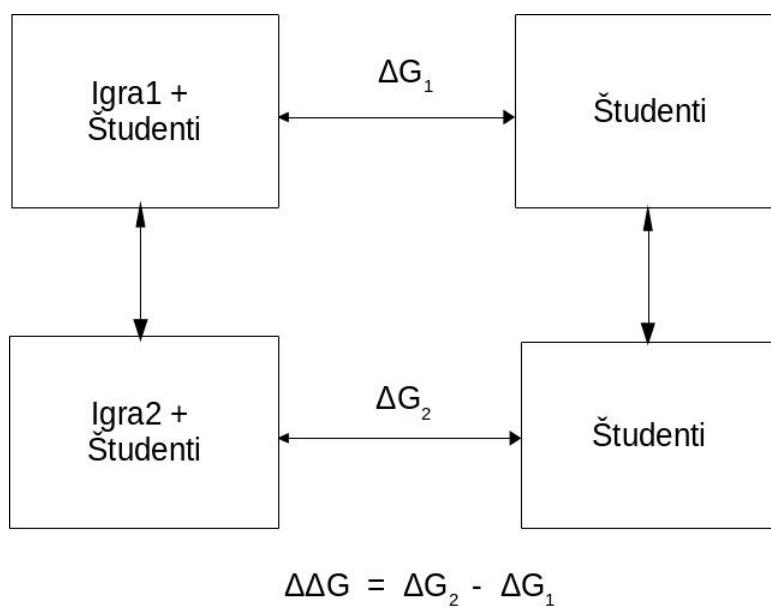
V našem FUTURE-O-DYN modelu za takšno študijo vsakega študenta predstavimo z enim atomom in računalniško igro z enim ali več atomi, odvisno od kompleksnosti igre. Podrobnosti o parametrih potencialnega polja in izračunanih vrednostih proste energije v tem primeru niso na voljo, ker je izračun parametrov za ustrezno potencialno polje zelo zapletena naloga in presega meje trenutnih raziskav. Zato smo idejo za termodinamski cikel predstavili samo shematično.

Pri simulacijah proste energije ne moremo natančno simulirati dejanskega procesa povezave vseh obravnavanih atomov in molekul, ker se zaradi omejenega molekulskega ansambla, ki ga generiramo med molekulsko simulacijo, zmanjša zanesljivost rezultatov in poveča kompleksnost računanja. Zato si v takem primeru lahko pomagamo s termodinamskimi cikli, ki omogočajo, da prosto energijo realističnih procesov izrazimo s prostimi energijami nefizikalnih procesov.

Upravičenost uporabe termodinamskih ciklov sloni na predpostavki, da je prosta energija funkcija stanja, neodvisna od poti. Ideja metode je v tem, da prosto energijo vezave izračunamo kot spremembo proste energije med dvema stanjem, prostim in vezanim. Ker je prosta energija funkcija stanja in je pot skozi cikel nič, spremembo proste energije dobimo s pomočjo izraza $\Delta\Delta G$ (Leach, 2001).

Termodinamski cikel opisuje primerjavo dveh računalniških iger, ki so jih uporabili v šolski učilnici. Spremembe proste energije $\Delta\Delta G$ za ta proces je mogoče izračunati kot $\Delta G_2 - \Delta G_1$. Izračunana sprememba proste energije $\Delta\Delta G$ za vsako računalniško igro pove, ali je igra boljša za krepitev učnega procesa ali slabša, odvisno od predznaka spremembe proste energije. Negativen znak za $\Delta\Delta G$ pomeni, da je *Game1* bolj primerna za učni proces kot *Game2*. Takšen termodinamski cikel je mogoče modelirati, kot prikazuje slika 17.

Slika 17: Termodinamski cikel za primerjavo dveh računalniških iger



Vir: Janežič, Dimovski & Hodošček (2018, str. 66).

Na primeru preproste organizacije, sestavljene iz dveh posameznikov, smo z uporabo teoretičnih metod molekularnega modeliranja, izvedenih z računalniškim programom CHARMM, utemeljili svoj novo razviti model FUTURE-O-DYN, ki razširja model FUTURE-O® za simulacijo dinamike učeče se organizacije ali katerega koli drugega sistema, vključno z uporabo računalniške tehnologije v izobraževalnem procesu.

Za primerjavo napovednega mehanizma z eksperimentalnimi podatki smo izbrali dobro definiran in skrbno zasnovan eksperiment para programerjev. Pokazali smo, da je mogoče določiti parametre polja sile, ki jih lahko zelo natančno primerjamo z eksperimentalnimi podatki. Z uvedbo mere proste energije vidimo, da se rezultati računalniških simulacij in sedmih lastnosti modela FUTURE-O® dobro ujemajo z eksperimentalnimi rezultati. Izbira mere proste energije, ki je sorazmerna s sedmimi lastnostmi posameznikov v modelu FUTURE-O®, se izkaže kot učinkovita. Formalizem, predstavljen na tem primeru, pokaže, da je možno izvajati tudi simulacije za kateri koli tip organizacij, za katere lahko predvidimo sedem lastnosti pod pogojem, da imamo definirane parametre polja sile. S temi lastnostmi in modelom FUTURE-O-DYN bi lahko nato ugotovili, ali je organizacija učeča se organizacija ali ne.

Po našem vedenju je to prvi primer takšne simulacije učeče se organizacije, da se lahko molekularne simulacije uporabijo za modeliranje preprostega primera učeče se organizacije, ki prikazuje dinamične spremembe organizacije in vsakega posameznika v organizaciji, ki temelji na sedmih lastnostih modela FUTURE-O®. Naša študija je konceptualna študija in predstavlja dokaz koncepta, to je uresničitev našega novega

pristopa za simulacijo učeče se organizacije, s čimer smo pokazali njegovo izvedljivost (Janežič, Dimovski & Hodošček, 2018).

3.6 Analiza rezultatov v kontekstu učeče se organizacije

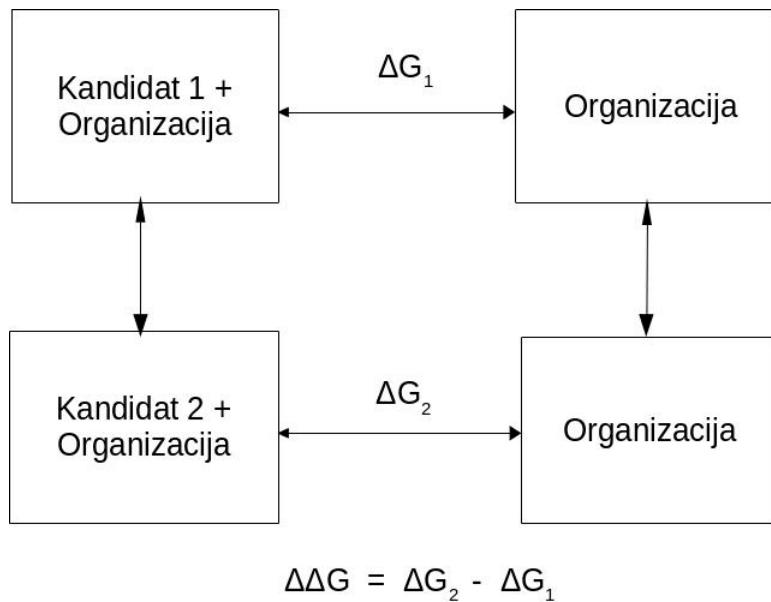
Rezultate simulacij z modelom FUTURE-O-DYN predstavimo v kontekstu učeče se organizacije tako, da za vsako stanje v učeči se organizaciji po vsaki lastnosti oziroma elementu modela FUTURE-O® predstavimo napovedne rezultate simulacij. Ti rezultati vključujejo obravnavo vsakega zaposlenega v organizaciji v primerjavi z vsakim od ostalih zaposlenih v organizaciji in obravnavo organizacije kot celote v kontekstu preučevanja, ali je organizacija s temi posamezniki učeča se ali ne, po kateri lastnosti ali elementu modela FUTURE-O® je učeča se ali ne, in lahko napovemo tudi stopnjo razvoja učeče se organizacije.

Z metodami molekularnega modeliranja smo napovedne vrednosti za stanje, ali je organizacija učeča se ali ne, ugotavliali na podlagi simulacij z našim novo razvitim modelom FUTURE-O-DYN, kjer smo za napoved stanja učeče se organizacije uporabili pristop proste energije vezave z uporabo termodinamskega cikla za vsako stanje. Prosta energija vezave je energija, ki se porabi ali nastane, ko sistem preide iz enega stanja v drugo (slika 12 in ustrezni komentarji).

V nadaljevanju bomo pokazali rezultate za spremembo različnih termodinamskih stanj v izbrani organizacijsi na nivoju posameznika kot tudi na nivoju celotne organizacije, ki smo jih dobili s pomočjo simulacij z modelom FUTURE-O-DYN za izbrano organizacijo na nivoju lastnosti modela FUTURE-O® (slika 19 do slike 30). Pri zaposlitvi novega kandidata v enega od timov v organizaciji je na primer termodinamski cikel (Bruckner & Boresch, 2011) podoben termodinamskemu ciklu za vezavo zdravila na proteine pri procesu načrtovanja zdravil (Konc in drugi, 2013; Leelananda & Lindert, 2016; Cournia, Allen & Sherman, 2017), kar lahko uporabimo tudi na primeru obravnave učeče se organizacije. Pri načrtovanju zdravil nas zanima sprememba vezave proste energije liganda na protein; tukaj lahko analogni cikel uporabimo za izračun proste energije v procesu zaposlovanja novega kandidata v tim v organizaciji.

Takšen termodinamski cikel je mogoče modelirati, kar prikazuje slika 18. Ta termodinamski cikel opisuje vključitev novega kandidata v tim v organizaciji. Spremembe proste energije $\Delta\Delta G$ za ta proces je mogoče izračunati kot $\Delta G_2 - \Delta G_1$. Izračunana sprememba proste energije $\Delta\Delta G$ za vključitev vsakega novega kandidata v organizacijo pove, ali bo organizacija z vključitvijo tega kandidata bolj ali manj učeča se, odvisno od predznaka vrednosti spremembe proste energije. Negativen znak za $\Delta\Delta G$ pomeni, da bo organizacija postala bolj učeča se organizacija z zaposlitvijo tega novega kandidata. Ta postopek bi lahko v splošnem uporabili tudi kot izbirni postopek za sprejem novih kandidatov v organizacijo.

Slika 18: Termodinamski cikel za vključitev novega kandidata



Vir: Lastno delo.

V nadaljevanju bomo predstavili primer uporabe naše novo razvite metode FUTURE-O-DYN za simulacije učeče se organizacije, ki smo ga kot dokaz koncepta uporabili na preprosti organizaciji, sestavljeni iz dveh posameznikov, za katera smo imeli dobro definirane parametre polja sil, pridobljene iz eksperimentalnih študij. Ugotovili smo, da se naši izračunani rezultati simulacije zelo dobro ujemajo z eksperimentalno izmerjenimi podatki. Ugotovili smo tudi, da lahko našo novo vpeljano mero, to je razliko proste energije ΔG , uporabimo za določitev stopnje učečnosti organizacije, posplošimo za obravnavo splošne organizacije in s pomočjo svojega novo razvitega simulacijskega pristopa ugotovimo, ali je ta organizacija učeča se ali ne.

Študija primera in njene ugotovitve so začetek raziskovanja. Slediti ji morajo študije nadaljnjih primerov, ki utrdijo zaupanje v pravilnost rezultatov iz študije primera. Svoj novo razviti pristop za simulacije učeče se organizacije bomo v nadaljevanju ilustrirali na primeru konkretno organizacije in pokazali, da je naš novo razviti pristop mogoče posplošiti na katero koli organizacijo.

V ta namen smo svoj novo razviti teoretski pristop za simulacije učeče se organizacije FUTURE-O-DYN preverili na izbrani organizaciji GA, d. d., ki je specializirana organizacija za prodajo gospodinjskih aparatov vseh priznanih domačih in tujih blagovnih znamk. Njihovo poslanstvo je omogočiti celovito storitev, vrhunsko svetovanje in brezskrben nakup za vsakogar. Tudi po opravljenem nakupu je njihova skrb za zadovoljstvo strank ključnega pomena. V desetih letih so odprli sedemnajst trgovin po vsej Sloveniji. V matični organizaciji je bilo dvajset zaposlenih, od tega deset kot srednji management, to je zaposleni v marketingu, komercialni in nabavi.

V svoji anketi smo zajeli vse zaposlene v srednjem managementu, to je deset zaposlenih. Iz ankete smo izvzeli prodajalce v razpršenih trgovinah po Sloveniji, prodajalce in pomožno osebje v matični organizaciji, skupaj sedem zaposlenih ter tudi tri člane uprave, ki so bili lastniki. Ker smo zajeli raziskavo na celotni obravnavani množici, tako da smo obravnavali vse zaposlene na ključnem nivoju organizacije, smo v svoji raziskavi zajeli populacijo in ne vzorca. Izbranih deset zaposlenih so tisti, ki so odgovorni za povečevanje prodaje, nižanje nabavnih in operativnih stroškov, torej za profitabilnost organizacije. Ti izbrani zaposleni so tisti, ki morajo predvsem med seboj sodelovati, sprejemati ideje drugih in jih uresničevati pri vsakdanjem operativnem delu organizacije. Med izbranimi zaposlenimi smo izvedli anonimno anketo, ki smo jo oblikovali v skladu z lastnostmi po modelu FUTURE-O®.

Empirične podatke za svojo raziskavo smo zbrali s pomočjo anonimnega vprašalnika. Vprašalnik smo oblikovali na podlagi 10-stopenjske Likertove lestvice (Likert, 1932), ene najpogosteje uporabljenih enodimensionalnih lestvic v vseh družboslovnih raziskavah, ki se uporablja za merjenje stališč, mnenj, prepričanj ali dojemanja ljudi ter vedenja. Pri Likertovi lestvici se neposredno obračamo na izpraševance. Prvi korak pri konstrukciji Likertove lestvice predstavlja zbiranje mnenj ali podatkov, ki se neposredno nanašajo na naš predmet raziskovanja ali pa za katere intuitivno vemo, da so primerni za uporabo. Drugi korak je uporaba trditve ali mišljenj, ki za vsako od teh označijo, za koliko se s trditvijo strinjajo, s pomočjo odgovorov, ki se gibljejo od popolnoma se ne strinjam do popolnoma se strinjam. Tretji korak je seštevanje odgovorov vsakega posameznika za vse trditve na ta način, da se jim pripisujejo vrednosti za omenjene kategorije odgovorov, torej od 1 do 10 (Bizjak, 2009).

V doktorskem delu smo uporabili 10-stopenjsko Likertovo ocenjevalno lestvico, ki se uspešno uporablja pri številnih vrstah konstruktov, vključno z elementi, ki od anketirancev zahtevajo, da ocenijo svoje zadovoljstvo v organizaciji. Vendar pa je natančna oblika uporabljenih 10-stopenjskih ocenjevalnih lestvic različna. Nekateri raziskovalci uporabljajo lestvice, ki tečejo, na primer od 1 do 10, in drugi, ki uporabljajo lestvice, ki tečejo od 0 do 10. Pri oblikovanju 10-stopenjske lestvice je treba upoštevati ne le veljavnosti in zanesljivosti lestvice, temveč tudi raven pričakovanega odziva (Courser & Lavrakas, 2012). V našem primeru, ko so na anketo odgovorili vsi vprašani, se izkaže, da je uporaba lestvice od 1 (popolno nestrinjanje) do 10 (popolno strinjanje) upravičena in smiselna.

Anketo smo izvedli v izbrani organizaciji med desetimi za svojo raziskavo ključnimi zaposlenimi, to je na celotni obravnavani populaciji. Natisnjene vprašalnike smo razdelili med vse anketirance v organizaciji. Izpolnjene vprašalnike smo zbrali v papirnati obliki kar v organizaciji. Na anketo je odgovorilo vseh deset anketirancev. Trditve smo nato ocenili tako, da se popolno nestrinjanje s trditvijo v vprašalniku ocenjuje z vrednostjo 1, popolno strinjanje s trditvijo pa se ocenjuje z vrednostjo 10.

Pri razvoju anket moramo upoštevati njeno objektivnost, zanesljivost in veljavnost. V postopku validacije ankete preverjamo trdnost in ustreznost interpretacije rezultatov ankete na osnovi kvantitativnih ali pa kvalitativnih raziskav. Kvantitativna raziskava se uporablja za kvantificiranje problema z generiranjem številčnih podatkov ali podatkov, ki jih je mogoče pretvoriti v uporabne statistične podatke. Kvantitativna raziskava uporablja merljive podatke za oblikovanje dejstev in odkrivanje vzorcev v raziskavah, na primer z uporabo obsežnih vprašalnikov (Babič, Černe, Škerlavaj & Zhang, 2018; Černe, Dimovski, Marič, Penger & Škerlavaj, 2014).

Za anketo, ki smo jo oblikovali na osnovi lastnosti modela FUTURE-O[®], ki nam je služil za izhodiščno točko razvoja našega simulacijskega modela, smo za preverjanje njene veljavnosti in zanesljivosti empirično testirali psihometrike z naslednjimi statističnimi metodami:

- *faktorska analiza*, ki se uporablja za zmanjšanje števila spremenljivk, pri čemer dobimo nove spremenljivke – faktorje, ki predstavljajo, kar je skupnega izmerjenim spremenljivkam in s katero preverjajo, kako kvalitetno merjene spremenljivke odražajo določeno latentno strukturo, ki naj bi jo merile (Gorsuch, 1983);
- *Cronbach alfa analiza*, ki meri zanesljivost vprašalnika (Cronbach, 1951). Razvita je bila kot mera notranje konsistentnosti sklopa trditev z enako mersko lestvico (po navadi Likertovo lestvico), ki meri korelacijo odgovorov;
- *kompozitna zanesljivost (Composite Reliability – CR)*, ki meri kompozitno zanesljivost lestvice in ocenjuje notranjo skladnost vprašalnika;
- *metoda AVE (Average Variance Extracted)*, ki je mera za oceno konvergentne veljavnosti in je povprečna količina varianc v indikatorskih spremenljivkah, ki jih lahko konstrukt razloži (Henseler, Ringle & Sarstedt, 2014).

Rezultat računa pokaže, da je naša anketa veljavna in zanesljiva, kar smo ugotovili s Cronbach alfa faktorjem, ki je bil 0,942. V nadaljevanju smo preverili anketo s pomočjo faktorske analize in smo dobili tri faktorje, za katere smo izračunali vrednosti Cronbach alfa, CR in AVE.

- Za prvi faktor je Cronbach alfa 0,923, CR je 0,91 in AVE je 0,63.
- Za drugi faktor je Cronbach alfa 0,929, CR je 0,91 in AVE je 0,64.
- Za tretji faktor je Cronbach alfa 0,787, CR je 0,76 in AVE je 0,61.

Ugotavljamo, da je naša anketa zanesljiva in veljavna in je primerna za uporabo v nadaljevanju naše študije, ko nam je tako razvita anketa, ki je bila oblikovana na osnovi lastnosti modela FUTURE-O[®] (tabela 2), služila zato, da smo iz njenih številčnih rezultatov izračunali parametre polja sil, ki smo jih uporabili v simulacijah za izračun razlike proste energije, ki v našem primeru pomeni mero za stopnjo učečnosti organizacije.

Vprašanja so bila v skladu s sedmimi lastnostmi in sedmini elementi modela FUTURE-O[®], ki smo jih organizirali, kot prikazuje tabela 2, ki predstavlja anonimni vprašalnik z odgovori vseh desetih izbranih zaposlenih v izbrani organizaciji. Vprašanja v vprašalniku so razdeljena po parih, tako da se vsako prvo vprašanje v paru nanaša na posameznika, vsako drugo vprašanje v paru pa na celotno organizacijo po vsaki od sedmih lastnosti modela FUTURE-O[®] ločeno.

Rezultate izvedene ankete smo uporabili kot vhodne podatke za naše simulacije učeče se organizacije z modelom FUTURE-O-DYN po vseh lastnostih in po vseh elementih modela FUTURE-O[®]. Iz rezultatov, pridobljenih na osnovi anonimnega vprašalnika, smo izpeljali parametre za naboje q v potencialni funkciji, predstavljeni z enačbo (2). Priloga 3 vsebuje vrednosti teh parametrov, ki služijo kot vhodni podatki za simulacijo organizacije z modelom FUTURE-O-DYN.

Glede na to, da ni znanih eksperimentalnih podatkov za parametre polja sil za splošno organizacijo, uporabimo tiste, ki smo jih razvili iz vprašalnika (tabela 2), tako da smo številčne vrednosti za lastnosti iz odgovorov v vprašalniku, ki so bile med 1 in 10, povprečili in normalizirali na vrednosti naboja q v območju med 0 in 1. Da je tak izračun vrednosti nabojev q utemeljen, pa sledi iz primera modeliranja parov programerjev, za katerega smo imeli na voljo eksperimentalne rezultate in za katerega so računi za spremembo proste energije vedno konvergirali.

Tako določeni parametri polja sil so zato v odsotnosti drugih eksperimentalnih podatkov primerni za ilustracijo pravilnosti našega pristopa simulacij učeče se organizacije. Nato iz teh parametrov za posameznika in za posamezno lastnost določimo razliko v prosti energiji ΔG . Ta vrednost predstavlja "energijsko vrednost" posameznika, ki postane zanimiva, ko se posamezniki povežejo v organizacijo.

V kontekstu organizacije vrednost ΔG predstavlja stopnjo, koliko je organizacija učeča se. Izračunali smo jo za posamezne lastnosti iz modela FUTURE-O[®], razvili pa smo tudi transformacijo iz prostora lastnosti v prostor elementov učeče se organizacije v modelu FUTURE-O[®], ki jo določa matrika *mix_matrix* v python skriptu (priloga 3). Matematično je to transformacija koordinat v 7-dimenzionalnem prostoru.

Praktično to pomeni, da je vsak element organizacije po modelu FUTURE-O[®] linearna kombinacija vseh lastnosti te organizacije po modelu FUTURE-O[®]. Koeficienti te linearne kombinacije so predstavljeni v *mix_matrix* matriki in so določeni na podlagi vprašalnika. V našem primeru, ko želimo ilustrirati delovanje FUTURE-O-DYN metode na izbrani organizaciji, smo za matriko *mix_matrix* izbrali kar enotno matriko. Ta izbira je upravičena glede na naravo naše študije.

Tabela 2: Anonimni vprašalnik za obravnavo usmerjenosti organizacije k učeči se organizaciji

Zaposleni	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Odgovori v kolikšni meri:										
Sem motiviran zaradi tima	10	8	2	10	7	6	8	4	8	8
Sem motiviran zaradi sebe	10	6	6	8	8	6	10	8	8	8
Sem dovzeten za spremembe (prilagodljiv) zaradi organizacije	8	6	4	8	6	4	8	6	6	10
Sem dovzeten za spremembe (prilagodljiv) zaradi sebe	10	6	8	10	6	6	10	6	8	8
Sem organiziran zaradi organizacije (jasna navodila, vodenje)	8	8	6	8	7	6	8	6	10	10
Sem organiziran zaradi sebe (ne glede na okolico)	10	7	6	10	4	4	10	6	6	8
Me organizacija spodbudi k ustvarjalnosti	8	7	3	8	6	4	8	6	8	8
Sem sam ustvarjalen	8	6	6	10	7	8	10	4	8	8
Je organizacija uspešna zaradi mene	8	6	4	10	7	8	10	6	8	7
Sem uspešen zaradi organizacije	10	6	6	10	7	10	8	8	7	8
Se učim v sklopu organizacije oz. tima (izobraževanja, seminarji)	8	8	3	10	8	6	10	4	10	10
Sam se učim za boljše rezultate na delovnem mestu	10	5	6	10	6	6	8	8	8	8
Se družim znotraj celotne organizacije	8	10	6	10	7	8	8	4	10	8
Se družim znotraj oddelka/tima	10	10	2	8	8	10	10	6	10	8

Vrednosti v anketi so pridobljene s pomočjo 10-stopenjske Likertove lestvice in vprašanj za vnos številčnih vrednosti, ki temeljijo na od 1 (popolno nestrinjanje) do 10 (popolno strinjanje).

Vir: Anketa v izbrani organizaciji GA, d. d.

S tem pristopom smo obravnavali izbrano organizacijo po posameznih lastnostih modela FUTURE-O® za vsakega posameznega zaposlenega v kontekstu organizacije in lastnosti celotne organizacije. Za vsako lastnost modela FUTURE-O® smo za vsakega zaposlenega kot tudi za celotno organizacijo izračunali energijsko vrednost ΔG , ki v tem primeru predstavlja stopnjo, koliko je organizacija učeča se.

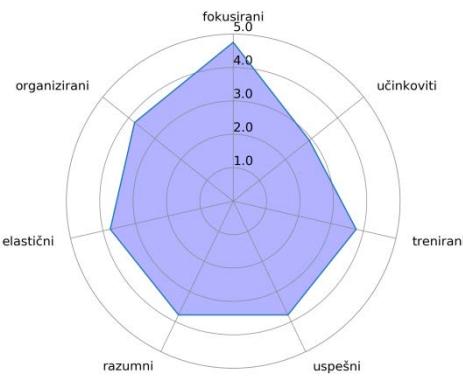
Zaradi omejitev programa za grafično prezentacijo rezultatov naših simulacij, ki so predstavljene v nadaljevanju, smo za grafični prikaz rezultatov na radarskih plotih uporabili skalo od 0 do 5, kar smiselnost ustreza vrednostim odgovorov v anketnem vprašalniku (tabela 2).

Rezultate teh simulacij z modelom FUTURE-O-DYN prikazujejo slika 19 do slike 28. Površina, pobravana modro na posameznem grafu, predstavlja razliko proste energije za vsakega od desetih posameznikov, če le tega vključimo v organizacijo ali ne. Večja je modro označena površina, bolj ta posameznik prispeva k temu, da je organizacija učeča se organizacija. Slika 19 na primer prikazuje rezultat izračuna proste energije ΔG med dvema stanjema za prvega zaposlenega. Za začetno stanje vzamemo parametre iz tabele (priloga 3), v vrstici qchg[0]=[..., ..., ...], za končno stanje pa je ta parameter enak nič.

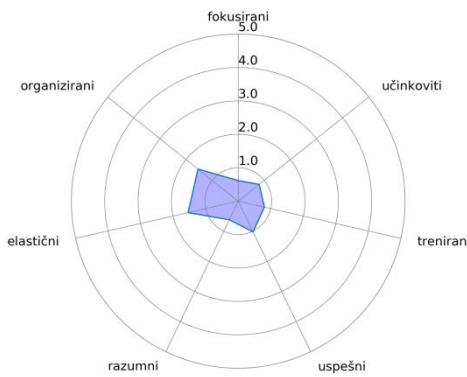
Račune proste energije ΔG izvedemo neodvisno in posebej za vsako lastnost iz modela FUTURE-O®. Dobljene vrednosti predstavljajo "energijsko vrednost" za posamezno lastnost vsakega posameznika, preden se ta vključi v organizacijo.

Na primer, vrednosti za zaposleni 1, kot prikazuje slika 19, so vse med 3,5 in 4,5 za vse lastnosti modela FUTURE-O®, kar je v skladu z odgovori v vprašalniku (tabela 2). Enako lahko zaključimo za ostale zaposlene, ko vidimo, da se ocene, ki so jih zaposleni dali kot odgovore v vprašalniku, smiselno skladajo z rezultati naših simulacij. Enak postopek izračuna smo izvedli za vseh deset izbranih posameznikov v organizaciji (slika 19 do slike 28), kjer vidimo rezultate simulacij za vsakega zaposlenega v organizaciji glede na podatke iz vprašalnika (tabela 2), ki so vhodni podatki za naše simulacije.

Slika 19: Vrednosti za zaposleni 1



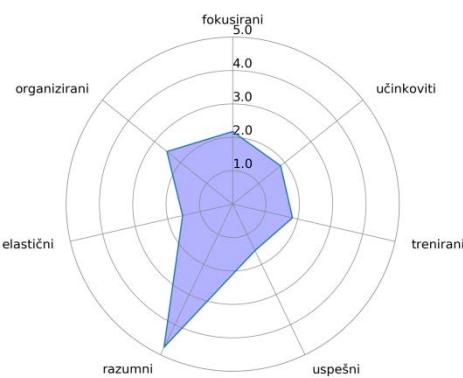
Slika 21: Vrednosti za zaposleni 3



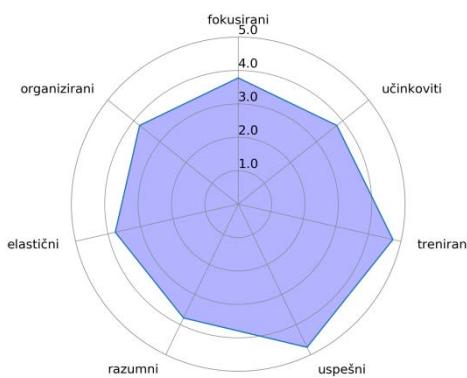
Vir: Lastno delo.

Vir: Lastno delo.

Slika 20: Vrednosti za zaposleni 2



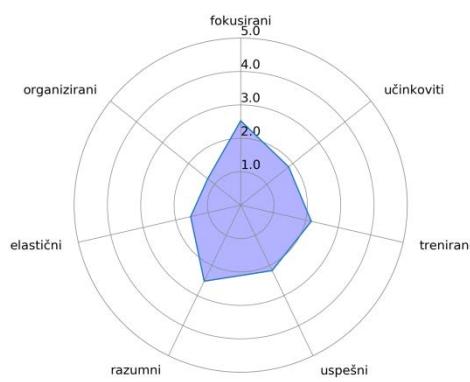
Slika 22: Vrednosti za zaposleni 4



Vir: Lastno delo.

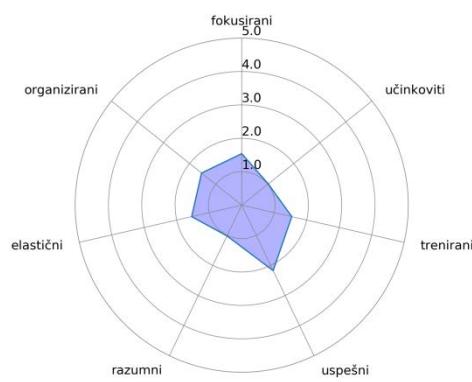
Vir: Lastno delo.

Slika 23: Vrednosti za zaposleni 5



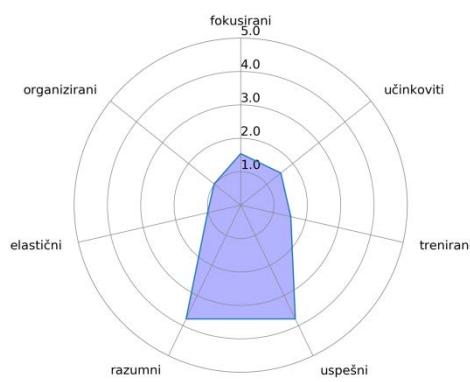
Vir: Lastno delo.

Slika 26: Vrednosti za zaposleni 8



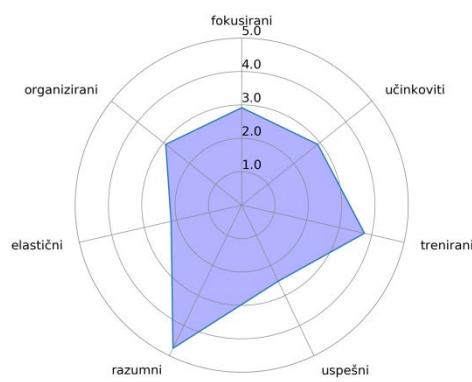
Vir: Lastno delo.

Slika 24: Vrednosti za zaposleni 6



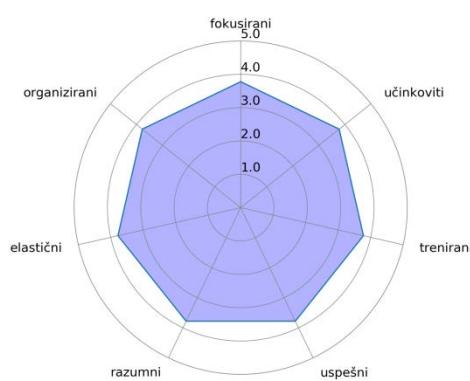
Vir: Lastno delo.

Slika 27: Vrednosti za zaposleni 9



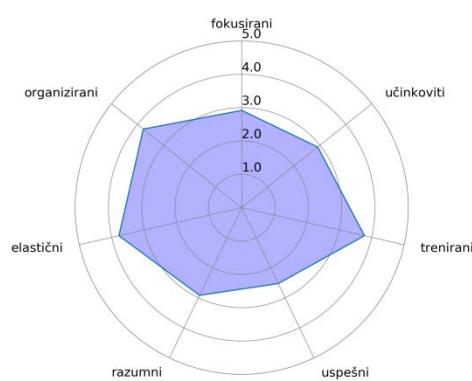
Vir: Lastno delo.

Slika 25: Vrednosti za zaposleni 7



Vir: Lastno delo.

Slika 28: Vrednosti za zaposleni 10



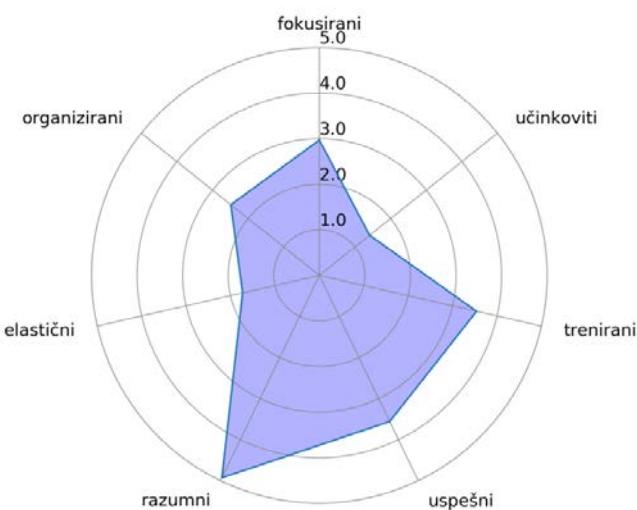
Vir: Lastno delo.

Iz izračunanih rezultatov, predstavljenih na zgornjih slikah za vsakega posameznika, sledi, da je naš konceptualni pristop simulacije učeče se organizacije z modelom FUTURE-O-DYN izvedljiv in smiseln. Po vsaki posamezni lastnosti iz modela FUTURE-O® vidimo, da naše simulacije v resnici predvidijo spremembo v stanju, ali je organizacija bolj ali manj učeče se, ki jo vsak od posameznikov z njegovo vključitvijo vnese v organizacijo.

Vidimo, da imajo v obravnavani organizaciji posamezni zaposleni 1, 4 in 7 velik prispevek, 9 in 10 pa nekoliko manjši prispevek k temu, da bi bila organizacija učeče se in torej uspešna. Vendar pa ta organizacija ni bila uspešna na trgu, kar potrjujejo tudi rezultati naše simulacije. Lahko rečemo, da je to zato, ker ostali zaposleni niso prispevali k učečnosti te organizacije, ker znanje ni bilo prepoznavno kot eden pomembnih dejavnikov za doseganje konkurenčnosti in tudi prenos znanja ni bil dovolj hiter. Predvsem so po naših napovedih k neuspehu organizacije prispevali zaposleni 3, 5 in 8 ter pogojno tudi zaposlena 2 in 6.

Te ugotovitve potrjujejo tudi rezultati, predstavljeni na sliki 29 in sliki 30, opisani v nadaljevanju. Stanje učeče se organizacije, obravnavane po sedmih lastnostih modela FUTURE-O®, predstavlja modra površina (slika 29). Rezultati simulacije nakazujejo, po katerih lastnostih so posamezniki oziroma organizacija najšibkejši v kontekstu učeče se organizacije.

Slika 29: Simulacija celotne organizacije z modelom FUTURE-O-DYN po lastnostih modela FUTURE-O®



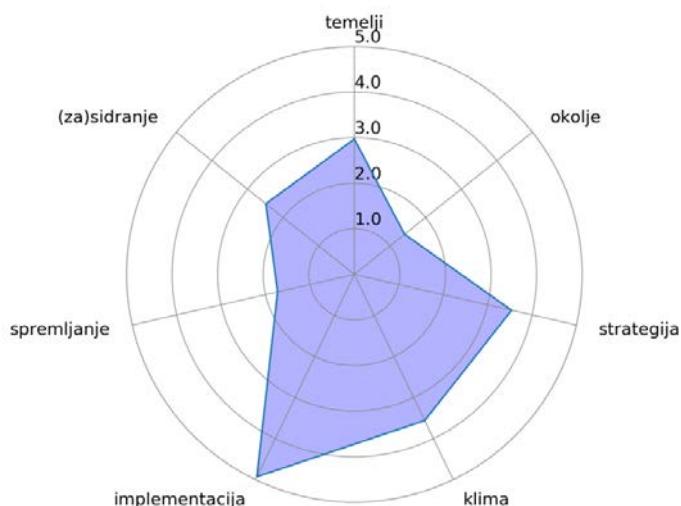
Vir: Lastno delo.

S pomočjo teh simulacij lahko napovemo, zakaj izbrana organizacija ni bolj učeče se organizacija in lahko napovemo, kako naj se izbrana organizacija preoblikuje v smeri

učeče se organizacije. To je končni rezultat simulacije z modelom FUTURE-O-DYN, ko simuliramo model FUTURE-O[®] v kontekstu po njegovih lastnostih.

Končni rezultat simulacije učeče se organizacije z metodo FUTURE-O-DYN po elementih iz modela FUTURE-O[®] pa predstavlja slika 30. Predstavljeni rezultati morajo biti enaki, ker smo v našem pristopu uporabili enotno matriko za ustrezno transformacijo med lastnostmi in elementi modela FUTURE-O[®].

Slika 30: Simulacija celotne organizacije z modelom FUTURE-O-DYN po elementih modela FUTURE-O[®]



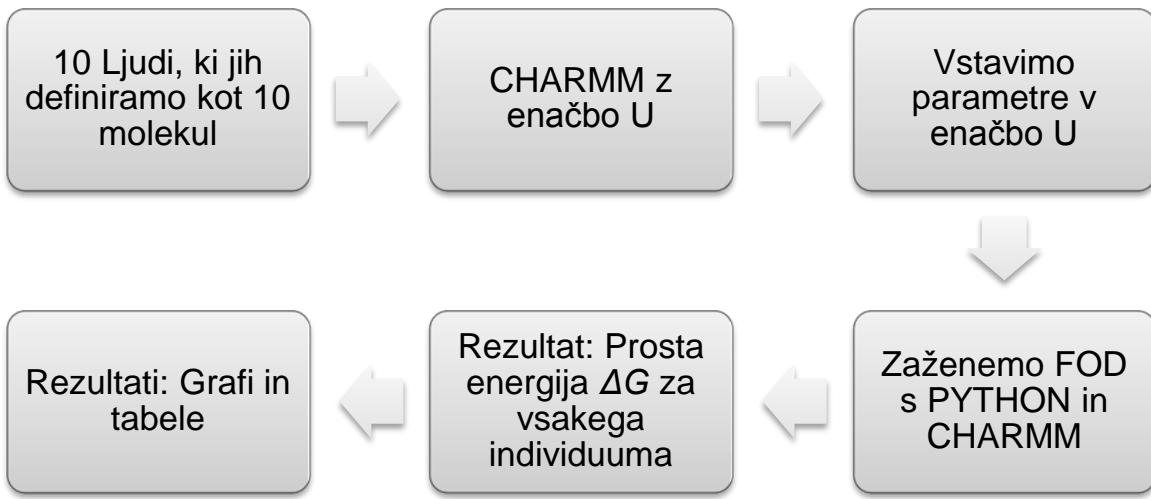
Vir: Lastno delo.

Do sedaj predstavljeni rezultati utemeljujejo pravilnost teoretičnega dela razvoja našega novega modela FUTURE-O-DYN za simulacije učeče se organizacije.

Konkretna uporaba našega novo razvitega pristopa je predstavljena v nadaljevanju, kjer predstavimo uporabo svojega novo razvitega pristopa za simulacijo učeče se organizacije z modelom FUTURE-O-DYN na konkretnem primeru naše izbrane organizacije, kjer za opredelitev, ali je organizacija učeča se ali ne, uporabimo pristop izračuna spremembe proste energije iz termodinamskih ciklov, kot je opisano v poglavju 3.6.

Razvili smo torej nov pristop za simuliranje učečih se organizacij, določili smo novo potencialno funkcijo, prilagojeno za simulacijo učeče se organizacije, izpeljali smo parametre za energijsko potencialno funkcijo za izvedbo simulacij učeče se organizacije na osnovi ujemanja z eksperimentalnimi vrednostmi, razvili smo model in program FUTURE-O-DYN, ki smo ga implementirali v program CHARMM. Na ta način smo model FUTURE-O[®] dinamizirali (slika 31).

Slika 31: Shematska predstavitev izvedbe simulacij z modelom FUTURE-O-DYN za izbrano organizacijo



Vir: Lastno delo.

Študirali smo učečo se organizacijo po posameznih elementih modela FUTURE-O[®] za vsakega posameznega zaposlenega v kontekstu vsakega zaposlenega nasproti vsakemu zaposlenemu glede na to, kako izbrani posameznik vpliva na stanje, ali je organizacija učeča se ali ne oziroma ali je z njegovo vključitvijo v tim organizacija bolj ali manj učeča se.

Slika 32 do slike 76 predstavlja rezultate po transformaciji iz prostora sedmih lastnosti v prostor sedmih elementov za posamezne izračune proste energije ΔG (po lastnostih). Iz tako dobljenih rezultatov je mogoče izračunati razlike v prosti energiji $\Delta\Delta G$, ki so navedene v tabelah za posamezne elemente (tabela 4 do tabele 10).

V obravnavanih primerih smo izvedli zaporedne izračune proste energije vezave v termodinamskem ciklu, ki predstavlja zamenjavo vsakega posameznega zaposlenega v povezavi z vsakim drugim zaposlenim ločeno, glede na izbrani element modela FUTURE-O[®]. Predstavljeni izračuni so računsko zahtevni, ker moramo za vsak izračun proste energije ΔG izvesti več milijonov korakov simulacije za vsakega posameznika. Parametre za simulacijo, v našem primeru naboje q , za energijsko funkcijo potencialnega polja smo določili na podlagi vrednosti, pridobljenih iz anonimnega vprašalnika za obravnavo usmerjenosti organizacije k učeči se organizaciji (tabela 2). Navedeni so v računalniškem programu FUTURE-O-DYN in ustreznih skriptah (priloga 3 in priloga 4). Vsak žarek na slikah ima dve stopnji, ki sta predstavljeni z modro in oranžno obarvano površino. Vsaka

površina predstavlja razliko v prosti energiji iz termodinamskega cikla (slika 18), na eni strani med kandidatom 1 in organizacijo (označeno na slikah modro, ΔG_1) in med kandidatom 2 in organizacijo (označeno na slikah oranžno, ΔG_2). Skupna površina, označena vijolično, pa predstavlja stopnjo, koliko je organizacija učeča se ali ne, po posameznem elementu. Te račune smo izvedli za vseh 10 zaposlenih v primerjavi vsakega z vsakim in na ustreznih slikah je predstavljeno, koliko vsak posamezni zaposleni v primerjavi z ostalimi prispeva k temu, da je organizacija učeča se organizacija glede na posamezne elemente modela FUTURE-O®.

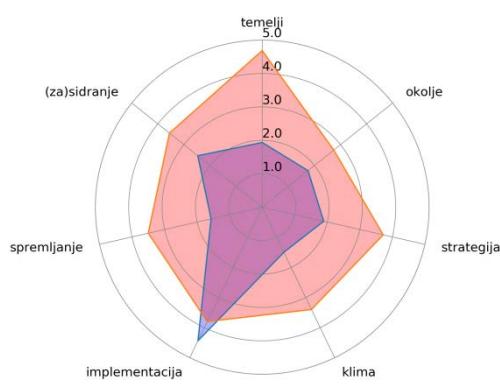
Ker je naša študija konceptualna, torej preverjamo, ali so simulacije organizacije z našim novo razvitim modelom FUTURE-O-DYN izvedljive in smiselne ter ali je smiselna vpeljava kvantitativne mere za določanje stopnje učečnosti organizacije (ΔG), je izbira konkretno organizacije GA, d. d., kjer smo izbrali 10 ključnih zaposlenih posameznikov, opravičljiva, saj smo ta primer izvedli samo kot ilustracijo za izvedljivost svojega novo razvitega pristopa za simulacije učeče se organizacije. Rezultati, prikazani v nadaljevanju, potrjujejo primernost uporabe našega pristopa.

V do sedaj predstavljenih rezultatih smo uporabljali model FUTURE-O® po njegovih sedmih lastnostih, ker smo obravnavali zaposlene kot posamezne v organizaciji in smo za mero učečnosti uporabili spremembo proste energije (ΔG). Ko pa z modelom FUTURE-O® obravnavamo organizacijo po njegovih elementih, ki jih v naših simulacijah z modelom FUTURE-O-DYN razvijemo kot linearne kombinacije posameznih lastnosti, definirane z matriko *mix_matrix* (priloga 3), ki je v našem primeru zaradi enostavnosti računanja kar unitarna matrika in smo za mero učečnosti uporabili razliko v spremembah proste energije ($\Delta\Delta G$), pa lahko primerjamo vsakega zaposlenega z vsakim zaposlenim znotraj celotne organizacije.

Slika 32 na primer predstavlja 14 izračunov po posameznih sedmih lastnostih, ki jih transformiramo v ustreznih sedem elementov, za posameznika 2 (modro) in sedem za posameznika 1 (oranžno). Pri vsakem izračunu proste energije ΔG ustrezen parameter za posameznika pretvorimo iz nič v njegovo končno vrednost, predstavljeno v tabeli *qchg[]* (priloga 3). Končne rezultate termodinamskega cikla, to je spremembe proste energije $\Delta\Delta G$, dobimo tako, da odštejemo modre vrednosti od oranžnih (ali obratno) za vsak posamezen element modela FUTURE-O®. Slika 32 prikazuje medsebojni vpliv dveh zaposlenih na stopnjo učečnosti organizacije po posameznih elementih modela FUTURE-O®, kjer primerjamo vrednosti $\Delta\Delta G$ po elementih modela FUTURE-O® za dva posameznika za vsak element posebej.

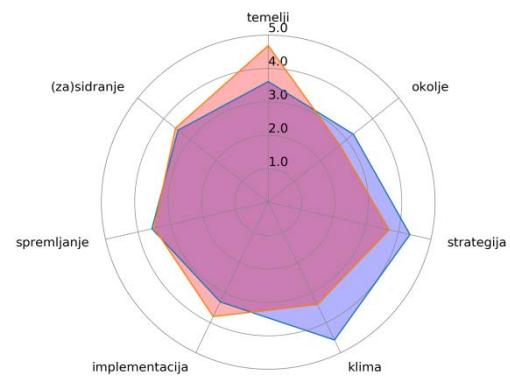
Za ilustracijo aplikacije našega pristopa smo enak postopek izračuna izvedli za vseh deset izbranih posameznikov v organizaciji (slika 32 do slike 76), iz katerih lahko vidimo, kateri zaposleni prispevajo k stopnji učečnosti dane organizacije.

Slika 32: Zaposleni 2 proti zaposleni 1



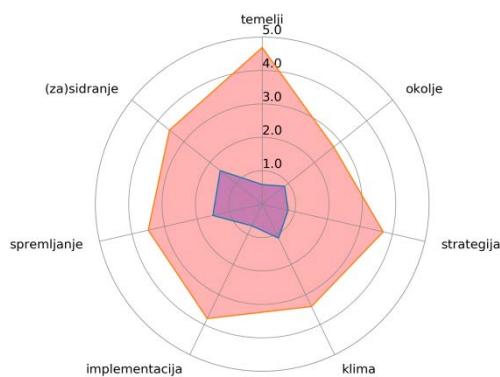
Vir: Lastno delo.

Slika 35: Zaposleni 4 proti zaposleni 1



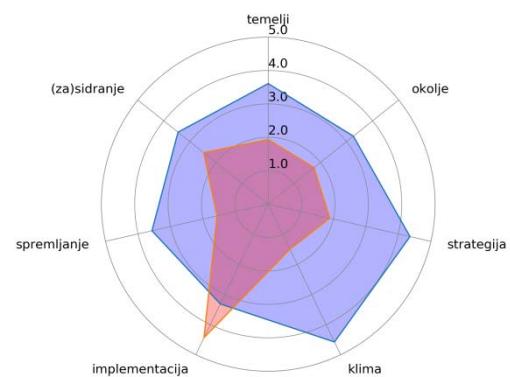
Vir: Lastno delo.

Slika 33: Zaposleni 3 proti zaposleni 1



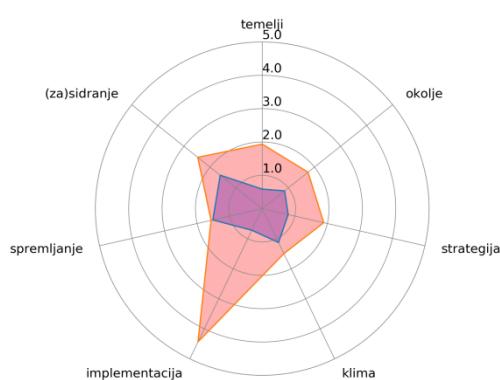
Vir: Lastno delo.

Slika 36: Zaposleni 4 proti zaposleni 2



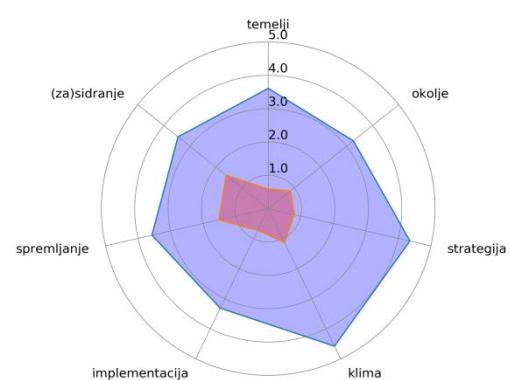
Vir: Lastno delo.

Slika 34: Zaposleni 3 proti zaposleni 2



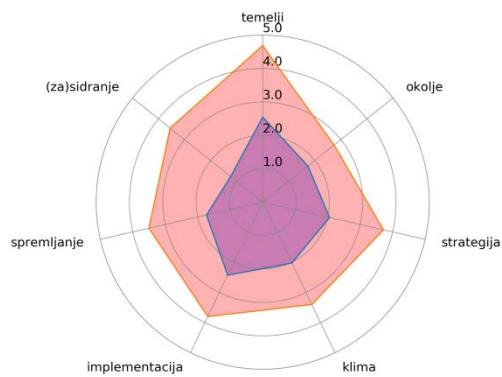
Vir: Lastno delo.

Slika 37: Zaposleni 4 proti zaposleni 3



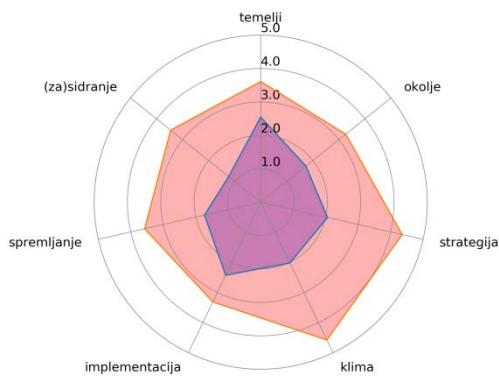
Vir: Lastno delo.

Slika 38: Zaposleni 5 proti zaposleni 1



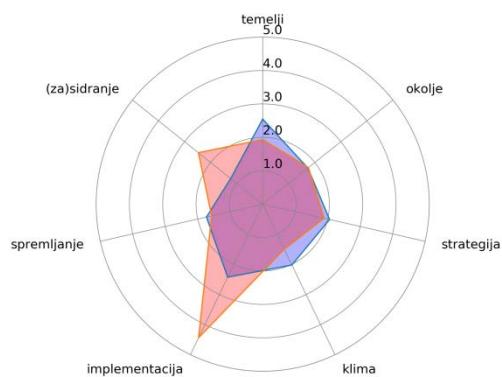
Vir: Lastno delo.

Slika 41: Zaposleni 5 proti zaposleni 4



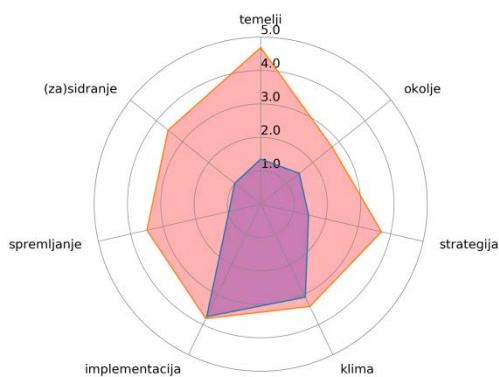
Vir: Lastno delo.

Slika 39: Zaposleni 5 proti zaposleni 2



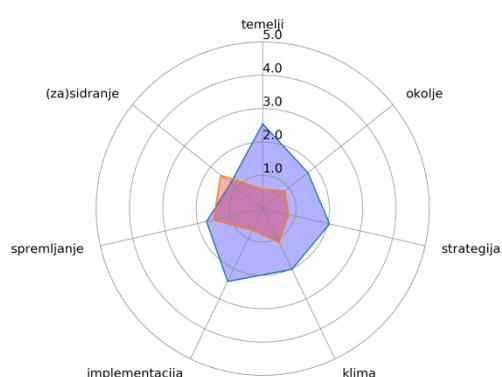
Vir: Lastno delo.

Slika 42: Zaposleni 6 proti zaposleni 1



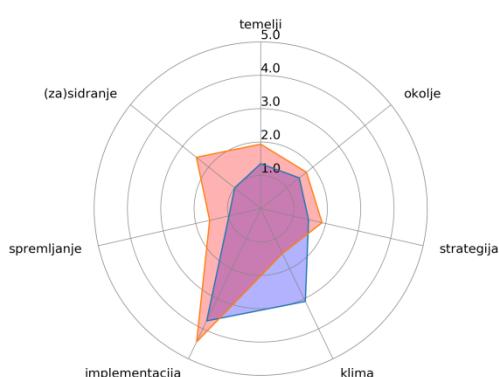
Vir: Lastno delo.

Slika 40: Zaposleni 5 proti zaposleni 3



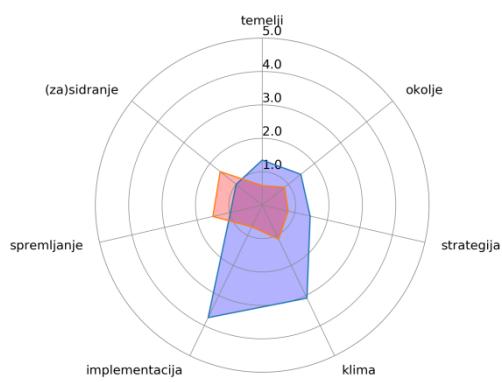
Vir: Lastno delo.

Slika 43: Zaposleni 6 proti zaposleni 2



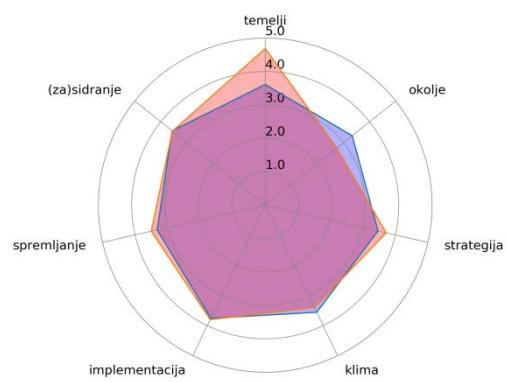
Vir: Lastno delo.

Slika 44: Zaposleni 6 proti zaposleni 3



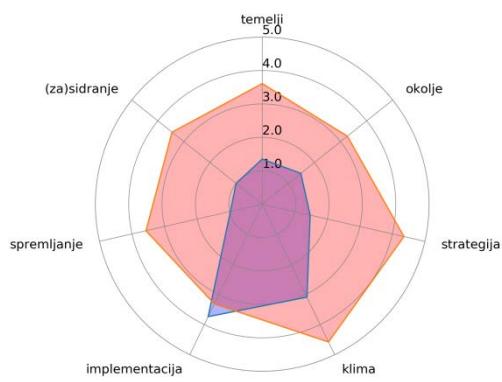
Vir: Lastno delo.

Slika 47: Zaposleni 7 proti zaposleni 1



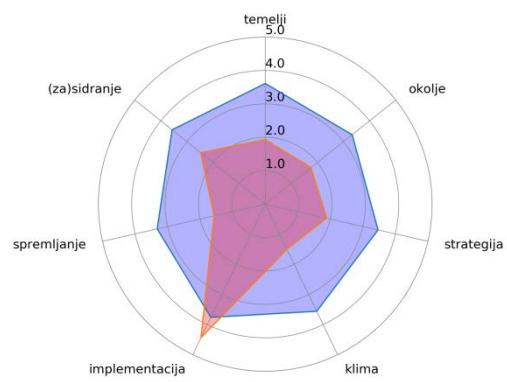
Vir: Lastno delo.

Slika 45: Zaposleni 6 proti zaposleni 4



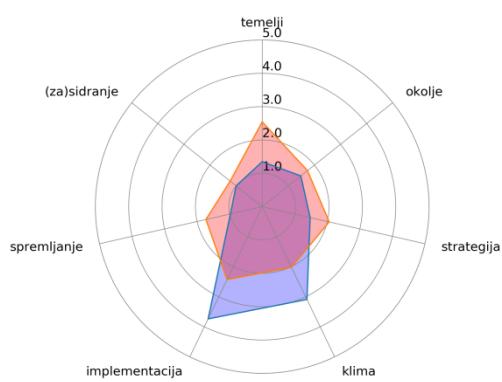
Vir: Lastno delo.

Slika 48: Zaposleni 7 proti zaposleni 2



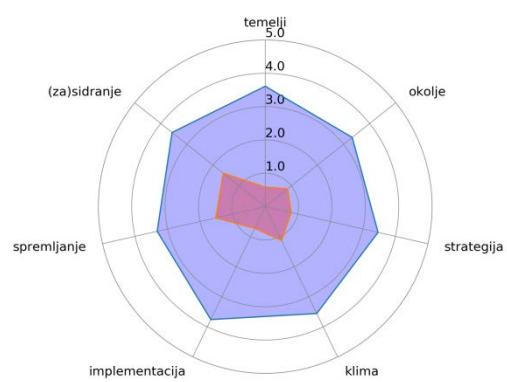
Vir: Lastno delo.

Slika 46: Zaposleni 6 proti zaposleni 5



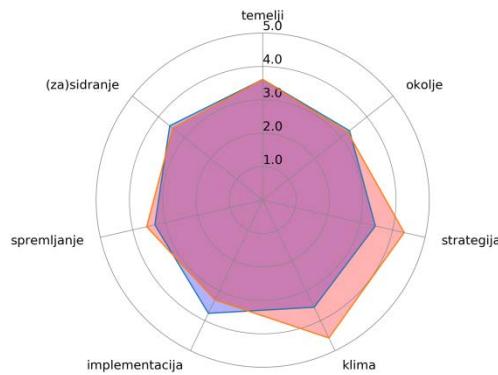
Vir: Lastno delo.

Slika 49: Zaposleni 7 proti zaposleni 3



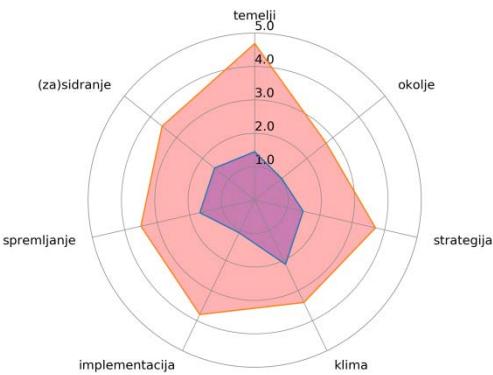
Vir: Lastno delo.

Slika 50: Zaposleni 7 proti zaposleni 4



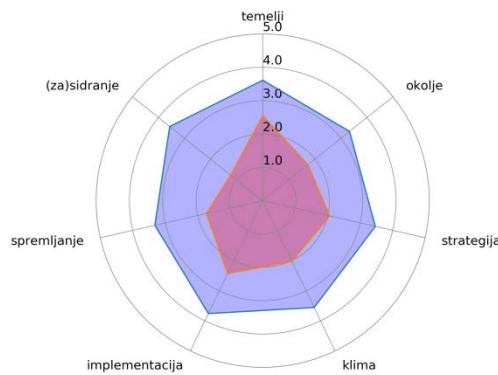
Vir: Lastno delo.

Slika 53: Zaposleni 8 proti zaposleni 1



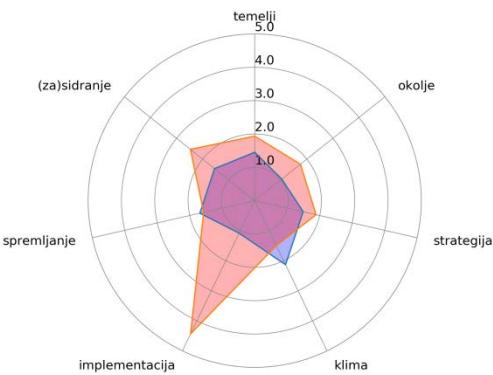
Vir: Lastno delo.

Slika 51: Zaposleni 7 proti zaposleni 5



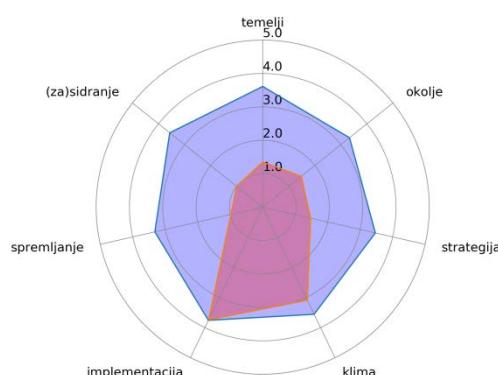
Vir: Lastno delo.

Slika 54: Zaposleni 8 proti zaposleni 2



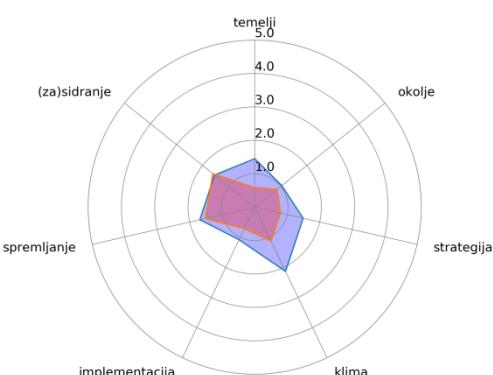
Vir: Lastno delo.

Slika 52: Zaposleni 7 proti zaposleni 6



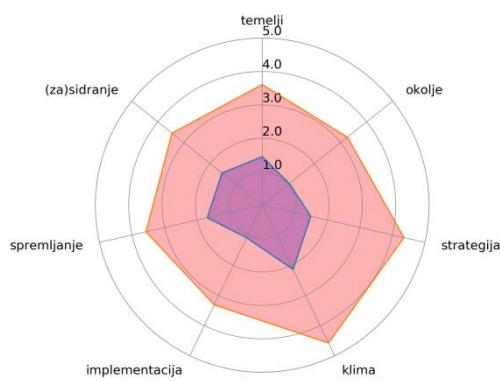
Vir: Lastno delo.

Slika 55: Zaposleni 8 proti zaposleni 3



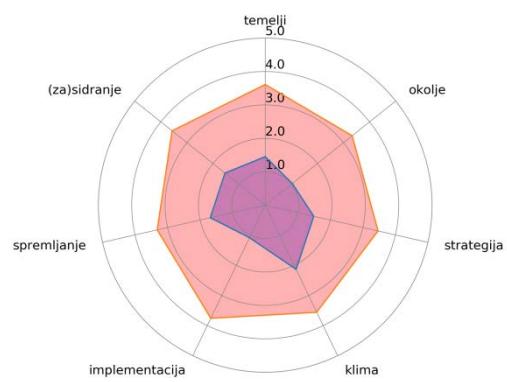
Vir: Lastno delo.

Slika 56: Zaposleni 8 proti zaposleni 4



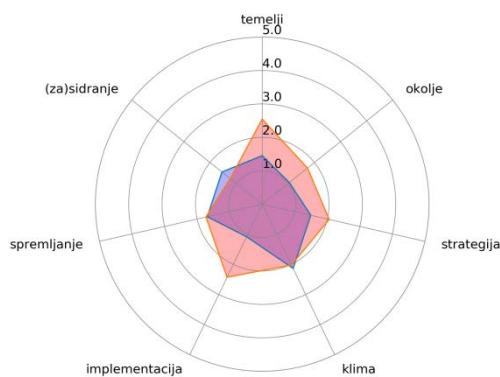
Vir: Lastno delo.

Slika 59: Zaposleni 8 proti zaposleni 7



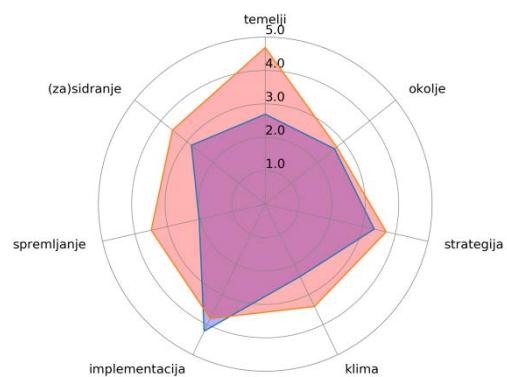
Vir: Lastno delo.

Slika 57: Zaposleni 8 proti zaposleni 5



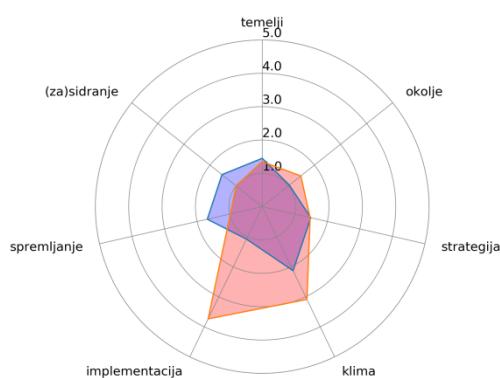
Vir: Lastno delo.

Slika 60: Zaposleni 9 proti zaposleni 1



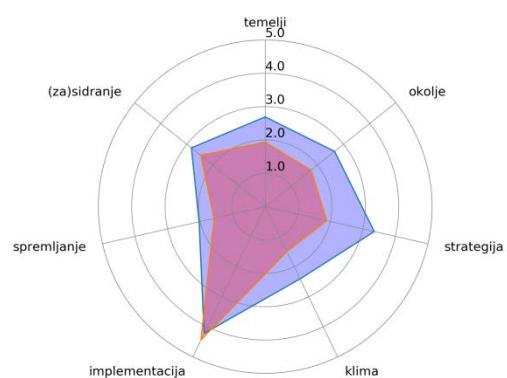
Vir: Lastno delo.

Slika 58: Zaposleni 8 proti zaposleni 6



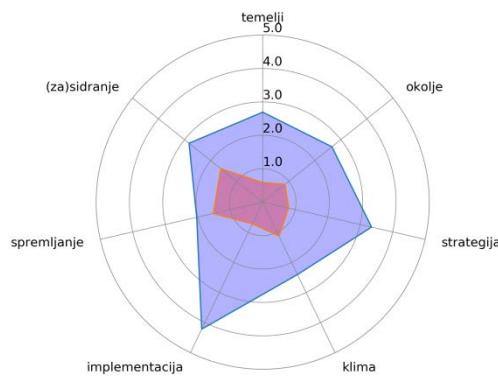
Vir: Lastno delo.

Slika 61: Zaposleni 9 proti zaposleni 2



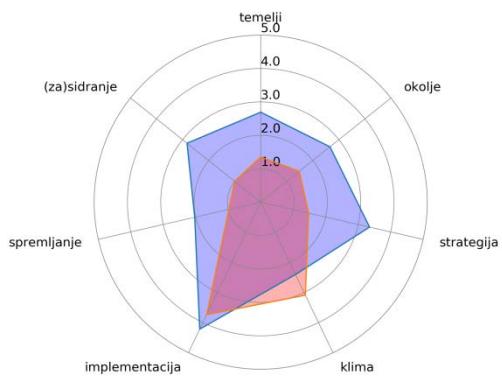
Vir: Lastno delo.

Slika 62: Zaposleni 9 proti zaposleni 3



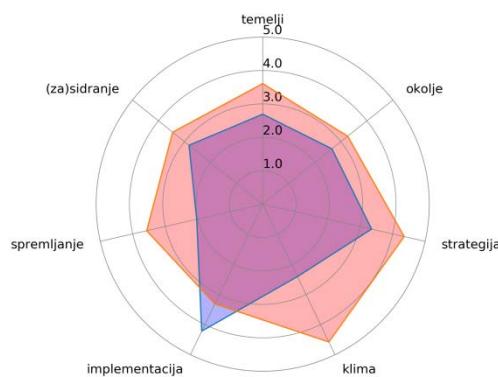
Vir: Lastno delo.

Slika 65: Zaposleni 9 proti zaposleni 6



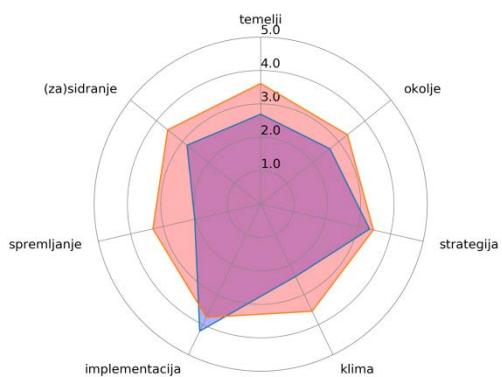
Vir: Lastno delo.

Slika 63: Zaposleni 9 proti zaposleni 4



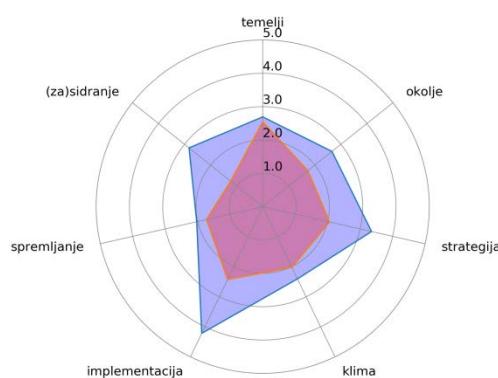
Vir: Lastno delo.

Slika 66: Zaposleni 9 proti zaposleni 7



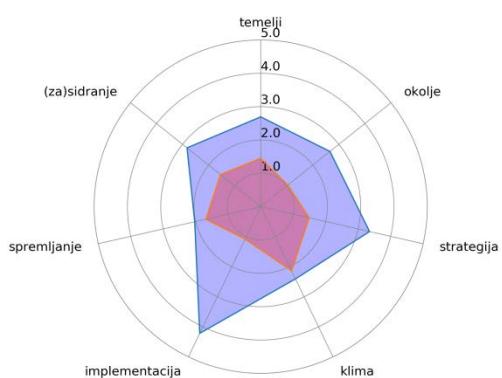
Vir: Lastno delo.

Slika 64: Zaposleni 9 proti zaposleni 5



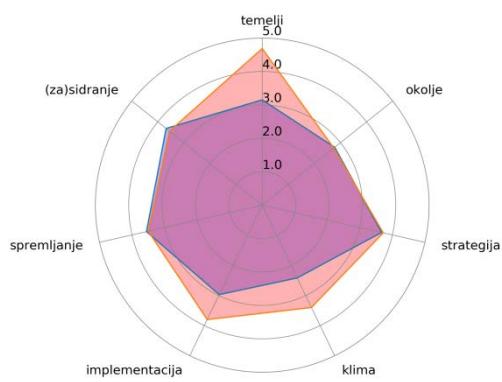
Vir: Lastno delo.

Slika 67: Zaposleni 9 proti zaposleni 8



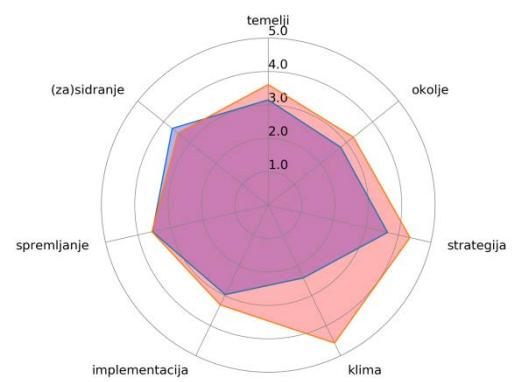
Vir: Lastno delo.

Slika 68: Zaposleni 10 proti zaposleni 1



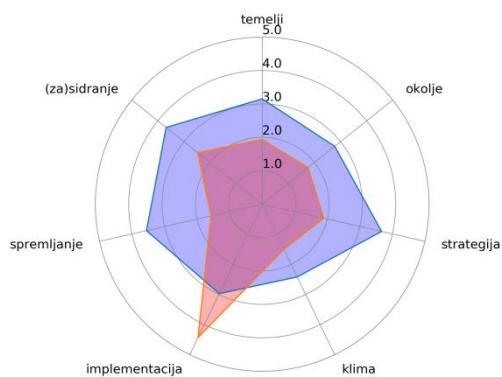
Vir: Lastno delo.

Slika 71: Zaposleni 10 proti zaposleni 4



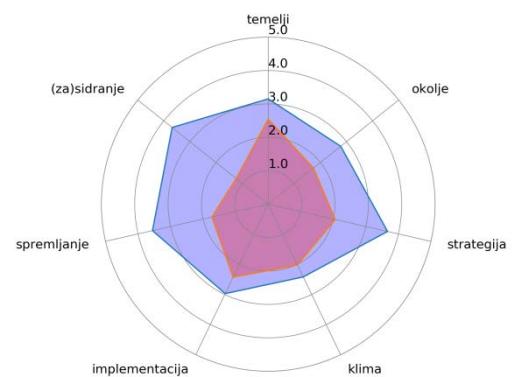
Vir: Lastno delo.

Slika 69: Zaposleni 10 proti zaposleni 2



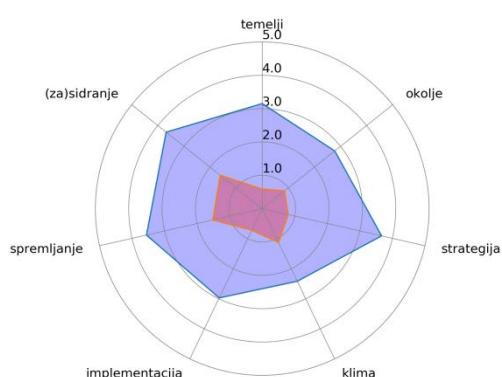
Vir: Lastno delo.

Slika 72: Zaposleni 10 proti zaposleni 5



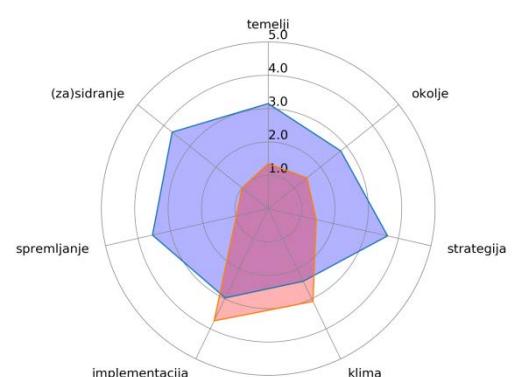
Vir: Lastno delo.

Slika 70: Zaposleni 10 proti zaposleni 3



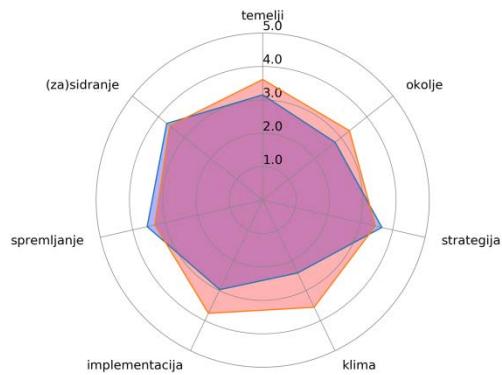
Vir: Lastno delo.

Slika 73: Zaposleni 10 proti zaposleni 6



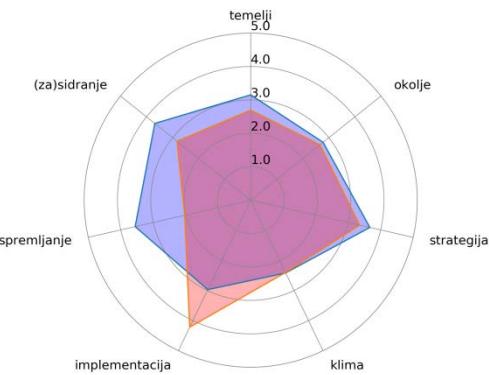
Vir: Lastno delo.

Slika 74: Zaposleni 10 proti zaposleni 7



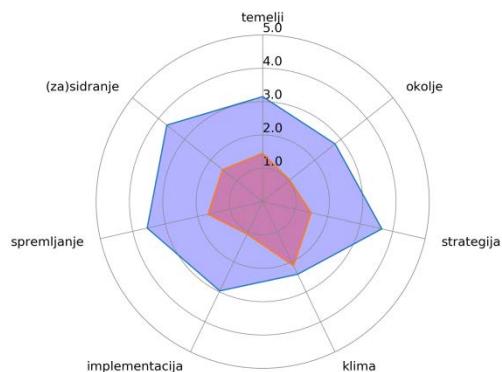
Vir: Lastno delo.

Slika 76: Zaposleni 10 proti zaposleni 9



Vir: Lastno delo.

Slika 75: Zaposleni 10 proti zaposleni 8



Vir: Lastno delo.

Modre in oranžne površine (vijolično, kjer se prekrivata) (slika 32 do slike 76) prikazujejo stanje vpliva v organizaciji, ko primerjamo posamezne zaposlene vsakega z vsakim po elementih modela FUTURE-O[®]. Večje je medsebojno prekrivanje površin, bolj je organizacija učeča se v smeri vključevanja zaposlenih v organizacijo. Te rezultate smo dobili na osnovi izračunov razlik sprememb proste energije z uporabo modela FUTURE-O-DYN.

Tu je treba poudariti, da prosta energija ni premosorazmerna z vrednostmi parametrov, ki smo jih izpeljali na osnovi anonimnega vprašalnika (tabela 2), pač pa je to kompleksna količina, ki dobi pomen šele, ko primerjamo njene vrednosti iz termodinamskega cikla za kombinacije zaposlenih, za katere smo za vsakega posebej izračunali termodinamski cikel. Primerjave med njimi prikazujejo slika 32 do slike 76.

Ti rezultati se ujemajo z ugotovitvami simulacije z modelom FUTURE-O[®] po lastnostih, ki jih predstavljajo slika 19 do slike 28, in sicer da zaposleni 1, 4 in 7 veliko prispevajo k

temu, da je organizacija učeča se, medtem ko zaposleni 3, 5 in 8 ne prispevajo veliko k temu, da bi bila organizacija učeča se. Te ugotovitve potrjujejo tudi rezultati, predstavljeni v tabeli 4 do tabele 10, podrobno opisanih v nadaljevanju.

Simulacije z modelom FUTURE-O-DYN smo izvajali na gruči dvoprocesorskih štirijedrnih vzporednih računalnikih z Intel Xeon E5-2630v3 procesorji. Zahtevnost računov za izbrano desetčlansko organizacijo je naslednja: najprej smo izvedli 10×7 simulacij za lastnosti po lastnostih modela FUTURE-O[®] za vsakega posameznika. Nato smo izvedli dvakrat po sedem računov za organizacijo, enkrat po lastnostih in drugič po elementih modela FUTURE-O[®]. Nadalje smo računali še 10×7 simulacij za prosto energijo v organizaciji, ko zaporedno vključujemo oziroma izključujemo posameznika. Vsak izmed teh kompleksnih računov, vseh skupaj je 147, zahteva okoli 80 do 90 minut procesorskega časa.

Kazalo primerjav posameznih slik za izračune vrednosti sprememb proste energije iz termodinamskih ciklov po elementih modela FUTURE-O[®] za vse pare zaposlenih prikazuje tabela 3.

Tabela 3: Kazalo slik za primerjave zaposlenih

Zaposleni	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0	SI.32	SI.33	SI.35	SI.38	SI.42	SI.47	SI.53	SI.60	SI.68
2	SI.32	0	SI.34	SI.36	SI.39	SI.43	SI.48	SI.54	SI.61	SI.69
3	SI.33	SI.34	0	SI.37	SI.40	SI.44	SI.49	SI.55	SI.62	SI.70
4	SI.35	SI.36	SI.37	0	SI.41	SI.45	SI.50	SI.56	SI.63	SI.71
5	SI.38	SI.39	SI.40	SI.41	0	SI.46	SI.51	SI.57	SI.64	SI.72
6	SI.42	SI.43	SI.44	SI.45	SI.46	0	SI.52	SI.58	SI.65	SI.73
7	SI.47	SI.48	SI.49	SI.50	SI.51	SI.52	0	SI.59	SI.66	SI.74
8	SI.53	SI.54	SI.55	SI.56	SI.57	SI.58	SI.59	0	SI.67	SI.75
9	SI.60	SI.61	SI.62	SI.63	SI.64	SI.65	SI.66	SI.67	0	SI.76
10	SI.68	SI.69	SI.70	SI.71	SI.72	SI.73	SI.74	SI.75	SI.76	0

Vir: Lastno delo.

Tabela 4 do tabele 10 predstavljajo izračunane vrednosti razlike proste energije $\Delta\Delta G$ iz ustrezne termodinamskega cikla z modelom FUTURE-O-DYN po posameznih elementih modela FUTURE-O[®]. Te iste vrednosti ustrezajo grafično predstavljenim vrednostim na zgornjih ustreznih slikah (slika 32 do slike 76). Naše parametre za simulacijo z modelom FUTURE-O-DYN smo določili ilustrativno, ampak v območju vrednosti, ki smo jih povzeli iz realnega problema para programerjev. Taka izbira parametrov se izkaže za spodbudno in primerno ter potrdi predpostavko, da lahko te parametre prenašamo tudi na obravnavo drugih organizacij.

Tabela 4 prikazuje razlike v izračunanih prostih energijah med pari zaposlenih v organizaciji po prvem elementu modela FUTURE-O[®], to je *temelji*. S primerjavo posameznih vrednosti iz te tabele vidimo, da so najbolje ocenjeni zaposleni 1, 4 in 7, kar se sklada z ocenami iz vprašalnika.

Tabela 5 prikazuje razlike v izračunanih prostih energijah med pari zaposlenih v organizaciji po drugem elementu modela FUTURE-O[®], to je *okolje*. S primerjavo posameznih vrednosti iz te tabele vidimo, da so najbolje ocenjeni zaposleni 4, 7 in 10, kar se sklada z ocenami iz vprašalnika.

Tabela 6 prikazuje razlike v izračunanih prostih energijah med pari zaposlenih v organizaciji po tretjem elementu modela FUTURE-O[®], to je *strategija*. S primerjavo posameznih vrednosti iz te tabele vidimo, da so ponovno najbolje ocenjeni zaposleni 1, 4 in 10, kar se sklada z ocenami iz vprašalnika.

Tabela 7 prikazuje razlike v izračunanih prostih energijah med pari zaposlenih v organizaciji po četrtem elementu modela FUTURE-O[®], to je *klima*. S primerjavo posameznih vrednosti iz te tabele vidimo, da so najbolje ocenjeni zaposleni 1, 4 in 7, kar se sklada z ocenami iz vprašalnika.

Tabela 8 prikazuje razlike v izračunanih prostih energijah med pari zaposlenih v organizaciji po petem elementu modela FUTURE-O[®], to je *implementacija*. S primerjavo posameznih vrednosti iz te tabele vidimo, da so najbolje ocenjeni zaposleni 1, 4 in 9, kar se sklada z ocenami iz vprašalnika.

Tabela 9 prikazuje razlike v izračunanih prostih energijah med pari zaposlenih v organizaciji po šestem elementu modela FUTURE-O[®], to je *spremljanje*. S primerjavo posameznih vrednosti iz te tabele vidimo, da so najbolje ocenjeni zaposleni 1, 4 in 10, kar se sklada z ocenami iz vprašalnika.

Tabela 10 prikazuje razlike v izračunanih prostih energijah med pari zaposlenih v organizaciji po sedmem elementu modela FUTURE-O[®], to je *(za)sidranje*. S primerjavo posameznih vrednosti iz te tabele vidimo, da so najbolje ocenjeni zaposleni 1, 7 in 10, kar se tudi sklada z ocenami iz vprašalnika.

Ocene za posamezne zaposlene glede na stopnjo učečnosti organizacije z našo simulacijo so v tabelah predstavljene v vrstici *Vsota*. Večja je (pozitivna) vrednost *Vsote* v posamezni tabeli, boljša je ocena zaposlenega v smislu učečnosti organizacije. Vsota vseh vsot (tabela 4 do tabele 10) je vedno enaka nič, kar dokazuje, da so rezultati, predstavljeni v tabelah, konsistentni in pravilni ter primerljivi med seboj.

Na sliki 32 do slike 76 so predstavljene posamezne vrednosti za spremembo proste energije ΔG za vsakega zaposlenega posebej za vse elemente modela FUTURE-O® skupaj. Medtem ko so v tabeli 4 do tabele 10 predstavljene razlike v prosti energiji ΔG za vsak par zaposlenih za vse zaposlene po vsakem posameznem elementu modela FUTURE-O®. To nam omogoča interpretacijo rezultatov, zakaj izbrani zaposleni bolj ali manj prispeva k temu, da je organizacija bolj ali manj učešča se preko vseh elementov modela FUTURE-O® za izbrano organizacijo.

Vse izračunane vrednosti razlike prostih energij za vse zaposlene v izbrani organizaciji v primerjavi vsakega z vsakim so po vsakem posameznem elementu modela FUTURE-O® predstavljene v spodnjih tabelah.

Tabela 4: Element 1 – temelji

Zaposleni	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0	-2.75	-4.099	-1.077	-2.141	-3.337	-1.074	-3.235	-1.993	-1.534
2	2.75	0	-1.349	1.673	0.609	-0.587	1.676	-0.485	0.757	1.216
3	4.099	1.439	0	3.022	1.958	0.762	3.025	0.864	2.106	2.565
4	1.077	-1.673	-3.022	0	-1.064	-2.26	0.004	-2.158	-0.915	-0.457
5	2.141	-0.609	-1.958	1.064	0	-1.196	1.067	-1.094	0.149	0.607
6	3.337	-0.587	-0.762	2.26	1.196	0	2.263	0.102	1.344	1.803
7	1.074	-1.676	-3.025	-0.004	-1.067	-2.263	0	-2.162	-0.919	-0.46
8	3.235	0.485	-0.864	2.158	1.094	-0.102	2.162	0	1.243	1.701
9	1.993	-0.757	-2.106	0.915	-0.149	-1.344	0.919	-1.243	0	0.459
10	1.534	-1.216	-2.565	0.457	-0.607	-1.803	0.46	-1.701	-0.459	0
Vsota	21.24	-6.26	-19.75	10.468	-0.171	-12.13	1.502	-11.112	1.313	5.9

Vir: Lastno delo.

Tabela 5: Element 2 – okolje

Zaposleni	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0	-0.987	-1.884	0.521	-1.007	-1.262	0.59	-1.703	-0.085	0.036
2	0.987	0	-0.898	1.508	-0.02	-0.275	1.577	-0.716	0.902	1.023
3	1.884	0.898	0	2.406	0.878	0.622	2.475	0.182	1.8	1.921
4	-0.521	-1.508	-2.406	0	-1.528	-1.783	0.069	-2.224	-0.606	-0.485
5	1.007	0.02	-0.878	1.528	0	-0.255	1.597	-0.696	0.922	1.043
6	1.262	0.275	-0.622	1.783	0.255	0	1.852	-0.441	1.178	1.298
7	-0.59	-1.577	-2.475	-0.069	-1.597	-1.852	0	-2.293	-0.675	-0.554
8	1.703	0.716	-0.182	2.224	0.696	0.441	2.293	0	1.618	1.739
9	0.085	-0.902	-1.8	0.606	-0.922	-1.178	0.675	-1.618	0	0.121
10	-0.036	-1.023	-1.921	0.485	-1.043	-1.298	0.554	-1.739	-0.121	0
Vsota	5.781	-4.088	-13.066	10.992	-4.288	-6.84	11.682	-11.248	4.933	6.142

Vir: Lastno delo.

Tabela 6: Element 3 – strategija

Zaposleni	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0	-1.828	-2.921	0.638	-1.659	-2.245	-0.25	-2.226	-0.367	-0.05
2	1.828	0	-1.093	2.466	0.169	-0.417	1.578	-0.398	1.461	1.778
3	2.921	1.093	0	3.559	1.261	0.676	2.67	0.694	2.554	2.87
4	-0.638	-2.466	-3.559	0	-2.297	-2.883	-0.888	-2.864	-1.005	-0.688
5	1.659	-0.169	-1.261	2.297	0	-0.586	1.409	-0.567	1.292	1.609
6	2.245	0.417	-0.676	2.883	0.586	0	1.995	0.019	1.878	2.195
7	0.25	-1.578	-2.67	0.888	-1.409	-1.995	0	-1.976	-0.117	0.2
8	2.226	0.398	-0.694	2.864	0.567	-0.019	1.978	0	1.859	2.176
9	0.367	-1.461	-2.554	1.005	-1.292	-1.878	0.117	-1.859	0	-0.317
10	0.05	-1.778	-2.87	0.688	-1.609	-2.195	-0.2	-2.176	-0.317	0
Vsota	10.908	-7.372	-18.298	17.288	-5.683	-11.542	8.407	-11.353	7.238	10.407

Vir: Lastno delo.

Tabela 7: Element 4 – klima

Zaposleni	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0	-1.902	-2.272	1.178	-1.379	-0.311	0.158	-1.266	-0.995	-0.982
2	1.902	0	-0.37	3.081	0.523	1.592	2.06	0.636	0.908	0.92
3	2.272	0.37	0	3.451	0.893	1.962	2.43	1.007	1.278	1.29
4	-1.178	-3.081	-3.451	0	-2.558	-1.489	-1.02	-2.44	-2.173	-2.16
5	1.379	-0.523	-0.893	2.558	0	1.069	1.537	0.113	0.385	0.397
6	0.311	-1.592	-1.962	1.489	-1.069	0	0.469	-0.955	-0.684	-0.671
7	-0.158	-2.06	-2.43	1.02	-1.537	-0.469	0	-1.424	-1.153	-1.14
8	1.266	-0.636	-1.007	2.444	-0.113	0.955	1.424	0	0.271	0.284
9	0.995	-0.908	-1.278	2.173	-0.385	0.684	1.153	-0.271	0	0.013
10	0.982	-0.92	-1.29	2.16	-0.397	0.671	1.14	-0.284	-0.013	0
Vsota	7.771	-11.252	-14.953	19.554	-6.022	4.664	9.351	-4.888	-2.176	-2.049

Vir: Lastno delo.

Tabela 8: Element 5 – implementacija

Zaposleni	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0	0.636	-3.081	-0.487	-1.373	-0.064	-0.041	-2.717	0.418	-0.828
2	-0.636	0	-3.717	-1.123	-2.01	-0.7	-0.678	-3.354	-0.218	-1.465
3	3.081	3.717	0	2.594	1.708	3.017	3.04	0.364	3.499	2.252
4	0.487	1.127	-2.594	0	-0.886	0.423	0.446	-2.23	0.905	-0.341
5	1.373	2.01	-1.708	0.886	0	1.31	1.332	-1.344	1.791	0.545
6	0.064	0.7	-3.017	-0.423	-1.31	0	0.02	-2.654	0.482	-0.765
7	0.041	0.678	-3.04	-0.446	-1.332	-0.022	0	-2.676	0.459	-0.787
8	2.717	3.354	-0.364	2.23	1.344	2.654	2.676	0	3.135	1.889
9	-0.418	0.218	-3.499	-0.905	-1.791	-0.482	-0.459	-3.135	0	-1.247
10	0.828	1.465	-2.252	0.341	-0.545	0.765	0.787	-1.889	1.247	0
Vsota	7.537	13.901	-23.272	2.667	-6.195	6.901	7.125	-19.635	11.718	-0.747

Vir: Lastno delo.

Tabela 9: Element 6 – spremljanje

Zaposleni	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0	-1.931	-1.986	0.07	-1.772	-2.526	-0.183	-1.814	-1.471	0.054
2	1.931	0	-0.055	2.001	0.158	-0.596	1.748	0.116	0.46	1.985
3	1.986	0.055	0	2.056	0.213	-0.54	1.803	0.171	0.515	2.04
4	-0.07	-2.001	-2.056	0	-1.843	-2.597	-0.253	-1.885	-1.541	-0.016
5	1.772	-0.158	-0.213	1.843	0	-0.754	1.59	-0.042	0.302	1.826
6	2.526	0.596	0.54	2.597	0.754	0	2.343	0.712	1.055	2.58
7	0.183	-1.748	-1.803	0.253	-1.59	-2.343	0	-1.632	-1.288	0.237
8	1.814	-0.116	-0.171	1.885	0.042	-0.712	1.632	0	0.344	1.868
9	1.471	-0.46	-0.515	1.541	-0.302	-1.055	1.288	-0.344	0	1.525
10	-0.054	-1.985	-2.04	0.016	-1.826	-2.58	-0.237	-1.868	-1.525	0
Vsota	11.559	-7.748	-8.299	12.262	-6.166	-13.703	9.731	-6.586	-3.149	12.099

Vir: Lastno delo.

Tabela 10: Element 7 – (za)sidranje

Zaposleni	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0	-1.085	-1.945	-0.098	-2.325	-2.554	0.015	-2.012	-0.726	0.127
2	1.085	0	-0.86	0.986	-1.24	-1.47	1.1	-0.927	0.359	1.212
3	1.945	0.86	0	1.846	-0.38	-0.61	1.96	-0.067	1.219	2.072
4	0.098	-0.986	-1.846	0	-2.227	-2.456	0.113	-1.914	-0.627	0.226
5	2.325	1.24	0.38	2.227	0	-0.229	2.34	0.313	1.599	2.459
6	2.554	1.47	0.61	2.456	0.229	0	2.569	0.542	1.829	2.682
7	-0.015	-1.1	-1.96	-0.113	-2.34	-2.569	0	-2.027	-0.741	0.112
8	2.012	0.927	0.067	1.914	-0.313	-0.452	2.027	0	1.286	2.139
9	0.726	-0.359	-1.219	0.627	-1.599	-1.829	0.741	-1.286	0	0.853
10	-0.127	-1.212	-2.072	-0.226	-2.452	-2.682	-0.112	-2.139	-0.853	0
Vsota	10.603	-0.245	-8.845	9.619	-12.647	-14.941	10.753	-9.517	3.345	11.875

Vir: Lastno delo.

Z razvojem modela FUTURE-O-DYN, to je računalniškega programa in pripadajočih računalniških ukaznih skript, smo uspeli kot prvič z uporabo pristopa simulacije molekulske dinamike preiskovati stanje organizacije tako, da lahko napovemo, kako se organizacija v času spreminja, kako hitro se uči in koliko je ta organizacija učeča se ali ne. Vhodni podatki za naše simulacije so pridobljeni iz anonimne ankete (anketo smo izvedli anonimno zato, ker želimo realne ocene stanja v organizaciji). Izhodni podatki iz naših simulacij pa so rezultati, ki povedo, kaj se v organizaciji dogaja glede na stanje sedmih lastnosti in sedmih elementov modela FUTURE-O®.

S tem pristopom lahko ugotovimo stanje, koliko je organizacija že učeča se, in napovemo v času, kako bo organizacija napredovala do učeče se organizacije. Z modeliranjem organizacije z uporabo molekularnega mrežnega pristopa smo razvili nov nelinearni model FUTURE-O-DYN, s katerim lahko simulacije učeče se organizacije v smislu organizacijskega razvoja začnemo kjerkoli glede na lastnosti oziroma elemente modela FUTURE-O®, kjer lastnosti predstavljajo karakteristike in elementi pomenijo dimenzijo konceptualnega modela.

SKLEP

Strokovnjaki na področju managementa in organizacije nenehno poudarjajo potrebo po organizacijskih spremembah, da organizacije vseh vrst ostanejo konkurenčne, pri čemer trdijo, da potrebe po spremembah vodijo zunanje in notranje okoliščine ter da je organizacijske spremembe treba skrbno načrtovati, pri čemer morajo biti spremembe in želeni rezultati jasno določeni.

Koncept učeče se organizacije predstavlja sodoben organizacijski koncept in je ena od strategij za popolno spremembo organizacije, ki ga je smiseln uporabiti za usmerjanje skozi spremembe, ki bodo organizaciji zagotovile preživetje in uspeh. Lahko bi trdili, da pojem učeče se organizacije menedžerjem in drugim zagotavlja predstavo o tem, kako bi se stvari v organizaciji lahko organizirale. Različni avtorji v model učeče se organizacije vnašajo številne zanimive razsežnosti, ki bi lahko bile osebno razvojne in bi lahko povečale organizacijsko učinkovitost, sploh kadar je organizacija trdno zakoreninjena v ekonomiji znanja.

Številni strokovnjaki in organizacije so prepoznali pomen organizacijskega učenja in pojem učenja organizacije, ki je v tem modelu osrednja točka. Prizadevali so si prepozнатi predloge ali idealne oblike, ki bi jih dejanske organizacije lahko posnemale. V tem smislu je učeča se organizacija ideal, do katerega se morajo organizacije razvijati, da se lahko hitro odzovejo na različne notranje in zunanje spremembe. Odlikuje ga spoznanje, da sta v organizaciji ključna individualno in kolektivno učenje, ki bosta pozitivno pripomogla k

uspehu organizacije. Torej je pomen preučevanja in izgradnje učečih se organizacij utemeljen in smiseln.

Koncept učeče se organizacije je popularizirala Sengejeva knjiga (Senge, 1990), ki je spodbudila razvoj na tem področju. Številni avtorji so uporabljali ta koncept pri raziskovanju organizacij in tudi razvijali svoje modele in pristope za obravnavo učečih se organizacij. Ta koncept je do sedaj že dosegel globalno priznanje kot potencialno močan pristop k izboljšanju organizacij in je še vedno predmet sodobnih raziskav na področju managementa in organizacije.

Tudi v Sloveniji so avtorji izgradili svoj model učeče se organizacije – FUTURE-O[®] model (Dimovski, Penger, Škerlavaj & Žnidaršič, 2005). Obstaja veliko zanimanje za to področje raziskav, kar vidimo iz številne sodobne literature, kjer v zadnjem času avtorji preučujejo, kaj učeča se organizacija je ter kaj učeča se organizacija ni (Örtenblad, 2018).

Široko zanimanje za tovrstne raziskave in njihovo sodobnost potrjuje tudi vsakoletno nagrajevanje najboljših učečih se organizacij, ki ga organizira revija *Elearning! Magazine* (2018), ki vsako leto izbere *The Top 100 Learning Organization*. V svojem 8-letnem delovanju je *Elearning!* za leto 2018 kot primer dobrih učečih se organizacij izbrala 100 organizacij, od katerih je bilo 60 firm in 40 organizacij javnega sektorja. Finalisti leta 2018 so bili med drugim *African Global Operations, Agilent Technologies, Amazon Web Svcs* v skupini korporacij in *American Heart Assoc, American Society of Assoc Executives, Canadian Marketing Assoc* v skupini javnega sektorja (*Elearning! Magazine*, 2018).

Prejšnja priznanja so med drugimi prejeli *Amazon, American Heart Association, Cisco, Khan Academy, NASA* in *Zappos* (*Elearning! Magazine*, 2018). Organizacija *Zappos* je podjetje, znano po svojih eksperimentih v organizacijskem načrtovanju, in je primer organizacije, ki je hierarhična (po področjih *Firm strategy* in *Personnel/performance management*), delno decentralizirana (po področjih *Work/resource allocation* in *Managing/monitoring work*) in popolnoma decentralizirana organizacija (po področjih *Work execution* in *Org/work design*) (Lee & Edmondson, 2017, str. 47).

Filozofija učeče se organizacije je, da vsi posamezniki in skupine na vseh ravneh organizacije prispevajo k njenemu uspehu, ker je vsak posameznik zavezан svoji viziji. Učeča se organizacija je mogoča, ker se posamezniki nenehno učijo. Za doseganje in ohranjanje uspeha se uveljavlja proces učenja. Učeča se organizacija aktivno spodbuja, olajšuje in nagrajuje skupno učenje. Pojma učeča se organizacija ne gre zamenjevati z organizacijskim učenjem in povezavo med organizacijsko strukturo in učenjem zaposlenih (Sitar & Škerlavaj, 2018; Sitar, Pahor & Škerlavaj 2018).

Učeča se organizacija opisuje organizacijo z idealnim učnim okoljem, ki je popolnoma usklajeno s cilji organizacije. Ljudje so ključni del učeče se organizacije, ker se dejansko

učijo le ljudje. Učeča se organizacija je organizacija učečih se ljudi. Podsistem ljudje vključuje zaposlene, menedžerje, vodje, time, stranke, poslovne partnerje in skupnost. Vsaka od teh skupin je dragocena za učečo se organizacijo in vse morajo imeti moč in zmožnost za učenje.

Pomembno je vedeti, da organizacija nikoli ni polno učeča se organizacija in je zato potrebna sprememba v učečo se organizacijo. Ta sprememba mora biti vedno neprekinjena tako kot učenje. Brez zaposlenih, ki se nenehno izboljšujejo, razvijajo in učijo, ne more biti učeče se organizacije. Hkrati pa je treba poudariti, da zaposleni, ki se učijo, še ne zagotavljajo, da je celotna organizacija učeča se organizacija, saj postane taka šele, ko posamezno znanje postane znanje organizacije.

Računalniško modeliranje se široko uporablja v naravoslovnih vedah, na primer za napovedovanje strukture proteinov ali vezave liganda na protein s simulacijo na osnovi sil, ki delujejo na vsak atom v molekuli znane sestave. Ta pristop se široko uporablja tudi v družboslovnih vedah, na primer za simulacije organizacij.

Tako imenovani "molekularni model" je novo napovedovalno orodje, ki zajema dinamično kompleksnost načinov, s katerimi se elementi organizacije medsebojno povezujejo in vplivajo drug na drugega. Računalniško modeliranje se lahko uporablja kot orodje za boljše razumevanje kompleksne dinamike organizacij in lahko prinese vpogled o dinamiki in omejitvah učečih se organizacij, ki bi ga bilo težko doseči z empiričnim delom.

Povzetek ugotovitev in prispevkov

V doktorski disertaciji smo razvili nov pristop simulacije za učeče se organizacije kot kombinacijo teorije za učeče se organizacije in računalniških simulacij, to je pristop molekularnega modeliranja, s katerim smo preučevali vlogo simulacij v teoriji učečih se organizacijah.

Na osnovi FUTURE-O[®] modela smo razvili nov model in računalniški program FUTURE-O-DYN na podlagi programov za simulacijo molekularne dinamike, ki smo ga vgradili v program CHARMM, tako da smo z uporabo njegovega PERT-modula izračunali vrednosti za spremembo proste energije (ΔG), ki v našem primeru predstavlja mero za učečnost v preučevani organizaciji po posameznih sedmih lastnostih modela FUTURE-O[®], ki predstavljajo karakteristike modela FUTURE-O-DYN in razliko v spremembri proste energije, izračunane iz termodinamski ciklov ($\Delta\Delta G$), ki v našem primeru predstavlja mero za učečnost v preučevani organizaciji po posameznih sedmih elementih modela FUTURE-O[®], ki predstavljajo dimenzijo modela FUTURE-O-DYN.

Glede na to, da je naša študija konceptualna, torej dokaz koncepta, smo zaradi enostavnosti privzeli, da je transformacijska *mix_matrix* matrika med lastnostmi modela, katerih

linearna kombinacija določa elemente modela, kar enotna matrika, to je matrika, v kateri imajo elementi na glavni diagonali vrednost 1, vsi ostali pa 0. To je v našem pristopu najenostavnnejši možen način, da se lastnosti kar neposredno ujemajo z elementi.

Zaradi fleksibilnosti modela FUTURE-O-DYN je možna tudi katera koli druga kombinacija med lastnostmi in elementi zaradi. Tak pristop je računsko razmeroma nezahteven, hkrati pa omogoča poljubne manipulacije med lastnostmi in elementi modela za učeče se organizacijo precej poljubne velikosti, ki jih lahko tudi selektivno vključimo ali izključimo iz modela.

Ta naš novo razviti model za simulacije učeče se organizacije na konceptualni ravni nudi vpogled v stanje v organizaciji in lahko napove njeno prihodnje stanje na tej osnovi. Z opisanim modelom smo obravnavali hipotetično organizacijo, sestavljeno iz dveh posameznikov, ker smo zanjo imeli definirane vrednosti za parametre polja sil. Ta pristop smo razširili na izbrano organizacijo, za katero smo vrednosti parametrov potencialne energijske funkcije dobili na osnovi vprašalnika.

Analiza rezultatov pokaže, da je z našo novo metodo možno simulirati učeče se organizacije, da so rezultati naših simulacij smiseln, ker se dobro ujemajo z eksperimentalnimi rezultati. Za izbrano organizacijo smo na osnovi naših simulacij predvideli, zakaj ni bila uspešna na trgu. Ker ni bila učeča se organizacija.

Navedene ugotovitve se skladajo s hipotezo, da je možno model FUTURE-O[®] dinamizirati ter kvantificirati in s pomočjo simulacije organizacije kot molekule z uporabo molekularno mrežnega pristopa napovedati, ali je organizacija učeča se ali ne, oziroma po kateri lastnosti ali elementu modela je takšna. Z našim novo razvitim pristopom lahko razložimo, kako interakcije med ljudmi vplivajo na lastnosti oziroma elemente modela FUTURE-O[®], s pomočjo katerih izračunamo njihovo vrednost in posledično napovemo stopnjo učečnosti se organizacije.

Molekularna dinamika in druge vrste simulacij so postale temeljni del znanosti o življenju. Simulacije so odvisne od številnih dejavnikov, kot so polja sile, začetne konfiguracije, simulacijski protokoli in programska oprema. Pri računalniških simulacijah v naravoslovnih vedah, na primer v kemiji, uporabljamo izračune kvantne teorije za izračun parametrov polja sil iz enačbe (2).

V našem primeru teh parametrov ne moremo pridobiti z uporabo fizikalne kvantne teorije, temveč lahko uporabimo eksperimentalno izmerjene podatke, iz katerih smo razvili parametre za energijsko potencialno funkcijo definirano z enačbo (2), iz primera dveh programerjev. Priloga 3 prikazuje naš predstavljen model z natančnim opisom določitve parametrov polja sil za izvedbo simulacij izbrane organizacije z modelom FUTURE-O-DYN. Na ta način smo opisali kvantitativne in kvalitativne povezave med posamezniki v

izbrani organizaciji po lastnostih in elementih modela FUTURE-O[®]. V principu je možno povezati ali izključiti vsakega z vsakim v poljubni izbrani organizaciji.

V doktorski disertaciji smo uporabili samo nevezne interakcije potencialnega polja sil, vendar je mogoče uporabiti vse člene v enačbi (2). Glede na naravo problema simulacije izbrane organizacije bi lahko vpeljali celo nove člene v potencialni funkciji. V doktorski disertaciji smo z namenom dokaza koncepta našega pristopa v tej fazi obravnavali vse zaposlene enakovredno, tako da se je lahko vsak povezal z vsakim. V prihodnje bi lahko razširili transformacijo povezav med lastnostmi in elementi modela FUTURE-O[®], namesto enotne matrike, na splošno transformacijsko matriko, ki bi prevedla 7-dimenzionalni sistem lastnosti v drug prav tako 7-dimenzionalni sistem elementov po modelu FUTURE-O[®]. Take splošne matrike še nismo razvili, ker jo je treba modelirati in ostaja kot izzik za prihodnje delo.

Izbor pristopa izračuna proste energije za določanje, ali je organizacija učeča se ali ne, ki smo ga uporabili v doktorski disertaciji, je primeren in praktičen, ker omogoča direktno primerjavo rezultatov za vsak model organizacije, ki jo simuliramo z modelom FUTURE-O-DYN. V doktorski disertaciji smo predstavili samo direkten postopek za izračun, ali je organizacija učeča se ali ne za izbrano organizacijo. Predstavili smo tudi pristop, kako lahko izračunamo prispevek vsakega posameznika k stanju, ali je organizacija učeča se ali ne, kar smo dodatno podkrepili še s primerjavami vsakega z vsakim.

Moč interpretacije rezultatov simulacije z uporabo proste energije nam omogoča, da izvedemo eksperiment za organizacijo in ga preizkusimo z modelom FUTURE-O-DYN. Vrednost proste energije, ki je večja od začetne, pomeni, da je naš predlog modela uspešen. Vrednost, ki je manjša od začetne, pa pomeni, da z našim pristopom z modelom FUTURE-O-DYN lahko ugotovimo z analizo po posameznih elementih modela FUTURE-O[®], v kateri smeri lahko iščemo izboljšave za izbrano organizacijo, da lahko postane bolj učeča se.

Z uporabo izračuna termodinamskih ciklov lahko enostavno odgovorimo na vprašanje, ali bo organizacija bolj ali manj učeča se z vključitvijo novega kandidata, za katerega smo prej izvedli ustrezni vprašalnik. Večja je vrednost proste energije, večja je verjetnost, da je organizacija učeča se, manjša je ta vrednost, manjša je tudi verjetnost, da je organizacija učeča se. To napoved lahko naredimo po vsakem od elementov modela FUTURE-O[®].

Razvoj modela FUTURE-O-DYN za simulacije učeče se organizacije z modelom FUTURE-O[®] je pomemben prispevek k teoriji obravnave učečih se organizacij in predstavlja popolnoma novo, do sedaj še neraziskano področje. Računalniški program za simulacijo učeče se organizacije, ki je bil razvit kot konceptualni pristop za prikaz simulacij na osnovi modela FUTURE-O-DYN, se je izkazal tudi kot praktično uporaben.

Na osnovi izvedenih simulacij je model FUTURE-O-DYN z uporabo modela FUTURE-O[®] za izbrano organizacijo napovedal, da le-ta ni učeča se organizacija in to zaradi napovedanih pomanjkljivosti, ki smo jih ugotovili s pomočjo simulacije po modelu FUTURE-O-DYN po lastnosti *učinkoviti* oziroma po elementu *okolje* in predvsem lastnosti *organizirani* oziroma po elementu *(za)sidranje*. Tako smo s pomočjo simulacij napovedali, da so zaposleni v tej organizaciji premalo organizirani in da je v njej premalo nenehnega učenja.

Teoretični prispevek

Mnogi raziskovalci na področju učečih se organizacij preučujejo glavne pojmovne komponente in bistvene značilnosti učeče se organizacije ter posvečajo veliko pozornosti načinu ali operacionalizaciji učeče se organizacije. To pomeni, da poskušajo najti metode, pripomočke in strategije za ustvarjanje bistvenih značilnosti učeče se organizacije. Še vedno je težko najti primer resnične učeče se organizacije. Zdi se, da še ni nobene organizacije, ki se tako dobro uči, da bi jo lahko imenovali popolnoma učeča se organizacija.

Učeča se organizacija zahteva, med drugim, komunikacijski sistem, ki je skoraj tako razvit kot živčni sistem živega organizma. Takšen sistem omogoča organizaciji takojšen, stalni in natančen odziv na okoljske spremembe, notranje ali zunanje. Tudi najboljše organizacije na svetu ne morejo ustrezati temu standardu. Človeške organizacije se bodo morale še dolgo razvijati, da bi lahko delovale in postale učeče se organizacije. Danes je večina organizacij, ki niso učeče se organizacije. Vendar pa obstaja nekaj uspešnih primerov "organizacijskega učenja", čeprav še ni popolnega primera učeče se organizacije.

Koncept učeče se organizacije je še vedno relativno nov. Čeprav so se številne ideje, konceptualni konstrukti, teoretične komponente in ilustracije pojavile skozi veliko študij, še vedno ni jasne teorije učeče se organizacije. Pomembno je, da organizacija postane učeča se organizacija, ker ji taka preobrazba ponuja dobre možnosti za razvoj in uspeh. Razvili smo grobo konceptualno arhitekturo za molekularne simulacije učeče se organizacije, vendar za to arhitekturo nismo prepričani, da imamo že vse potrebne zidake.

Na praktični ravni se morda srečujemo še z večjimi težavami. Še vedno nimamo prototipa učeče se organizacije, ki bi dejansko obstajala. To predstavlja velike težave pri raziskovanju učeče se organizacije. Razlog, zakaj biologija tako spodbuja teorijo sistemov, je, da je veliko povsem delajočih organskih teles skoraj povsod v naši bližini. Še vedno pa ni človeške družbene organizacije, ki deluje čudežno kot organsko telo. Raziskovalci učeče se organizacije so še vedno odvisni od svoje domišljije, konceptualne sinteze, hipotez in analogije. Toda vse te praktične težave ne ovirajo in ne naredijo manj zanimivega učenja učeče se organizacije. Mentalna podoba vseh možnosti, ki jih učeča se organizacija lahko prinese k izboljšanju človeške blaginje, je sama po sebi velika nagrada.

Metodološki prispevek

V pričajoči disertaciji smo predstavili novo razviti model FUTURE-O-DYN, ki razširja model FUTURE-O[®] na simulacijo dinamike učeče se organizacije ali katerega koli drugega sistema, vključno z uporabo računalniške tehnologije v izobraževalnem procesu, z uporabo teoretičnih metod molekularnega modeliranja, to je s pomočjo molekularnega mrežnega pristopa, ki se izvaja z uporabo računalniškega programa CHARMM.

Da lahko primerjamo izračunani napovedni mehanizem z eksperimentalnimi podatki, smo izbrali dobro definiran in skrbno zasnovan eksperiment s parom programerjev. Pokazali smo, da je mogoče določiti parametre polja sil, ki se v tem primeru natančno ujemajo z eksperimentalnimi podatki. Tako določeni parametri za simulacijo dvojice programerjev so nam služili kot primer za oblikovanje parametrov za simulacijo izbrane organizacije na osnovi ustreznega vprašalnika.

Z uvajanjem pristopa izračuna proste energije je korespondenca med rezultati računalniških simulacij in sedmimi lastnostmi modela FUTURE-O[®] natančna in enostavna za interpretacijo. Izbira pristopa izračuna proste energije, ki je sorazmerna s sedmimi lastnostmi posameznikov v modelu FUTURE-O[®], se izkaže za učinkovito. Formalizem, predstavljen v tem delu, je pripravljen za izvajanje simulacij katerekoli vrste organizacije, za katere lahko predvidimo sedem lastnosti, pod pogojem, da so na voljo parametri za polje sil. Nato lahko uporabimo te lastnosti in FUTURE-O-DYN model, da ugotovimo, ali je organizacija učeče se organizacija ali ne.

Naš novo razviti model FUTURE-O-DYN je uporaben za vse vrste učečih se organizacij, tako izobraževalnih, poslovnih kot korporativnih. Splošno je znano, da se visokošolske ustanove po vsem svetu želijo preoblikovati v prave učeče se organizacije. To lahko dosežemo s preusmeritvijo naših predstav o šolah od tistih, ki izvirajo iz birokratskih predpostavk, do tistih, ki bazirajo na predpostavkah, da lahko šole postanejo učeče se organizacije. Ta vprašanja so podrobneje obravnavana v knjigi (Schlechty, 2011). Naše raziskave ponujajo vpogled v opredelitev učeče se organizacije v visokošolskih zavodih, kot so univerze, z uporabo našega modela FUTURE-O-DYN, s katerim lahko preučujemo učeče se organizacije s pomočjo molekularnega mrežnega pristopa.

Po svojem vedenju smo v pričajočem delu prvič pokazali, da se molekularne simulacije lahko uporabljam za modeliranje preprostega primera učeče se organizacije, ki prikazuje dinamične spremembe organizacije in vsakega posameznika v organizaciji in ki temelji na sedmih lastnostih modela FUTURE-O[®]. Tak pristop smo utemeljili na enem primeru, vendar ponazarja pomemben problem (Janežič, Dimovski & Hodošček, 2018). Potencial za raziskave na področju obravnavne učečih se organizacij je še zelo velik in pričakujemo, da bo pričajoča doktorska disertacija v korist tako z akademskega kot s praktičnega managerskega vidika.

Omejitve raziskovanja in priporočila za bodoče raziskave

V doktorskem delu smo predstavili pristop molekulske simulacije v teoriji organizacije, ki temelji na obravnavi organizacije kot molekule in pokazali, da se molekulska simulacija lahko obravnava kot obetaven dodatni pristop raziskovanja na tem področju. Hkrati smo razpravljalni o potrebi po tesnejši povezavi med realnim in simulacijskim svetom ter poudarili pomen preverjanja simulacijskega modela.

V naslovu smo zapisali, da gre v doktorski disertaciji za modeliranje učeče se organizacije s pomočjo molekularno mrežnega pristopa, kar v našem primeru pomeni bolj molekularen kot mrežni pristop. V našem pristopu za modeliranje učeče se organizacije smo namreč za model predstavitev organizacije uporabili prispolobo molekule (skupine atomov), kjer so vsi atomi povezani med seboj, kot zaposleni v učeči se organizaciji. Na ta način smo generirali molekularno mrežno organizacijo, ki nam je služila kot model za dinamično obravnavo organizacije, kjer smo obravnavali povezavo vsakega zaposlenega z vsakim zaposlenim, torej so bili mrežni elementi ekvivalentni.

S tem smo se osredotočili na mrežo, ki izhaja iz odnosov med različnimi elementi. Zato lahko rečemo, da gre v našem primeru za bolj lokalni pristop k mrežnim strukturam, ker na tej stopnji razvoja svojega simulacijskega pristopa obravnavamo eno organizacijo kot eno molekulo, to je kot eno mrežno strukturo. Globalne molekularne mreže v splošnem obravnavajo skupke večjega števila molekul in raznolike molekularne sisteme, sestavljene na primer iz ogljikovodikov in proteinov znotraj celic, ki medsebojno interagirajo.

V teoriji organizacije in managementa se veliko uporabljam pristopi analize socialnih mrež, kjer gre za globalni pristop k mrežni obravnavi organizacije, ker upoštevajo znotraj- in med-organizacijske povezave. Raziskovalci poskušajo pojasniti nelinearno obnašanje organizacije in organizacijskih sistemov s preučevanjem interakcij med vozlišči, velikokrat imenovani akterji. Medsebojni odnosi med akterji so zelo pomembni pri analizi socialnih omrežij, saj ti vzorci določajo komunikacijske poti, ki prenašajo informacije med posamezniki, skupinami in organizacijami.

Analiza socialnih omrežij se osredotoča na podatke, ki izhajajo iz interakcij akterjev in ne podatkov iz neodvisnega vedenja akterjev. Metodologija socialnih omrežij služi kot orodje za reševanje problemov, kako socialne interakcije oblikujejo gospodarstva in organizacije. V analizi socialnih mrež je pomembna *mera centralnosti posameznega vozlišča*, ki daje vpogled v vlogo posameznika v mreži in povezave med vozlišči določajo mrežno strukturo. Mere v analizi socialnih mrež so še *struktturna enakost, analiza grozdov, strukturne luknje* in *analiza odprtosti posameznih skupin znotraj mreže* (Dimovski, Penger, Škerlavaj & Žnidaršič, 2005, str. 179). Teoretični pristopi pri obravnavi analize socialnih mrež so osnovani na matematični teoriji grafov in statističnih metodah ter na osnovi stohastičnih pristopov, ko obravnavajo dinamiko mrež, na primer simulacije Monte Carlo.

Naš pristop pa temelji na principih Newtonove mehanike, ki je oblikovala teorijsko razvojno in raziskovalno dejavnost tako v družboslovju kot tudi v naravoslovnih znanstvenih disciplinah. Svoje simulacije smo razvili na tej osnovi in dinamiko organizacije izvedli z uporabo determinističnih metod, to je simulacije molekulske dinamike. Po našem vedenju je to prvi poskus dinamične simulacije za modeliranje učeče se organizacije in je zato ta naš pristop še v povojuh in bo potrebnih veliko nadaljnjih raziskav za njegovo pospolitev in praktično uporabnost.

Čeprav je naša študija zagotovila verodostojne dokaze o zanesljivosti in veljavnosti konceptualnega okvira in njegovega ustreznega instrumenta raziskave, je treba opozoriti na več vprašanj in omejitev. Prvič, študija temelji na eni preučevani organizaciji, ki temelji na znanju, zato bi nadaljnje potrjevanje z bolj raznoliko bazo organizacij okreplilo veljavnost našega novo razvitega pristopa in ugotovitev. Drugič, število anketirancev za izbrano organizacijo je bilo relativno majhno in nekateri morda niso predstavljeni celotnega kolektivnega mnenja organizacije. Sodelovanje večjega števila anketirancev bi bilo potrebno za nadaljnje povečanje zanesljivosti rezultatov.

Glavna metodološka omejitev našega dela je v tem, da nimamo eksperimentalnih podatkov za določitev splošnih parametrov energijske potencialne funkcije, definirane z enačbo (2). V doktorski disertaciji smo za zdaj upoštevali samo tiste člene v potencialni funkciji, za katere smo imeli eksperimentalne podatke iz primera parov programerjev in s pomočjo katerih smo lahko določili območje parametrov, to je vrednosti nabojev q , ki smo jih uporabili v simulacijah za izračun proste energije.

Sčasoma bi bilo zanimivo še razširiti validacijo našega novo razvitega instrumenta na druge industrije, da bi ugotovili, ali učeče se organizacije dejansko vplivajo na uspešnost organizacije, finančno in v smislu znanja. Za pospolitev naših ugotovitev bodo torej prihodnje raziskave morale preučiti različne organizacije različnih velikosti in tipov v različnih obravnavanih časovnih obdobjih razvoja organizacije (saj samo na osnovi opazovanja nekega sistema v različnih časovnih obdobjih lahko opazimo spremembo stanja), da bi preizkusili primernost uporabe našega novo razvitega modela in pristopa za simulacije učeče se organizacije in njegovo napovedno vrednost, ali je organizacija učeča se ali ne. Tako bi razvili boljše razumevanje učečih se organizacij iz evolucijskega okvira v različnih časovnih obdobjih in dosegli cilj našega raziskovanja, to je pojasniti načela, ki omogočajo razvoj organizacije v učečo se organizacijo.

V prihodnjih študijah bi bilo smiselno obravnavati izbrano organizacijo v daljšem časovnem obdobju, tako da bi sledili njenemu razvoju po času in bi primerjali izvedene vprašalnike v različnih časovnih obdobjih, na osnovi katerih bi izvedli primerjalne študije simulacij z modelom FUTURE-O-DYN. Tako bi lahko na praktičen način menedžerjem zagotovili niz pravil ali smernic, ki bi njihovim organizacijam omogočile, da se hitreje razvijajo v želenih smereh.

Na podlagi naših novo razvitetih pristopov, to je modela in računalniškega programa FUTURE-O-DYN, je možno razviti računalniški strežnik za simulacije učeče se organizacije, ki bi bil na voljo svetovni javnosti. To sicer zahteva veliko naporov, vendar bi imelo napovedno vrednost za napovedovanje, ali je organizacija učeča se ali ne. Organizacije, ki jim uspeva postati učeča se organizacija, namreč bolje od drugih uspevajo v vseh pogledih konkurenčnega boja.

Zaključek

V doktorski disertaciji smo razvili novo metodo za modeliranje učeče se organizacije s pomočjo molekularnega mrežnega pristopa. Organizacijo smo modelirali kot molekulo, molekularno mrežni pristop pa razumeli kot potrebo po aktivnem integriranem sodelovanju vseh zaposlenih. Naš novo razviti pristop omogoča povezovanje sicer drugače nepovezanih področij raziskav, to je teorijo organizacije in managementa s pristopi molekularnega modeliranja.

Kot dokaz koncepta smo svoj novo razviti pristop najprej uporabili za modeliranje dveh računalniških programerjev, ker smo imeli za ta primer na voljo izmerjene eksperimentalne rezultate obnašanja posameznikov v organizaciji, ki smo jih uporabili pri razvoju parametrov za energijsko potencialno funkcijo, na kateri so osnovane naše simulacije. Iz tako dobljenih parametrov smo določili parametre polja sil za večjo organizacijo, v našem primeru sestavljeni iz desetih zaposlenih. Ta primer smo uporabili za ilustracijo metode na izbrani organizaciji in dobili smiselne rezultate.

Na področju organizacijskih znanosti je po našem vedenju to do sedaj edina študija, ki uporablja take pristope iz naravoslovja za simulacije organizacij.

Naš raziskovalni model, predstavljen v doktorski disertaciji, prvič na svetovni ravni obravnava novi model FUTURE-O-DYN za modeliranje učeče se organizacije s pomočjo molekularnega mrežnega pristopa in smo kot prvi definirali mero za učečnost organizacije na osnovi analogije z molekulami z uporabo izračunov proste energije. S tem pristopom lahko ugotovimo stanje, koliko je organizacija že učeča in napovemo, kako bo organizacija napredovala do učeče se organizacije.

V našem modelu je prosta energija sorazmerna z vrednostmi sedmih elementov v modelu FUTURE-O[®]. Rezultati simulacije kažejo, da se izračunane proste energije z modelom FUTURE-O-DYN dobro ujemajo z eksperimentalno izmerjenimi vrednostmi. Opisani pristop je splošen in velja za vsako učečo se organizacijo. Empirična potrditev našega modela na izbrani organizaciji pa sporoča, da je modeliranje učeče se organizacije s pomočjo molekularnega mrežnega pristopa izvedljivo in uporabno v praksi.

LITERATURA IN VIRI

1. Abu-Tineh, A. M. (2011). Exploring the relationship between organizational learning and career resilience among faculty members at Qatar University. *International Journal of Educational Management*, 25, 635–650.
2. Adner, R. & Levinthal, D. (2001). Demand Heterogeneity and Technology Evolution: Implications for Product and Process Innovation. *Management Science*, 47(5), 611–628.
3. Al-Jawazneh B. E. & Al-Awadheh, W. M. (2011). Measuring the Degree of the Presence of Learning Organization Dimensions at the Branches of Commercial Banks in the Governorate of Almafraq-Jordan. *International Journal of Business & Management*, 6(11), 27–39.
4. Allen, M. P. & Tildesley, D. J. (1989). *Computer simulation of liquids*. Oxford: Oxford University Press.
5. Allinger, N. L., Miller, M. A., Chow, L. W., Ford, R. A., Graham, J. C. & Amer, J. (1965). The calculated hydrocarbons. *Journal of American Chemical Society*, 87(15), 3430–3435.
6. Al-Qutop, M. A. Y., Futa, S. M. & Ma'ani, A. I. (2011). The Relationship between Learning Facilitators and Transforming into a Learning Organization: An Empirical Study of the Insurance Sector in Jordan. *International Journal of Business & Management*, 4(3), 211–220.
7. Amagoh, F. (2008). Perspectives on organizational change: systems and complexity theories. *The Innovation Journal: The public sector innovation journal*, 13(3), 1–14.
8. Andersson, L. & Pan Fagerlin, W. (2011). *Barriers to organizational learning: a case study of a change project*. (Paper presented at Conference for Organizational Learning, Knowledge and Capabilities). Lund: Lund University Publications.
9. Argyris, C. & Schön, D. (1978). *Organisational learning: A theory of action perspective*, Reading, MA: Addison Wesley.
10. Argyris, C. & Schön, D. A. (1996). *Organizational learning II*. Reading, MA: Addison Wesley.
11. Armstrong, M. (2006). *A Handbook of Human Resource Management Practice* (10th edition). London: Kogan Page Publishing.
12. Ashworth, P. (2003). The origins of qualitative psychology. V J. A. Smith (ur.), *Qualitative psychology: A Practical guide to research methods* (str. 4–24). London: Sage.
13. Azmi, F. (2008). Organizational learning: Crafting a strategic framework. *Journal of Business Strategy*, 5(2), 58–70.
14. Babič, K., Černe, M., Škerlavaj& Zhang, P. (2018). The Interplay among Prosocial Motivation, Cultural Tightness, and Uncertainty Avoidance in Predicting Knowledge Hiding. *Economic and Business Review*, 20(3), 395–422.
15. Bagla, J. (2002). TreePM: A code for cosmological N-body simulations. *Journal of Astrophysics and Astronomy*, 23(3–4), 185–196.

16. Bajorath, J. (2002). Integration of virtual and high-throughput screening. *Nature Reviews Drug Discovery* 1(11), 882–894.
17. Bakken, B., Gould, J. & Kim, D. (1991). *Experimentation in Learning Organizations: A Management Flight Simulator Approach. Working Paper SSWP-3247-91-BPS*. Cambridge: MIT Sloan School of Management.
18. Bartels, C. (2000). Analyzing biased Monte Carlo and molecular dynamic simulations. *Chemical Physics Letters*, 331, 446–454.
19. Bashford, D. & Case, D. A. (2000). Generalized Born models of macromolecular solvation effects. *Annual Review of Physical Chemistry*, 51, 129–152.
20. Bass, B. M. (2000). The future of leadership in learning organizations. *Journal of Leadership Studies*, 7(3), 18–40.
21. Batistič, S. & Kaše, R. (2016). Idea implementation as a relational phenomenon: a social network perspective. V M. Škerlavaj, M. Černe, A. Dysvik & A. Carlsen (ur.), *Capitalizing on Creativity at Work: Fostering the Implementation of Creative Ideas in Organizations* (str. 165–177). Cheltenham; Northampton: Edward Elgar.
22. Becker, O. M., MacKerell, A. D., Jr., Roux, B. & Watanabe, M., eds. (2001). *Computational Biochemistry and Biophysics*. Marcel Dekker: New York and Basel.
23. Bertoncelj, A., Meško, M., Naraločnik, A. & Nastav, B. (2011). *Trajnosten razvoj organizacije: ekonomski, družbeno-politični in ekološki vidiki*. Ljubljana: GV založba, Zbirka Manager.
24. Bharucha, N. (2015). Learning organizations: Shifting from teaching to learning. *International Journal of Multidisciplinary Research and Development*, 2(6), 115–118.
25. Bizjak, B. (2009, Januar). *Merjenje*. Pridobljeno 21. januarja 2019 iz <http://www2.arnes.si/~zbizja1/ms/pdf/Merjenje.pdf>
26. Bokeno, R. M. (2009). Marcuse on Senge: personal mastery, the child's mind, and individual transformation. *Journal of Organizational Change Management*, 22, 307–320.
27. Borštnik, U., Hodošček, M. & Janežič, D. (2004). Improving the performance of molecular dynamics simulations on parallel clusters. *Journal of Chemical Information and Computer Sciences*, 44(2), 359–364.
28. Bowen, W. M. & Schwartz, M. (2005). *The chief purpose of universities: academic discourse and the diversity of ideas*. Lewiston, NY: Edwin Mellen Press.
29. Blowfield, M. & Murray, A. (2008). *Corporate Responsibility: A Critical Introduction*. New York: Oxford University Press.
30. Brooks, B. R., Brucolieri, R. E., Olafson, B. D., States, D. J., Swaminathan, S. A. & Karplus, M. (1983). CHARMM: a program for macromolecular energy, minimization, and dynamics calculations. *Journal of Computational Chemistry*, 4(2), 187–217.
31. Brooks, B. R., Brooks, C. L., MacKerell, A. D., Jr., Nilsson, L., Petrella, R. J., Roux, B., Won, Y., Archontis, G., Bartels, C., Boresch, S., Caflisch, A., Caves, L., Cui, Q., Dinnter, A. R., Feig, M., Fischer, S., Gao, J., Hodošček, M., Im, W., Kuczera, K.,

- Lazaridis, T., Ma, J., Ovchinnikov, V., Paci, E., Pastor, R. W., Post, C. B., Pu, J. Z., Schaeffer, M., Tidor, B., Venable, R. M., Woodcock, H. L., Wu, X., Yang, D., York, M. & Karplus, M. (2009). CHARMM: the biomolecular simulation program. *Journal of Computational Chemistry*, 30(10), 1545–1614.
32. Brown, D. (1996). The “essences” of the fifth discipline: Or where does senge stand to view the world? *Systems Research* 13(2), 91–107.
 33. Brown, M. E. & Gioia, D. A. (2002). Making things click: Distributive leadership in an online division of an offline organization. *The Leadership Quarterly*, 13(4), 397–419.
 34. Bruckner, S. & Boresch, S. (2011). Efficiency of alchemical free energy simulations. I. A practical comparison of the exponential formula, thermodynamic integration, and Bennett’s acceptance ratio method. *Journal of Computational Chemistry*, 32(7), 1303–1319.
 35. Bruderer, E. & Singh, J. S. (1996). Organizational Evolution, Learning, and Selection: A Genetic-Algorithm-Based Model. *Academy of Management Journal*, 39(5), 1322–1349.
 36. Buck, M., Bouquet-Bonnet, S., Pastor, R. W. & MacKerell, A. D., Jr. (2006). Importance of the CMAP Correction to the CHARMM22 Protein Force Field: Dynamics of Hen Lysozyme. *Biophysical Journal*, 90, L36-L38.
 37. Bui, H. T. & Baruch, Y. (2010). Creating learning organizations in higher education: applying a systems perspective. *The Learning Organization*, 17(3), 228–242.
 38. Bui, H. T. & Baruch, Y. (2012). Learning organizations in higher education: An empirical evaluation within an international context. *Management Learning*, 43(5), 515–544.
 39. Burke, W. W. (2014). *Organization change: Theory and Practice*. Washington, DC: SAGE Publications, Inc.
 40. Caldwell, R. (2012). Systems Thinking, Organizational Change and Agency: A Practice Theory Critique of Senge’s Learning Organization. *Journal of Change Management*, 12, 145–164.
 41. Cameron, K. S. & Quinn, R. E. (2011). *Diagnosing and Changing Organizational Culture: Based on the Competing Values Framework* (3rd edition). San Francisco: Jossey-Bass.
 42. Carley, K. M. (2001). *Computational Organization Science: A New Frontier*. V Arthur M. Sackler Colloquium Series on Adaptive Agents, Intelligence and Emergent Human Organization: Capturing Complexity through Agent-Based Modeling, Irvine, CA, October 4-6, 2001, National Academy of Sciences Press 99.3: 7257–7262.
 43. Carley, K. M. (2003). Computational organizational science and organizational engineering. *Simulation Modelling Practice and Theory*, 10, 253–269.
 44. Chambers, J. M., Cleveland, W. S., Kleiner, B. & Tukey, P. A. (1983). *Graphical Methods for Data Analysis*. Bellmont: Wadsworth.
 45. Chang, T. M. & Dang, L. X. (2006). Recent advances in molecular simulations of ion solvation at liquid interfaces. *Chemical Reviews*, 106, 1305–1322.

46. Chang, S. C. & Lee, M. S. (2007). A study on relationship among leadership, organizational culture, the operation of learning organization and employees' job satisfaction. *The Learning Organization*, 14(2), 155–185.
47. CHARMM (brez datuma). *Chemistry at HARvard Macromolecular Mechanics*. Pridobljeno 1. novembra 2010 iz <https://www.charmm.org>
48. Chen, H. J. (2010). Linking employees'e-learning system use to their overall job outcomes: An empirical study based on the IS success model. *Computers & Education*, 55(4), 1628–1639.
49. Cheng, B., Wang, M., Moormann, J., Olaniran, B. A. & Chen, N.-S. (2012). The effects of organizational learning environment factors on e-learning acceptance. *Computers & Education*, 58(3), 885–899.
50. Chu, J. W., Trout, B. L. & Brooks, B. R. (2003). A Super-linear Minimization Scheme for the Nudged Elastic Band Method. *Journal of Chemical Physics*, 119, 12708–12717.
51. Cohen, D. & Prusak, L. (2001). *In Good Company. How social capital makes organizations work*. Boston: Harvard Business School Press.
52. Cohen, M. D., March, J. G. & Olsen, J. P. (1972). A garbage can model of organizational choice. *Administrative Science Quarterly*, 17, 1–25.
53. Colfax, R. S., Santos, A. T. & Diego, J. (2009). Virtual leadership: A green possibility in critical times but can it really work? *Journal of International Business Research*, 8(2), 133-140.
54. Cornell, W. D., Cieplak, P., Bayly, C. I., Gould, I. R., Merz, K. M. Jr, Ferguson, D. M., Spellmeyer, D. C., Fox, T., Caldwell, J. W. & Kollman, P. A. (1995). A second generation force field for the simulation of proteins, nucleic acids, and organic molecules. *Journal of American Chemical Society*, 117(19), 5179–5197.
55. Cournia, Z., Allen, B. & Sherman, W. (2017). Relative Binding Free Energy Calculations in Drug Discovery: Recent Advances and Practical Considerations. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 57(12), 2911–2937.
56. Courser, M. & Lavrakas, J. P. (2012). Item-Nonresponse and the 10-Point Response Scale in Telephone Surveys. *Survey Practice*, 5(4), 1–9.
57. Cronbach, L. J. (1951). Coefficient alpha and the internal structure of tests. *Psychometrika*, 16, 297–334.
58. Crossan, M. M., Lane, H. W. & White, R. E. (1999). An Organizational Learning Framework: From Intuition to Institution. *Academy of Management Review*, 24, 522–537.
59. Černe, M., Dimovski, V., Marič, M., Penger, S. & Škerlavaj, M. (2014). Congruence of leader self-perceptions and follower perceptions of authentic leadership: understanding what authentic leadership is and how it enhances employees' job satisfaction. *Australian Journal of Management*, 39(3), 453–471.
60. Daft, R. L. (2012). *New Era of Management* (10. izdaja). South-Western: Cengage Learning.

61. Das, D., Eurenius, K. P., Billings, E. M., Sherwood, P., Chatfield, D. C., Hodošček, M. & Brooks, B. R. (2002). Optimization of quantum mechanical molecular mechanical partitioning schemes: Gaussian delocalization of molecular mechanical charges and the double link atom method. *Journal of Chemical Physics*, 117, 10534–10547.
62. Davenport, T. H. (1998). *Working Knowledge: How Organizations Manage What They Know*. Boston: Harvard Business School Press.
63. Davis, J. P., Eisenhardt, K. M. & Bingham B. C. (2007). Developing theory through simulation methods. *Academy of Management Review* 32(2), 480–499.
64. Deng, Z. & Roux, B. (2004). Hydration of Amino Acid Side Chains: Nonpolar and Electrostatic Contributions Calculated from Staged Molecular Dynamics Free Energy Simulations with Explicit Water Molecules. *Journal of Physical Chemistry B*, 108(42), 16567–16576.
65. De Villiers, W. A. (2008). The Learning Organisation: Validating A Measuring Instrument. *Journal of Applied Business Research*, 24, 11–22.
66. Di Bella, A. & Nevis, C. E. (1998). *How Organizations Learn?* San Francisco: Jossey-Bass Publishers.
67. Dimovski, V., Penger, S. & Žnidaršič, J. (2003). *Sodobni management*. Ljubljana: Ekonomsko fakulteta.
68. Dimovski, V. & Penger, S. (2004). Učeča se organizacija: Transformacija k horizontalni strukturi v dobi ekonomije znanja. *Teorija in Praksa*, 41.
69. Dimovski, V. & Škerlavaj, M. (2004). Organizational learning and information communication technologies. A promising link. *Journal of Economics and Business*, 22(1), 7–21.
70. Dimovski, V., Penger, S., Škerlavaj, M. & Žnidaršič, J. (2005). *Učeča se organizacija. Ustvarite podjetje znanja*. Založba GV.
71. Dimovski, V., Černe, M., Penger, S., Škerlavaj, M. & Marič, M. (2011). Razvoj modela avtentičnega vodenja in empirična preverba. *Organizacija*, 44(1), A11–A22.
72. Dimovski, V., Hodošček, M. & Janežič, M. (2011). *Organization as molecule: modeling organizations using the molecular framework*. V Ferjan, Marko (ur.), Kljajić Borštnar, Mirjana (ur.), Pucihar, Andreja (ur.). Organizacija prihodnosti, Kranj: *Modernej organizacija*, str. 1652–1656.
73. Dimovski, V., Janežič, M., Uršič, I. & Hodošček, M. (2012). Molecular interaction framework approach for modeling a learning organization. *International Journal of Multidisciplinary Thought*, 2(2), 97–103.
74. Dixon, N. (1994). *The Organizational Learning Cycle. How we can learn collectively*. London: McGraw-Hill.
75. Dooley, K., Corman, S., and McPhee, R. (2002). A knowledge directory for identifying experts and areas of expertise. *Human Systems Management*, 21(4), 217–228.
76. Driver, M. (2002). The learning organization: Foucauldian gloom or Utopian sunshine? *Human Relations*, 55, 33–53.

77. Easterby-Smith, M., Crossan, M. & Nicolini, D. (2000). Organizational Learning: Debates Past, Present And Future. *Journal of Management Studies*, 37, 783–796.
78. Elearning! Magazine (2018). *Learning! 100 Award Finalists Revealed*. Pridobljeno 12. decembra 2018 iz <https://www.2elearning.com/news/top-stories/item/57045-learning-100-award-finalists-revealed>
79. Faubert, B. (2012). A Literature Review of School Practices to Overcome School Failure. *OECD Education Working Papers*, No. 68, OECD Publishing. <http://dx.doi.org/10.1787/5k9flcwwv9tk-en>
80. Finger, M. & Brand, S. B. (1999). *The concept of the “learning organization” applied to the transformation of the public sector*. V Easterby-Smith, M., Araujo, L. & Burgoyne, J. (ur.) *Organizational Learning and the Learning Organization*, London: Sage.
81. Fiol, C. M. & Lyles, A. M. (1985). Organizational Learning. *The Academy of Management Review*, 10(4), 803–813.
82. Foloppe, N. & MacKerell, A. D., Jr. (2000). All-atom empirical force field for nucleic acids: I. Parameter optimization based on small molecule and condensed phase macromolecular target data. *Journal of Computational Chemistry*, 21, 86–104.
83. Foo, C. T. (2011). An emerging paradigm in confronting the rise of an innovative China. *Chinese Management Studies*, 5(1), 10–19.
84. Forrester, J. W. (1961). *Industrial dynamics*. Cambridge, MA: MIT Press.
85. Frank, O. & Strauss, D. (1986). Markov Graphs. *Journal of the American Statistical Association* 81, 832–834.
86. Fullan, M. (2011), *Change Leader: Learning to Do What Matters Most*. Jossey-Bass, San Francisco.
87. Fullan, M. (2015), *The New Meaning of Educational Change* (5th edition). London: Routledge.
88. Gardner, H. (2010). *Razsežnosti uma: Teorija o več inteligencah*. Ljubljana: Založba Tangram.
89. Garvin, D. A. (1985). Building a learning organization. *Org Dev & Trng*, 6E (Iae), 274.
90. Garvin, D. A. (1993). *Building a Learning Organization*. Boston: Harvard Business Review.
91. Garvin, D. A. (2000). *Learning in Action. A guide to putting the learning organization to work*. Boston, Mass.: Harvard Business School Press.
92. Gelin, B. R. (1976). *Application of Empirical Energy Functions to Conformational Problems in Biochemical Systems* (doktorska disertacija). Boston: Harvard University.
93. Gilbert, N. & Klaus G. Troitzsch, K. G. (2005). *Simulation for the Social Scientist* (2nd edition). London: Open University Press.
94. Gilley, J. W. & Maybunich, A. (2000). *Beyond the Learning Organization. Creating a culture of continuous growth and development through state-of-the-art human resource practices*. Cambridge, Mass.: Perseus Books.

95. Giles, C. & Hargreaves, A. (2006). The Sustainability of Innovative Schools as Learning Organizations and Professional Learning Communities During Standardized Reform. *Educational Administration Quarterly*, 42(1), 124–156.
96. Richard L. Gorsuch, R. L. (1983). *Factor Analysis* (2nd edition). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
97. Grieves, J. (2008). Why we should abandon the idea of the learning organization. *Learning Organization*, 15, 463–473.
98. Hansen, M. T., Nohria, N. & Tierney, T. (1999). What's your strategy for managing knowledge. *The Knowledge Management Yearbook 2000–2001*, 1–10.
99. Harrison, J. R., Lin, Z., Carroll, R., G. & Carley, M., K. (2007). Simulation Modeling in Organizational and Management Research. *Academy of Management Review*, 32, 1229–1245.
100. Hassan, S.A., Guarnieri, F. & Mehler, E. L. (2000). A General Treatment of Solvent Effects Based on Screened Coulomb Potentials. *Journal of Chemical Physics*, 104, 6478.
101. Heermann, D. W. (1986). *Computer simulation methods in theoretical physics*. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag.
102. Helfrich, C. D., Li, Y.-F., Mohr, D. C., Meterko, M. & Sales, A. E. (2007). Assessing an organizational culture instrument based on the Competing Values Framework: Exploratory and confirmatory factor analyses. *Implementation Science*, 2, 13.
103. Henseler, J., Ringle, C. M. & Sarstedt, M. (2014). A new criterion for assessing discriminant validity in variance-based structural equation modeling. *Journal of the Academy of Marketing Science* 43(1), 115–135.
104. Hernaus, T., Škerlavaj, M. & Dimovski, V. (2008). Relationship between organisational learning and organizational performance. The case of Croatia. *Transformations in Business & Economics*, 7(2), 32–48.
105. Höchtl, P., Boresch, S., Bitomsky, W. & Steinhauser, O. (1998). Rationalization of the dielectric properties of common three-site water models in terms of their force field parameters. *Journal of Chemical Physics*, 109, 4927–4937.
106. Hodošček, M., Billings, E. M., Cheatham III, T. E. & Brooks, B. R. (2001). High Performance Computing in Biophysics: Recent Experiences and Developments of Charmm. V T. Ebisuzaki & J. Makino (eds), *New Horizons of Computational Science* (str. 143–152). Dordrecht: Springer.
107. Homer, B. D., Plass, J. L., Raffaele, C. & Ober, M. T. (2018). Improving high school students' executive functions through digital game play. *Computers & Education*, 117, 50–58.
108. Hu, J., Ma, A. & Dinner, A. R. (2006). Monte Carlo simulations of biomolecules: The MC module in CHARMM. *Journal of Computational Chemistry*, 27, 203–216.
109. Humphrey, W., Dalke, A. & Schulten, K. (1996). VMD: Visual molecular dynamics. *Journal of Molecular Graphics*, 14, 33–38.
110. Hunter, D. J. (2007). Matplotlib: A 2D Graphics Environment. *Computing in Science & Engineering*, 9(3), 90–95.

111. Im, W., Berneche, S. & Roux, B. (2001). Generalized solvent boundary potentials for computer simulations. *Journal of Chemical Physics*, 114, 2924–2937.
112. Ipe, M. (2003). Knowledge sharing in organizations: A conceptual framework. *Human Resource Development Review*, 2(4), 337–359.
113. Jamali, D. (2006). Insights into triple bottom line integration from a learning organization perspective. *Business Process Management Journal*, 12(6), 809–821.
114. Janežič, D., Hodošček, M. & Ugi, I. (2002). The simultaneous [alpha]-addition of a cation and an anion onto an isocyanide. *Internet Electronic Journal of Molecular Design*, 1(6), 293–299.
115. Janežič, D., Boršnik, U., Praprotnik, M., Penca, M., Janežič, M. & Poljanec, K. (2012). Recent algorithmic development of parallel force decomposition and Hamiltonian splitting methods for macromolecular simulation. *AIP conference proceedings*, 1504(1), 936–938.
116. Janežič, M., Dimovski, V., Hodošček, M. & Uršič, I. (2013a). Future-O-Dyn Model for Modeling A Learning Organization. V Proceedings of 20th International Business Research Conference 4–5 April 2013, Dubai, UAE. Australia: *World Business Institute Australia*, 2013, 1–6.
117. Janežič, M., Dimovski, V., Hodošček, M. & Uršič, I. (2013b). Future-O-Dyn Model for Organization's modeling. *Lecture Notes in Management Science*, 15&16, 592–595.
118. Janežič, M., Dimovski, V. & Hodošček, M. (2018). Modeling a learning organization using a molecular network framework. *Computers & Education*, 118, 56–69.
119. Jiang, W., Hodošček, M. & Roux, B. (2009). Computation of absolute hydration and binding free energy with free energy perturbation distributed replica-exchange molecular dynamics. *Journal of Chemical Theory Computation*, 13(5), 2583–2588.
120. Johnson, K. W. (1993). The Learning Organization: What is It? Why Become One? *Navran Associates' Newsletter*. Pridobljeno 20. maja 2017 iz <http://www.moyak.com/papers/learning-organization.html>
121. Jorgensen, W. L., Chandrasekhar, J., Madura, J. D., Impey, R. W. & Klein, M. L. (1983). Comparison of Simple Potential Functions for Simulating Liquid Water. *Journal of Chemical Physics*, 79, 926–935.
122. Jorgensen, W. L. & Tirado-Rives, J. (1996). Monte Carlo vs molecular dynamics for conformational sampling. *Journal of Physical Chemistry*, 100, 14508–14513.
123. Jucevičienė, P. & Leonavičienė, R. (2007). The change of human resource development concepts in the process of becoming a learning organisation. *Economics & Management*, 12, 569–575.
124. Kaminska, R. & Stefano Borzillo, S. (2018). Challenges to the learning organization in the context of generational diversity and social networks. *The Learning Organization*, 25(2), 92–101.
125. Karpen, M. E., Tobias, D. J. & Brooks, C. L., III (1993). Statistical clustering techniques for the analysis of long molecular dynamics trajectories: analysis of 2.2-ns trajectories of YPGDV. *Biochemistry*, 32, 412–420.

126. Karplus, M. (2002). *Molecular Dynamics Simulations of Biomolecules*. (Editorial). *Accounts of Chemical Research*, 35(6), 321–323.
127. Karplus, M. & McCammon, J. A. (2002). Molecular Dynamics Simulations of Biomolecules. *Nature Structural Biology*, 9(9), 646–652.
128. Karplus, M. & Kuriyan, J. (2005). Molecular dynamics and protein function. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 102, 6679–6685.
129. Kaše, R., Paauwe, J. & Zupan, N. (2009). HR practices, interpersonal relations, and intrafirm knowledge transfer in knowledge-intensive firms: a social network perspective. *Human Resource Management*, 48(4), 615–639.
130. Kenny, J. (2006). Strategy and the learning organization: a maturity model for the formation of strategy. *The Learning Organization*, 13(4), 353–368.
131. Kekole, V. (1976). Sistemi, sistemska teorija in modeli. *Geografski vestnik, Ljubljana*, XLVIII, 159–168.
132. Kerka, S. (1995). *The learning organization: myths and realities*. Columbus, OH: Eric Clearinghouse.
133. Khasawneh, S. (2011). Learning Organization Disciplines in Higher Education Institutions: An Approach to Human Resource Development in Jordan. *Innovative Higher Education*, 36, 273–285.
134. Kidwell, J. J., Vander Linde, K. M. & Johnson, S. L. (2000). Applying Corporate Knowledge Management Practices in Higher Education. *Educause Quarterly*, 23, 28–33.
135. Konc, J., Hodošček, M., Ogrizek, M., Trykowska Konc, J. & Janežič, D. (2013). Structure-based function prediction of uncharacterized protein using binding sites comparison. *PLoS Computational Biology*, 9(11), e1003341-1-e1003341-9.
136. Kools, M. & Stoll, L. (2016). *What Makes a School a Learning Organisation?* OECD Education Working Papers, OECD Publishing, Paris, No. 137. Pridobljeno 10. septembra 2017 iz <http://dx.doi.org/10.1787/5jlwm62b3vh-en>
137. Koukoutsas, J. (2015). *A Contingency framework model for organisational learning*. The 16th international Conference on HRD Research and Practice across Europe. Cork, Ireland: Cork University Press.
138. Kriz, W. C. (2003). Creating Effective Learning Environments and Learning Organizations through Gaming Simulation. *Simulation Gaming*, 34, 495–511.
139. Kuijpers, B. S., Higgs, M., Kickert, W., Tummers, L., Grandia, J. & van der Voet, J. (2014). Managing change in public organizations: A review of the literature between 2000 and 2010. *Public Administration*, 92(1), 1–20.
140. Leach, A. R. (2001). *Molecular modelling: principles and applications* (2nd edition). London: Pearson.
141. Lee, Y., Hodošček, M. & Chun, J. H. (2010). Conformational structure and energetics of 2-methylphenyl(2'-methoxyphenyl)iodonium chloride:evidence for solution clusters. *Chemistry*, 16(34), 10418-10423.

142. Lee, Y. M. & Edmondson, C. A. (2017). Self-managing organizations: Exploring the limits of less-hierarchical organizing. *Research in Organizational Behavior*, 37, 35–58.
143. Leelananda, S. P. & Lindert, S. (2016). Computational methods in drug discovery. *Beilstein Journal of Organic Chemistry*, 12, 2694–2718.
144. Likert, R. (1932). A Technique for the Measurement of Attitudes. *Archives of Psychology*, 140, 1–55.
145. Lifson, S. & A. Warshel, A. (1968). Consistent Force Field for Calculations of Conformations, Vibrational Spectra, and Enthalpies of Cycloalkane and n-Alkane Molecules. *Journal of Chemical Physics*, 49, 5116.
146. Lomi, A. & Larsen, E. R. (2001). *Introduction*. In A. Lomi & E. R. Larsen (eds.) *Dynamics of organizational societies: Information, structure, and computation*: 3-34. Menlo Park, CA: American Association for Artificial Intelligence.
147. Lu, X. A. (2004). Surveying the Concept of the Learning Organization. *E-Journal of Organizational Learning and Leadership*, 3(2), Fall & Winter 2004, <http://www.leadingtoday.org/weleadinlearning/xaoct04.htm>
148. Lopes, P. E. M., Guvench, O. & MacKerell, A. D., Jr. (2015). Current Status of Protein Force Fields for Molecular Dynamics. V Kukol A. (eds.), *Molecular Modeling of Proteins. Methods in Molecular Biology (Methods and Protocols)*, vol. 1215. New York, NY: Humana Press.
149. Lui, K. M. & Chan, K. C. (2006). Pair programming productivity: Novice–novice vs. expert–expert. *International Journal of Human-Computer Studies*, 64(9), 915–925.
150. March, J. G. (1991). Exploration and exploitation in organizational learning. *Organization Science*, 2, 71–87.
151. Mark, P. & Nilsson, L. (2001). Structure and Dynamics of the TIP3P, SPC and SPC/E Water Models at 298K. *Journal of Physical Chemistry A*, 105, 9954–9960.
152. Marshall, C. & Rossman, G. B. (2011). *Designing Qualitative Research* (5. izdaja). Thousand Oaks: SAGE Publications, Inc.
153. Marshall, J., Smith, S. & Buxton, S. (2009). Learning organisations and organisational learning: What have we learned? Part 1. *Management Services*, 53, 36–44.
154. Marquardt, M. J. (1996). *Building the Learning Organization: A systems Approach to Quantum Improvement and Global Success*. New York: McGraw-Hill.
155. Marsick, V. J. (2013). The Dimensions of a Learning Organization Questionnaire (DLOQ) Introduction to the Special Issue Examining DLOQ Use Over a Decade. *Advances in Developing Human Resources*, 15, 127–132.
156. Marsick, V. J. & Watkins, K. E. (1999). *Facilitating learning organizations: Making learning count*. Brookfield, VT: Grower Publishing Limited.
157. Marsick, V. J. & Watkins, K. E. (2001). Informal and incidental learning. *New Directions for Adult & Continuing Education*, 2001, 25–34.
158. Martineau, J. W. & Patterson, T. E. (2010). Evaluating Leader Development. V E. van Velsor, C. D. McCauley & M. N. Ruderman (ur.), *The Center for Creative*

- Leadership Handbook of Leadership Development* (3. izdaja). San Francisco: Jossey-Bass, str. 251-281.
159. Matplotlib (brez datuma). *The documentation for Matplotlib*. Pridobljeno 1. novembra 2010 iz <https://matplotlib.org>
 160. Mayer, J. (2002). *Od organizacije, ki dela, prek organizacije, ki se uči, do organizacije, ki ustvarja*. Organizacija, Maribor: Fakulteta za organizacijske vede.
 161. McCammon, J. A. & Harvey, S. C. (1987). *Dynamics of proteins and nucleic acids*. Cambridge: Cambridge University Press.
 162. McInerney, C. (2002). Knowledge management and the dynamic nature of knowledge. *Journal of the Association for Information Science and Technology*, 53(12), 1009–1018.
 163. Meyer, S., Simon, H. & Tilebein, M. (2009). *Applying Agent-Based Modeling to Integrate Bounded Rationality in Organizational Management Research*. Big Island, HI, USA: 42nd Hawaii International Conference on System Sciences.
 164. Metaxiotis, K. & Psarras, J. (2003). Applying knowledge management in higher education: The creation of a learning organisation. *Journal of Information & Knowledge Management*, 02, 353–359.
 165. Miller, B., Singh, R., Klauda, J., Hodošček, M., Brooks, B. R. & Woodcock. H. L. (2008). CHARMMing: a new, flexible web portal for CHARMM. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 9(4), 1920–1929.
 166. Milway, K. S. & Saxton, A. (2011). The Challenge of Organizational Learning. *Stanford Social Innovation Review*, 9, 44–49.
 167. Moos, R. H. (1997). Coping Responses Inventory: A measure of approach and avoidance coping skills. In C. P. Zalaquett & R. J. Wood (Eds.), *Evaluating stress: A book of resources* (str. 51–65). Lanham, MD, US: Scarecrow Education.
 168. Morecroft, J. D. W. & Sterman, J. D. (Editors). (2000). *Modeling for learning organizations*. System Dynamics Series.
 169. Morgan, G. (1998). *Images of Organization*. The Executive Edition. San Francisco: Barrett-Koehler Publishers, Inc.
 170. Nawrocki, J. & Wojciechowski, A. (2001). Experimental evaluation of pair programming. *European Software Control and Metrics (Escom)*, 99–101.
 171. Némethy, G. & H. Scheraga, H. (1965). Theoretical determination of sterically allowed conformations of a polypeptide chain by a computer method. *Biopolymers* 3, 155–184.
 172. OECD (2015). *Students, Computers and Learning: Making the Connection*. Paris: OECD Publishing. Pridobljeno iz <http://dx.doi.org/10.1787/9789264239555-en>
 173. OECD (2018). Policy implementation and evaluation: Learning from experience and evidence. In *Education Policy Outlook 2018: Putting Student Learning at the Centre*. Paris: OECD Publishing. Pridobljeno iz <https://doi.org/10.1787/9789264301528-10-en>
 174. O'Keeffe, T. (2002). Organizational Learning: a new perspective. *Journal of European Industrial Training*, 26(2), 130–141.

175. Örtenblad, A. (2002). A Typology of the Idea of Learning Organization. *Management Learning*, 33, 213–230.
176. Örtenblad, A. (2013). *Handbook of Research on the Learning Organization: Adaptation and Context* (1st edition). Cheltenham, UK: Edward Elgar Pub.
177. Örtenblad, A. (2018). What does “learning organization” mean?. *The Learning Organization*, 25(3), 150–158.
178. Owenby, P. H. (2002). Organizational learning communities and the dark side of the learning organization. *New Directions for Adult & Continuing Education*, 2002, 51–60.
179. Penger, S., Tekavčič, M., & Dimovski, V. (2008). Experiential Learning And Management Education: Empirical Research And Implications For Practice In Higher Education In Slovenia. *Journal of Business & Economics Research (JBER)*, 1(3), 25–44.
180. Penger, S., Žnidaršič, J. & Dimovski, V. (2011). Experiential Learning And Management Education: Empirical Research And Implications For Practice In Higher Education In Slovenia. *International Journal of Management & Information Systems*, 15(1), 23–34.
181. Pedler, M., Burgoyne, J. & Boydell, T. (1996). *The Learning Company. A strategy for sustainable development*. London: McGraw-Hill.
182. Phelps, R. & Hase, S. (2002). Complexity and action research: exploring the theoretical and methodological connection. *Educational Action Research*, 10, 507–524.
183. Phillips, B. T. (2003). A four-level learning organisation benchmark implementation model. *Learning Organization*, 10, 98–105.
184. Python (brez datuma). *The official home of the Python Programming Language*. Pridobljeno 1. novembra 2010 iz <https://www.python.org>
185. Repenning, N. P. (2002). A simulation-based approach to understanding the dynamics of innovation implementation. *Organization Science*, 13, 107–127.
186. Rowley, J. (2000). Is higher education ready for knowledge management? *International Journal of Educational Management*, 14, 325–333.
187. Sandler, S. I. & Woodcock, L. V. (2010). Historical Observations on Laws of Thermodynamics. *Journal of Chemical & Engineering Data*, 55 (10), 4485–4490.
188. Sastry, M. A. (1997). Problems and paradoxes in a model of punctuated organizational change. *Administrative Science Quarterly*, 42, 237–275.
189. Schlechty, P. C. (2011). *Leading for learning: How to transform schools into learning organizations*. John Wiley & Sons, Inc.
190. Schleicher, A. (2012). Ed., *Preparing Teachers and Developing School Leaders for the 21st Century: Lessons from around the World*. OECD Publishing.
191. Schlick, T. (2002). *Molecular modeling and simulation*. New York: Springer-Verlag.
192. Senge, P. M. (1990). *The fifth discipline: The art and practice of the learning organization*. London: Random House.

193. Senge, P. M. (1995). *Leading Learning Organizations*. Cambridge, MA: MIT Center for Organizational Learning Research Monograph.
194. Senge, P. M. (1996). Leading Learning Organizations. *Training & Development*, 50(12), 36–44.
195. Senge, P. M. (2006). *The Fifth Discipline: The Art & Practice of The Learning Organization*. Deckle: Edge.
196. Senge, P., Ross, R., Smith, B., Roberts, C. & Kleiner, A. (1994). *The Fifth Discipline Fieldbook: Strategies and Tools for Building a Learning Organization*. London: Paul Chapman Publishing.
197. Senge, P., Kleiner, A., Roberts, C., Ross, R., Roth, G., Smith, B. & Guman, E. C. (1999). *The dance of change: The challenges to sustaining momentum in learning organizations*. Wiley Online Library.
198. Senge, P., Cambron-McCabe, N., Lucas, T., Smith, B., Dutton, J. & Kleiner, A. (2000). *Schools That Learn. A Fifth Discipline Fieldbook for Educators, Parents, and Everyone Who Cares About Education*. New York: Doubleday/Currency.
199. Senge P. M., Cambron-McCabe, N., Lucas, T., Smith, B., Dutton, J. & Kleiner, A. (2012). *Schools That Learn (Updated and Revised): A Fifth Discipline Fieldbook for Educators, Parents, and Everyone Who Cares About Education*. New York: Crown Business,.
200. Sitar, A. S. & Škerlavaj, M. (2018). Learning-structure fit part I. Conceptualizing the relationship between organizational structure and employee learning. *The Learning Organization*, 25(5), 294–304.
201. Sitar, A. S., Pahor, M. & Škerlavaj, M. (2018). Learning-structure fit part II: Empirical examination of the relationship between employee learning and formalization, specialization and standardization of work. *The Learning Organization*, 25(6), 370–382.
202. Skalde, A. & Pont, B. (2013). *A literature review on the implementation of school improvement programmes: Common success factors and the role of context*. Paris: OECD.
203. Snijders, T. A. B. (2001). *The Statistical Evaluation of Social Network Dynamics*. V M. E. Sobel and M. P. Becker (eds.) *Sociological Methodology*, Boston: Blackwell, str. 361–395.
204. Snijders, T. A. B. (2002). Markov Chain Monte Carlo Estimation of Exponential Random Graph Models. *Journal of Social Structure* 3, 2–40.
205. Snijders, T. A. B., Pattison, P. E., Robins, G. L. & Handcock, M. S. (2006). New Specifications for Exponential Random Graph Models. *Sociological Methodology* 36, 95–153.
206. Song, J. H., Joo, B. K. & Chermack, T. J. (2009). The Dimensions of Learning Organization Questionnaire (DLOQ): A Validation Study in a Korean Context. *Human Resource Development Quarterly*, 20, 43–64.

207. Šala, M., Hodošček, M., Arulmozhiraja, S. & Fujii, T. (2009). Complete set of critical points on the C_{(sub)60}H_{(sup)+} potential energy surface. *Journal of Physical Chemistry A*, 113(13), 3223–3226.
208. Škerlavaj, M. & Dimovski, V. (2006a). Social network approach to organizational learning. *Journal of Applied Business Research*, 22(2), 89–97.
209. Škerlavaj, M. & Dimovski, V. (2006b). Influence of organizational learning on organizational performance from employee perspective: the case of Slovenia. *Management: Journal of Contemporary Management Issues*, 11(1), 75–90.
210. Škerlavaj, M. & Dimovski, V. (2007). Towards network perspective of intra-organizational learning: bridging the gap between acquisition and participation perspective. *Interdisciplinary Journal of Information Knowledge and Management*, 2, 43–58.
211. Škerlavaj, M., Štemberger, M. I., Škrinjar, R. & Dimovski, V. (2007). Organizational learning culture – the missing link between business process change and organizational performance. *International Journal of Production Economics*, 106(2), 346–367.
212. Škerlavaj, M., Dimovski, V. & Desouza, K. (2010). Patterns and structure of intra-organizational learning networks within a knowledge intensive organization. *Journal of Information Technology*, 25(2), 189–204.
213. Škerlavaj, M., Dimovski, V., Mrvar, A. & Pahor, M. (2010). Intra-organizational learning networks within knowledge-intensive learning environments. *Interactive Learning Environments*, 18(1), 39–63.
214. Solanki, M. R. (2013). Knowledge management in higher education. *International Journal for Research in Education*, 2, 33–35.
215. Smith, M. K. (2001). ‘Peter Senge and the learning organization’, the encyclopedia of informal education. Pridobljeno 5. oktobra 2018 iz <http://infed.org/mobi/peter-senge-and-the-learning-organization>
216. Sosna, M., Trevinyo-Rodríguez, R. N. & Velamuri, S. R. (2010). Business model innovation through trial-and-error learning: The Naturhouse case. *Long Range Planning*, 43(2), 383–407.
217. Toivonen, R., Onnela, J. P., Jari Saramaki, J., Hyvonen, J. & Kaski, K. (2006). A model for social networks. *Physica A*, 371, 851–860.
218. Van der Spoel, D., Lindahl, E., Hess, B., Groenhof, G., Mark, A. E., Berendsen, H. J. (2005). GROMACS: fast, flexible, and free. *Journal of Computational Chemistry*, 26(16), 1701–1718.
219. Van Gunsteren, W. F., Billeter, S. R., Eising, A. A., Hünenberger, P. H., Krüger, P., Mark, A. E., Scott, W. R. P. & Tironi, I. (1996). *Biomolecular Simulation: The GROMOS96 Manual and User Guide*. Vdf Hochschulverlag an der ETH Zürich, Zürich, Switzerland, p. II-30.
220. Van Maurik, J. (2001). *Writers on Leadership*. London: Penguin.

221. Vanommeslaeghe, K. & MacKerell, A. D., Jr. (2012). Automation of the CHARMM General Force Field (CGenFF) I: bond perception and atom typing. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 52(12), 3144–3154.
222. Vanommeslaeghe, K. & MacKerell, A. D., Jr. (2015). CHARMM additive and polarizable force fields for biophysics and computer-aided drug design. *Biochimica et Biophysica Acta*, 1850(5), 861–871.
223. Von Bertalanffy, L. (1934). Untersuchungen Über die Gesetzlichkeit des Wachstums: I. Teil: Allgemeine Grundlagen der Theorie; Mathematische und physiologische Gesetzmäßigkeiten des Wachstums bei Wassertieren. *Wilhelm Roux Arch Entwickl Mech Org.* 131(4), 613–652.
224. Von Bertalanffy, L. (1968). *General System Theory. Foundations, Development, Applications*. New York: George Brazillier Inc.
225. Vera, D. & Crossan, M. (2004). Strategic leadership and organizational learning. *Academy of Management Review*, 29(2), 222–240.
226. Watkins, K. & Marsick, V. (1992). Building the learning organization: a new role for human resource developers. *Studies in Continuing Education* 14(2), 115–129.
227. Watkins, K. & Marsick, V. (ur.) (1993). *Sculpting the Learning Organization. Lessons in the art and science of systematic change*. San Francisco: Jossey-Bass.
228. White, J. & Weathersby, R. (2005). Can universities become true learning organizations? *The Learning Organization*, 12(3), 292–298.
229. Wilhelm W. (2017, February 22). What Are Learning Organizations, and What Do They Really Do? *Chief Learning Officer Magazine*. Pridobljeno 10. novembra 2018 iz <https://www.chieflearningofficer.com/2017/02/22/37471/>
230. Wikipedia (brez datuma). *Comparison of software for molecular mechanics modeling*. Pridobljeno 10. septembra 2018 iz https://en.wikipedia.org/wiki/Comparison_of_software_for_molecular_mechanics_modelling
231. Woodcock, H. L., Hodošček, M., Gilbert, A. T. B., Gill, P. M. W., Schaefer, H. F. & Brooks, B. R. (2007). Interfacing Q-Chem and CHARMM to perform QM/MM reaction path calculations. *Journal of Computational Chemistry*, 28(9), 1485–1502.
232. Woodcock, H. L., Miller, B. T., Hodošček, M., Okur, A., Larkin, J. D., Ponder, J. W. & Brooks, B. R. (2011). MSCALE: a general utility for multiscale modeling. *Journal of Chemical Theory and Computation*, 7(4), 1208–1219.
233. Yang, B., Watkins, K. E. & Marsick, V. J. (2004). The construct of the learning organization: Dimensions, measurement, and validation. *Human Resource Development Quarterly*, 15, 31–55.
234. Zagoršek, H., Dimovski, V. & Škerlavaj, M. (2009). Transactional and transformational leadership impacts on organizational learning. *Journal for East European Management Studies*, 14(2), 144–165.
235. Zietsma, C., Winn, M., Branzei, O. & Vertinsky, I. (2002). The War of the Woods: Facilitators and Impediments of Organizational Learning Processes. *British Journal of Management*, 13, S61.

PRILOGE

Priloga 1: Vhodni računalniški ukazni skripti za izračun proste energije za samostojnjega programerja

Sledeči CHARMM skript je direktni izpis iz programa CHARMM.

```
* Calculate free energy for solo programmer
* Program charmm can be downloaded (https://www.charmm.org) and run with this script.
* Please, see CHARMM manual for details about the commands used here!
*
* run this script as the following:
* charmm -i script_name -o output_free_energy ii=1.2519 if=0 ji=0.1 \
*         jf=0.1 ki=1 kf=1 t=300
*
! all variables are listed here so they can be controlled from
! the command line for the scripts??
! one can decide on which are the independent and which are fixed
!
set temp @t
set charg1 @ii
set charg2 @if
set eps1 -@ji
set eps2 -@jf
set rad1 @ki
set rad2 @kf
set mass1 16.0
set mass2 16.0

! end parameters, now use them:

read rtf card
* top
*
20 1
mass 1 o @mass1 ! 15.9994
mass 2 h @mass2 ! 1.008

resi o2 0.0
grou
atom o1 o @charg1
atom o2 o -@charg1
!bond o1 o2
```

```

! maybe used for other combinations of individuals
resi h2 0.0
grou
atom h1 h @charg2
atom h2 h -@charg2
!bond h1 h2

resi oh 0.0
group
atom o o -0.6
atom h h 0.6

end

read param card
* pars
*
! currently not used, but may be used in the future:
bond
o o 100.0 1.2
h h 500.0 0.8

nonbond nbxmod 5 atom cdiel fshift vatom vdistance vfswitch -
cutnb 14000.0 ctofnb 12000.0 ctonnb 10000.0 eps 1.0 e14fac 1.0 wmin 1.5
o 0.0 @eps1 @rad1
h 0.0 @eps2 @rad2

end

read sequ o2 1

generate ox first none last none

read coor card
* ox
*
2
1 1 O2 O1 0.0 0.0 -0.6 OX 1 0.0
2 1 O2 O2 0.0 0.0 0.6 OX 1 0.0

```

energy

mini abnr nstep 10000 nprint 100

print coor

!stop

pert

! go to another state:

scalar mass set @mass2 sele all end

scalar type set 2 sele all end

scalar charge set @charg2 sele type o1 end

scalar charge set -@charg2 sele type o2 end

energy lstart 0.0 lstop 1.0 lambda 1.0

open read card unit 88 name 100ls.punit

dyna verlet leap strt nstep 2100000 timestep 0.001 -

iprfrq 1000 ihtfrq 0 ieqfrq 500 ntrfrq 0 -

iuncrd -31 iseed 1 2 3 4 -

nprint 1000 nsavc 0 nsavv 0 -

firstt @temp finalt @temp teminc 30.0 wmin 1.0 -

iasors 0 iasvel 1 iscvel 0 ichecw 0 twindh 5.0 twindl -5.0 -

punit 88

quick 1 2

scalar mass show

scalar charge show

scalar type show

echo ?titot

open write card unit 1 name o2script.dat

write title unit 1

* ?titot

Priloga 2: Parametri in rezultati, uporabljeni v skriptu iz Priloga 1

Parametri in rezultati, uporabljeni v skriptu iz priloge 1. Izračunane rezultate za vrednosti proste energije odštejemo vrednost 2000, tako da so v skladu z negativnimi vrednostmi, ki ustrezajo enačbi (8) in ustreznimi parametri za naboje q za posamezne izračune. V vseh teh izračunih so van der Waalsovi parametri ($A_{ij} = 0,4$ in $B_{ij} = 0,4$), masa ($m = 16,0$) in temperatura ($T=27\text{ }^{\circ}\text{C}$) fiksno določeni.

Round 1.

Delta G	charge
solo -1610.56	1.2519
pair -1042.26	1.2519

Round 2.

Delta G	charge
solo -1742.91	1.0350
pair -1371.05	1.0350

Round 3.

Delta G	charge
solo -1785.01	0.9543
pair -1473.51	0.9543

Round 4.

Delta G	charge
solo -1896.54	0.6857
pair -1747.58	0.6857

Priloga 3: FUTURE-O-DYN program za simulacije učeće se organizacije

```
#! /usr/bin/python3

'''

Future-O-Dyn program for social science simulations.

This system is initially developed based on molecular dynamics
simulation programs, but it is using charmm as a "black box" engine to
obtain free energy difference between two states of the system.

It is developed from scratch.

Final license is not decided yet, but let's start with a usual license:

SPDX-License-Identifier: GPL-3.0+

'''

import sys, os, time, math, random

import newgrf, free_energy

'''

This is the MAIN section

'''

print("Future-O-Dyn system. Version 2.0")

'''

We start with the parameters obtained from the questionnaire by the
separate effort
One need to develop the questionnaire according to the properties in the
Future-O
model and then determine these number here.

With these parameters we generate the properties for each individual in
our system

NOTE:
As I understand the number of properties is fixed at 7 (Future-O model)
and so it is the same for the elements.
but it is just a variable in this program for later expansion/reduction
of the model

'''

num_property=7 ; num_elements=7

# scripts for individuals:
# could be different for each individual. But here just one for everyone!
script='o2script'
# this is for the whole organization:
# can be both for properties or elements (see mix_matrix, etc)
scripts=['org10','org10','org10','org10','org10','org10','org10']
```

```

# this is for the binding free energy calculations, we need only one
bscript='bind0'

# let's get the data for num_employees

num_employees = 10
chg=[[ ] for i in range(num_employees)]
# 7 parameters for each employee
# obtained from questionnaire:
# adjustments of parameters for free energy vs values from questionnaire
# there is work here to be made!!!
# For now we do something simple based on experiences from our paper!
# cite: Computers & Education, 118 (2018) 56-69.

qchg[0]=[1.00,0.90,0.90,0.80,0.90,0.90,0.90]
qchg[1]=[0.70,0.60,0.75,0.65,0.60,0.65,1.00]
qchg[2]=[0.40,0.60,0.60,0.45,0.50,0.45,0.40]
qchg[3]=[0.90,0.90,0.90,0.90,1.00,1.00,0.90]
qchg[4]=[0.75,0.60,0.55,0.65,0.70,0.70,0.75]
qchg[5]=[0.60,0.50,0.50,0.60,0.90,0.60,0.90]
qchg[6]=[0.90,0.90,0.90,0.90,0.90,0.90,0.90]
qchg[7]=[0.60,0.60,0.60,0.50,0.70,0.60,0.50]
qchg[8]=[0.80,0.70,0.80,0.80,0.75,0.90,1.00]
qchg[9]=[0.80,0.90,0.90,0.80,0.75,0.90,0.80]

# fill this with zeros to make space: ene[num_property][num_employees]
ene = [ [ 0.0 for i in range(num_employees) ] for j in
range(num_property) ]

for i_employee in range(num_employees):
    for j_property in range(num_property):
        ene[j_property][i_employee] =
            free_energy.get_free_energy(chg[i_employee][j_property],script)

# here we can make radar plots
for i_employee in range(num_employees):
    # normalize the data from free_energy claculations
    t=[(-ene[j][i_employee]-1000.0)/300.0 for j in range(len(ene))]
    print(t)
    newgrf.mk_plot(i_employee,t,filenm='props',Q_elements=False)

'''

done with the individual parameters and properties
use these parameters (in chg array) for organization now and build
organizational properties
'''


# loop over properties only - this is the whole organization
# support for different scripts of each organizational property - to
become an element

ene=num_property*[0.0]
for j_property in range(num_property):
    tempQ=[ ]
    for i_employee in range(num_employees):
        tempQ.append(chg[i_employee][j_property])
    print(tempQ)
    ene[j_property] =
        free_energy.get_free_energy_org(tempQ,scripts[j_property])

```

```

# Done with the calculation of properties for the organization
# Above we may be using different scripts for each organizational property
# making the final model. Picture the properties here:

# normalize the data from free_energy calculations
# this is for the whole organization - must be different than above!
print(ene)
t=[(-ene[j]-0.0)/250.0 for j in range(num_property)]
print(t)

newgrf.mk_plot(-1,t,filenm='props_org',Q_elements=False,Q_org=True)

'''Up till now we have a framework for the organization

```

We can design several strategies to obtain elements. The simplest possible way is directly matching properties with elements: this can be accomplished with the mix_matrix[][] double list with all elements 0.0 and diagonal is 1.0 But any combination is possible for flexibility of the Future-O model

Also for each element one can design a special experiment in the charmm input script for organization. We can use scale factors and selections for different groups in the organization. This part makes the design tweaking of elements of Future-O model very flexible.

Additionally one can put extra questions into the questionnaire that help the design of the mix_matrix[][] or design some additional experiment to calculate the elements using free energy calculations also for this part.

Once the elements are designed we obtain a final result for an organization. So the modeling phase can be started. In te code below (APPLICATION part) we will show how this can be achieved

NOTE: it may be possible to quantify the whole organization with a single number which could be the surface in the radar plot. But there should also be something for the balance between the elements, ie how close they are to a circle representing the average. There could be some formula for this !!! We don't need it at this stage because this is the refinement of the method, but it may ease the analysis of the applications using Future-O-Dyn method.

'''

```

# this is for using the mix_matrix[][] to get the final elements

# make the space:
mix_matrix=[[0.0 for j in range(num_property)] for i in
range(num_elements)]
ele=num_elements*[0.0]
# define the unit matrix:
for i in range(num_elements):
    for j in range(num_property):
        if i == j :
            print(i,j)
            mix_matrix[i][j] = 1.0

# use mix_matrix to transform from properties to elements
# NOTE: watch for index order here!!!
for i in range(num_elements):

```

```

for j in range(num_property):
    ele[i] += mix_matrix[i][j] * t[j]

# - picture the elements:
newgrf.mk_plot(-1,ele,filenm='elements_org',Q_elements=True,Q_org=True)

'''

The Future-O-Dyn model is now fully defined, so we can start asking
questions in the "what if ..." style

The METHOD part of this program is now finished
=====
''' The APPLICATION part begins here

NOTE for future development: this part should go into a separate file
which
imports the functions from this module

For the illustration we can calculate how important is each individual
for the
whole organization This part is analogous to the thermodynamic cycle
described
in the paper: Janezic, Dimovski, Hodoscek, Computers & Education 118
(2018)
56-69.

'''

# we need a set of scripts for each individual's binding free energy.
# The change is only one individual goes to zero!!!
# calculation performed on the whole organization, but individually for
each property!
# for elements use the same mix_matrix
# we get 10*(10-1)/2 * 7 numbers. They could go into 45 plots ????

# we need to do over all properties for each employee:
# so we can do anyone against any other
# make the space for the results - save everyone for all properties:
# this defines props[num_employee][num_property]
props=[[0.0 for j in range(num_property)] for i in range(num_employees)]
# fill it up, first properties
for j_property in range(num_property):
    tempQ=[]
    for i_employee in range(num_employees):
        tempQ.append(chg[i_employee][j_property])
    print(tempQ)
    for i_employee in range(num_employees):
        props[i_employee][j_property] = \
            free_energy.get_free_energy_bind(i_employee,tempQ,bscript)

# from property to elements using mix_matrix:
# add the normalization here too
elems=[[0.0 for j in range(num_elements)] for i in range(num_employees)]
for i_employee in range(num_employees):

```

```

for j_element in range(num_elements):
    tsum=0.0
    for k_property in range(num_property):
        tsum +=
props[i_employee][k_property]*mix_matrix[j_element][k_property]
    elems[i_employee][j_element] = (500.0-tsum)/100.0

# make plots employee vs employee - all possible pairs:
for i_employee in range(num_employees):
    for j_employee in range(i_employee):
        p=[] ; q=[]
        for k_elem in range(num_elements):
            p.append(elems[i_employee][k_elem])
            q.append(elems[j_employee][k_elem])

newgrf.mk_plot2(i_employee,j_employee,p,q,filenm='binding_energy',Q_eleme
nts=True)

element_labels =
['temelji','okolje','strategija','klima','implementacija','spremljanje','
(za)sidranje']

# make tables - each table is for a separate element:
for k_elem in range(num_elements):
    outfil=open('bind-diffs-
'+str(k_elem+1)+'.+element_labels[k_elem]+'.csv','wt')
    for i_employee in range(num_employees):
        outfil.write(',"zaposleni '+str(i_employee+1)+'"')
    outfil.write('\n')
    for i_employee in range(num_employees):
        outfil.write('"zaposleni '+str(i_employee+1)+'"')
        for j_employee in range(num_employees):

print(k_elem,i_employee,j_employee,elems[i_employee][k_elem],\
      elems[j_employee][k_elem])
    outfil.write(',{0:06.3f}'.format(\
      elems[i_employee][k_elem]-elems[j_employee][k_elem]))
    outfil.write('\n')
    outfil.write(
      'Vsota,=sum(B2:B11),=sum(C2:C11),=sum(D2:D11),=sum(E2:E11)'+\
      ',=sum(F2:F11),=sum(G2:G11)'+\
      ',=sum(H2:H11),=sum(I2:I11),=sum(J2:J11),=sum(K2:K11)')
    outfil.close()

''' Aplocation 2.

Optionally the time evolution of the organization can be studied:

So the properties of the individuals change by time and this can have an
impact on the development of the whole organization...

Scale something here.....

'''
```

```

#!/usr/bin/python3

# SPDX-License-Identifier: GPL-3.0+

import os,subprocess,time

cexe_s9='/home/matej/charmm/building/c42a2q_gamess/charmm'
cexe='/home/matej/charmm/building/hbond_parallel/charmm'

# these are variable parameters on a charmm command line
vsites=['ii'] # for now we go from ii to zero!
# these are fixed parameters on a charmm command
fsites=['t','if','ji','jf','ki','kf']
fvalue=[300.0, 0.0, 0.1, 0.1, 1.0, 1.0]

def get_free_energy(par1,script):
    c_comm = cexe + ' -i ' + script + '.inp'
    for k in range(len(vsites)):
        c_comm += ' ' + vsites[k] + '=' + str(par1)
        # calculate & add the fixed parameters
    for k in range(len(fsites)):
        c_comm += ' ' + fsites[k] + '=' + str(fvalue[k])
    c_comm += ' > '+script+'.out' #; print(c_comm) ; exit(0)
    os.system(c_comm) # for serial, look at reap.py for parallel
    cprof=open(script+'.dat','rt')
    for l in cprof:
        ec = float(l.split()[0]) # free energy

    return ec

def get_free_energy_org(pars,script):
    '''
    pars are the parameters for each employee
    '''
    c_comm = cexe + ' -i ' + script + '.inp'
    for k in range(len(pars)):
        c_comm += ' ii' + str(k) + '=' + str(pars[k])
        # calculate & add the fixed parameters
    for k in range(len(fsites)):
        c_comm += ' ' + fsites[k] + '=' + str(fvalue[k])
    c_comm += ' > '+script+'.out' #; print(c_comm) ; exit(0)
    os.system(c_comm) # for serial, look at reap.py for parallel
    cprof=open(script+'.dat','rt')
    for l in cprof:
        ec = float(l.split()[0]) # free energy

    return ec

def get_free_energy_bind(indx,pars,script):
    '''
    indx we are calculating binding energy for this employee
    pars are the parameters for each employee=indx+1
    '''
    c_comm = cexe + ' -i ' + script + '.inp' + ' indx=' + str(indx+1)
    for k in range(len(pars)):
        c_comm += ' ii' + str(k) + '=' + str(pars[k])
        # calculate & add the fixed parameters
    for k in range(len(fsites)):
        c_comm += ' ' + fsites[k] + '=' + str(fvalue[k])
    c_comm += ' > '+script+'.out' #; print(c_comm) ; exit(0)

```

```
os.system(c_comm)    # for serial, look at reap.py for parallel
cprof=open(script+'.dat','rt')
for l in cprof:
    ec = float(l.split()[0]) # free energy

return ec
```

```

#!/usr/bin/python

# SPDX-License-Identifier: GPL-3.0+

from math import pi
import matplotlib.pyplot as plt

def mk_plot(i_empl,q,filenm=None,Q_elements=None,Q_org=None):
    # Set data
    # properties: first english - old notations... then new slovene
    # (November 2017)
    spoke_labels = ['motivated', 'empowered', 'organized', 'unique',
    'useful', 'learning', 'communication']
    spoke_labels = ['fokusirani', 'učinkoviti', 'trenirani', 'uspešni',
    'razumni', 'elastični', 'organizirani']
    # elements (this is new - just slovene, translate later!!!)
    element_labels =
    ['temelji', 'okolje', 'strategija', 'klima', 'implementacija', 'spremljanje',
    '(za)sidranje']
    N = len(q)

    x_as = [n / float(N) * 2 * pi for n in range(N)]

    # Because our chart will be circular we need to append a copy of the
    # first
    # value of each list at the end of each list with data
    values = [x for x in q]
    values += values[:1]
    x_as += x_as[:1]

    # Set color of axes
    plt.rc('axes', linewidth=0.5, edgecolor="#888888")

    # Create polar plot
    ax = plt.subplot(111, polar=True)

    # Set clockwise rotation. That is:
    ax.set_theta_offset(pi / 2)
    ax.set_theta_direction(-1)

    # Set position of y-labels
    ax.set_rlabel_position(0)

    # Set color and linestyle of grid
    ax.xaxis.grid(True, color="#888888", linestyle='solid',
    linewidth=0.5)
    ax.yaxis.grid(True, color="#888888", linestyle='solid',
    linewidth=0.5)

    # Set number of radial axes and remove labels
    plt.xticks(x_as[:-1], [])

    # Set yticks
    plt.yticks([1.0, 2.0, 3.0, 4.0, 5.0], ["1.0", "2.0", "3.0", "4.0",
    "5.0"])

```

```

# Plot data
ax.plot(x_as, values, linewidth=1, linestyle='solid', zorder=3)

# Fill area
ax.fill(x_as, values, 'b', alpha=0.3)

# Set axes limits
plt.ylim(0, 5)

# Draw ytick labels to make sure they fit properly
for i in range(N):
    angle_rad = i / float(N) * 2 * pi

    if angle_rad == 0:
        ha, distance_ax = "center", 0.5
    elif 0 < angle_rad < pi:
        ha, distance_ax = "left", 0.5
    elif angle_rad == pi:
        ha, distance_ax = "center", 0.5
    else:
        ha, distance_ax = "right", 0.5
    if Q_elements:
        ax.text(angle_rad, 5 + distance_ax, element_labels[i],
size=10, horizontalalignment=ha, verticalalignment="center")
    else:
        ax.text(angle_rad, 5 + distance_ax, spoke_labels[i], size=10,
horizontalalignment=ha, verticalalignment="center")

    if Q_org:
        plt.figtext(0.5, 0.965, 'Organizacija',
                    ha='center', color='black', weight='bold', size='large')
    else:
        plt.figtext(0.5, 0.965, 'Zaposleni '+str(i_empl+1),
                    ha='center', color='black', weight='bold', size='large')

# Save plot
if i_empl > -1 :
    plt.savefig(filenm+str(i_empl),dpi=300)
else:
    plt.savefig(filenm,dpi=300)

# clean stuff:
plt.cla() ; plt.clf() ; plt.close()

def mk_plot2(i_empl,j_empl,q,p,filenm=None,Q_elements=None,Q_org=None):
# Set data
    # properties: first english - old notations... then new slovene
    # (November 2017)
    #spoke_labels = ['motivated', 'empowered', 'organized', 'unique',
    #'useful', 'learning', 'communication']
    spoke_labels = ['fokusirani', 'učinkoviti', 'trenirani', 'uspešni',
    'razumni', 'elastični', 'organizirani']
    # elements (this is new - just slovene, translate later!!!
    element_labels =
    ['temelji','okolje','strategija','klima','implementacija','spremljanje','
    (za)sidranje']
    N = len(q)

    x_as = [n / float(N) * 2 * pi for n in range(N)]

```

```

# Because our chart will be circular we need to append a copy of the
first
    # value of each list at the end of each list with data
values = [ x for x in q]
values2 = [ x for x in p]
values += values[:1]
values2 += values2[:1]
x_as += x_as[:1]

# Set color of axes
plt.rc('axes', linewidth=0.5, edgecolor="#888888")

# Create polar plot
ax = plt.subplot(111, polar=True)

# Set clockwise rotation. That is:
ax.set_theta_offset(pi / 2)
ax.set_theta_direction(-1)

# Set position of y-labels
ax.set_rlabel_position(0)

# Set color and linestyle of grid
ax.xaxis.grid(True, color="#888888", linestyle='solid',
linewidth=0.5)
    ax.yaxis.grid(True, color="#888888", linestyle='solid',
linewidth=0.5)

# Set number of radial axes and remove labels
plt.xticks(x_as[:-1], [])

# Set yticks
plt.yticks([1.0, 2.0, 3.0, 4.0, 5.0], ["1.0", "2.0", "3.0", "4.0",
"5.0"])

# Plot data
ax.plot(x_as, values, linewidth=1, linestyle='solid', zorder=3)
ax.plot(x_as, values2, linewidth=1, linestyle='solid', zorder=3)

# Fill area
ax.fill(x_as, values, 'b', alpha=0.3)
ax.fill(x_as, values2, 'r', alpha=0.3)

# Set axes limits
plt.ylim(0, 5)

# Draw ytick labels to make sure they fit properly
for i in range(N):
    angle_rad = i / float(N) * 2 * pi

    if angle_rad == 0:
        ha, distance_ax = "center", 0.5
    elif 0 < angle_rad < pi:

```

```

        ha, distance_ax = "left", 0.5
    elif angle_rad == pi:
        ha, distance_ax = "center", 0.5
    else:
        ha, distance_ax = "right", 0.5
    if Q_elements:
        ax.text(angle_rad, 5 + distance_ax, element_labels[i],
size=10, horizontalalignment=ha, verticalalignment="center")
    else:
        ax.text(angle_rad, 5 + distance_ax, spoke_labels[i], size=10,
horizontalalignment=ha, verticalalignment="center")

    if Q_org:
        plt.figtext(0.5, 0.965, 'Organizacija',
                    ha='center', color='black', weight='bold', size='large')
    else:
        plt.figtext(0.5, 0.965, 'Zaposleni '+str(i_empl+1)+' vs Zaposleni
'+str(j_empl+1),
                    ha='center', color='black', weight='bold', size='large')

# Save plot
if i_empl > -1 :
    plt.savefig(filenm+'-'+str(i_empl+1)+'vs'+str(j_empl+1),dpi=300)
else:
    plt.savefig(filenm,dpi=300)

# clean stuff:
plt.cla() ; plt.clf() ; plt.close()

```

Priloga 4: CHARMM skripte, uporabljene za izračun razlike v prosti energiji iz termodinamskega cikla z modelom FUTURE-O-DYN po posameznih lastnostih oziroma elementih modela FUTURE-O®

```
* checking the sign...
*

! all variables are listed here:
! maybe we do them on the command line for the scripts??
! need to decide on which are the independent and which we fix
!
set temp @t

set charg1 @ii
set charg2 @if
set eps1 -@ji
set eps2 -@jf
set rad1 @ki
set rad2 @kf

set mass1 16.0
set mass2 16.0

! end parameters, now use them:

read rtf card
* top
*
20 1
mass 1 o @mass1 ! 15.9994
mass 2 h @mass2 ! 1.008

resi o2 0.0
grou
atom o1 o @charg1
atom o2 o -@charg1
!bond o1 o2

resi h2 0.0
grou
atom h1 h @charg2
atom h2 h -@charg2
!bond h1 h2

resi oh 0.0
group
atom o o -0.6
atom h h 0.6

end

read param card
* pars
*

bond
o o 100.0 1.2
h h 500.0 0.8
```

```

nonbond nbxmod 5 atom cdiel fshift vatom vdistance vfswitch -
cutnb 14000.0 ctofnb 12000.0 ctonnb 10000.0 eps 1.0 el4fac 1.0 wmin 1.5
o 0.0 @eps1 @rad1
h 0.0 @eps2 @rad2

end

read sequ o2 1

generate ox first none last none

read coor card
* ox
*
2
1 1 O2 O1 0.0 0.0 -0.6 OX 1 0.0
2 1 O2 O2 0.0 0.0 0.6 OX 1 0.0

energy

mini abnr nstep 10000 nprint 100

print coor

!stop
pert

! go to another state:
scalar mass set @mass2 sele all end
scalar type set 2 sele all end
scalar charge set @charg2 sele type o1 end
scalar charge set -@charg2 sele type o2 end

energy lstart 0.0 lstop 1.0 lambda 1.0

open read card unit 88 name 100ls.punit
dyna verlet leap strt nstep 2100000 timestep 0.001 -
    iprfrq 1000 ihtfrq 0 ieqfrq 500 ntrfrq 0 -
    iuncrd -31 iseed 1 2 3 4 -
    nprint 1000 nsavc 0 nsavv 0 -
    firstrt @temp finalt @temp teminc 30.0 wmin 1.0 -
    iasors 0 iasvel 1 iscvel 0 ichecw 0 twindh 5.0 twindl -5.0 -
    punit 88

quick 1 2
scalar mass show
scalar charge show
scalar type show

echo ?titot
! DeltaG Star: to go into negative regime....
set dgst ?titot
decr dgst by 2000

open write card unit 1 name o2script.dat
write title unit 1
* @dgst

```

```

stop

open write card unit 1 name o2script.dat
write title unit 1
* ?titot

* checking the sign...
*

! all parameters are on the command line for the scripts
! some are fixed some can vary
! the atom names have no special meaning, just that are easy on
selections...
!
set temp @t

set charg1 @ii0 ! not used for organization
set charg2 @if
set eps1 -@ji
set eps2 -@jf
set rad1 @ki
set rad2 @kf

set mass1 16.0
set mass2 16.0

! end parameters, now use them:

read rtf card
* top
*
20 1
mass 1 o @mass1 ! 15.9994
mass 2 h @mass2 ! 1.008

resi o2 0.0
grou
atom o1 o @charg1
atom o2 o -@charg1
!bond o1 o2

resi h2 0.0
grou
atom h1 h @charg2
atom h2 h -@charg2
!bond h1 h2

resi oh 0.0
group
atom o o -0.6
atom h h 0.6

! parameters start from 0
resi deka 0.0

```

```

atom o1 o @ii0
atom h1 o -@ii0
atom o2 o @ii1
atom h2 o -@ii1
atom o3 o @ii2
atom h3 o -@ii2
atom o4 o @ii3
atom h4 o -@ii3
atom o5 o @ii4
atom h5 o -@ii4
atom o6 o @ii5
atom h6 o -@ii5
atom o7 o @ii6
atom h7 o -@ii6
atom o8 o @ii7
atom h8 o -@ii7
atom o9 o @ii8
atom h9 o -@ii8
atom o10 o @ii9
atom h10 o -@ii9

! this was to build first 5 atoms
!atom o6 o 0.0
!bond o6 o1 o6 o2 o6 o3 o6 o4 o6 o5
!bond o1 o2 o2 o3 o3 o4 o4 o5 o5 o1
! now build doublets
!bond o1 h1 o2 h2 o3 h3 o4 h4 o5 h5

end

read param card
* pars
*

bond
o   o   100.0  1.2
h   h   500.0  0.8

nonbond nbxmod 5 atom cdiel fshift vatom vdistance vfswitch -
cutnb 14000.0 ctfnb 12000.0 ctonnb 10000.0 eps 1.0 e14fac 1.0 wmin 1.5
o   0.0    @eps1   @rad1
h   0.0    @eps2   @rad2

end

! try building pentagon - so everyone is equivalent in the beginning
!  :-)

read sequ deka 1

generate deka first none last none

read coor card
* ox
*
20
 1      1 DEKA O1      1.10891  -2.93618  1.36609 DEKA 1      0.00000
 2      1 DEKA H1     -0.43928  -4.18944  1.88883 DEKA 1      0.00000
 3      1 DEKA O2      4.95994  -1.97803  2.51075 DEKA 1      0.00000
 4      1 DEKA H2      3.15127  -2.52633  1.72196 DEKA 1      0.00000
 5      1 DEKA O3      4.36054   2.00330  1.62898 DEKA 1      0.00000

```

6	1	DEKA H3	2.48096	1.51920	0.71184	DEKA 1	0.00000
7	1	DEKA O4	0.46296	1.01662	0.35011	DEKA 1	0.00000
8	1	DEKA H4	0.88338	-0.98790	0.59169	DEKA 1	0.00000
9	1	DEKA O5	-5.48715	1.74043	1.72066	DEKA 1	0.00000
10	1	DEKA H5	-3.99811	3.06941	1.29588	DEKA 1	0.00000
11	1	DEKA O6	-5.68806	-2.14402	2.33457	DEKA 1	0.00000
12	1	DEKA H6	-6.10368	-0.16243	2.09574	DEKA 1	0.00000
13	1	DEKA O7	-2.43856	-4.36626	2.19204	DEKA 1	0.00000
14	1	DEKA H7	-4.35079	-3.67759	2.37366	DEKA 1	0.00000
15	1	DEKA O8	2.91554	-0.55284	0.96157	DEKA 1	0.00000
16	1	DEKA H8	4.78694	-0.02972	1.87400	DEKA 1	0.00000
17	1	DEKA O9	1.87871	3.54107	0.99071	DEKA 1	0.00000
18	1	DEKA H9	3.71666	3.94977	1.79633	DEKA 1	0.00000
19	1	DEKA O10	-2.08045	3.63540	0.94577	DEKA 1	0.00000
20	1	DEKA H10	-0.13932	3.01520	0.64883	DEKA 1	0.00000

```

write coor card name deka0.cor

energy

!cons fix sele type o* end

mini abnr nstep 10000 nprint 100

print coor

write coor card name deka.cor

!stop
pert

! go to another state:
scalar mass set @mass2 sele all end
!scalar type set 2 sele all end
scalar charge set @charg2 sele type o* end
scalar charge set -@charg2 sele type h* end

energy lstart 0.0 lstop 1.0 lambda 1.0

open read card unit 88 name 100ls.punit
dyna verlet leap strt nstep 2100000 timestep 0.001 -
  iprfrq 1000 ihtfrq 0 ieqfrq 500 ntrfrq 0 -
  iuncrd -31 iseed 1 2 3 4 -
  nprint 1000 nsavc 0 nsavv 0 -
  firstt @temp finalt @temp teminc 30.0 wmin 1.0 -
  iasors 0 iasvel 1 iscvel 0 ichecw 0 twindh 5.0 twindl -5.0 -
  punit 88

quick 1 2
scalar mass show
scalar charge show
scalar type show

echo ?titot
! DeltaG Star: to go into negative regime....
set dgst ?titot
decr dgst by 2000

```

```

open write card unit 1 name org10.dat
write title unit 1
* @dgst

stop

* checking the sign...
*

! all parameters are on the command line for the scripts
! some are fixed some can vary
! the atom names have no special meaning, just that are easy on
selections...
!
set temp @t

set charg1 @ii0 ! not used for organization
set charg2 @if
set eps1 -@ji
set eps2 -@jf
set rad1 @ki
set rad2 @kf

set mass1 16.0
set mass2 16.0

! end parameters, now use them:

read rtf card
* top
*
20 1
mass 1 o @mass1 ! 15.9994
mass 2 h @mass2 ! 1.008

resi o2 0.0
grou
atom o1 o @charg1
atom o2 o -@charg1
!bond o1 o2

resi h2 0.0
grou
atom h1 h @charg2
atom h2 h -@charg2
!bond h1 h2

resi oh 0.0
group
atom o o -0.6
atom h h 0.6

! parameters start from 0
resi deka 0.0
atom o1 o @ii0
atom h1 o -@ii0
atom o2 o @ii1
atom h2 o -@ii1

```

```

atom o3 o @ii2
atom h3 o -@ii2
atom o4 o @ii3
atom h4 o -@ii3
atom o5 o @ii4
atom h5 o -@ii4
atom o6 o @ii5
atom h6 o -@ii5
atom o7 o @ii6
atom h7 o -@ii6
atom o8 o @ii7
atom h8 o -@ii7
atom o9 o @ii8
atom h9 o -@ii8
atom o10 o @ii9
atom h10 o -@ii9

! this was to build first 5 atoms
!atom o6 o 0.0
!bond o6 o1 o6 o2 o6 o3 o6 o4 o6 o5
!bond o1 o2 o2 o3 o3 o4 o4 o5 o5 o1
! now build doublets
!bond o1 h1 o2 h2 o3 h3 o4 h4 o5 h5

end

read param card
* pars
*

bond
o o 100.0 1.2
h h 500.0 0.8

nonbond nbxmod 5 atom cdiel fshift vatom vdistance vfswitch -
cutnb 14000.0 ctfnb 12000.0 ctonnb 10000.0 eps 1.0 e14fac 1.0 wmin 1.5
o 0.0 @eps1 @rad1
h 0.0 @eps2 @rad2

end

! try building pentagon - so everyone is equivalent in the beginning
! :-)

read sequ deka 1

generate deka first none last none

read coor card
* ox
*
20
 1 1 DEKA O1    1.10891 -2.93618  1.36609 DEKA 1    0.00000
 2 1 DEKA H1   -0.43928 -4.18944  1.88883 DEKA 1    0.00000
 3 1 DEKA O2    4.95994 -1.97803  2.51075 DEKA 1    0.00000
 4 1 DEKA H2    3.15127 -2.52633  1.72196 DEKA 1    0.00000
 5 1 DEKA O3    4.36054  2.00330  1.62898 DEKA 1    0.00000
 6 1 DEKA H3    2.48096  1.51920  0.71184 DEKA 1    0.00000
 7 1 DEKA O4    0.46296  1.01662  0.35011 DEKA 1    0.00000
 8 1 DEKA H4    0.88338 -0.98790  0.59169 DEKA 1    0.00000

```

```

9      1 DEKA O5      -5.48715    1.74043    1.72066 DEKA 1      0.00000
10     1 DEKA H5      -3.99811    3.06941    1.29588 DEKA 1      0.00000
11     1 DEKA O6      -5.68806    -2.14402    2.33457 DEKA 1      0.00000
12     1 DEKA H6      -6.10368    -0.16243    2.09574 DEKA 1      0.00000
13     1 DEKA O7      -2.43856    -4.36626    2.19204 DEKA 1      0.00000
14     1 DEKA H7      -4.35079    -3.67759    2.37366 DEKA 1      0.00000
15     1 DEKA O8      2.91554     -0.55284    0.96157 DEKA 1      0.00000
16     1 DEKA H8      4.78694     -0.02972    1.87400 DEKA 1      0.00000
17     1 DEKA O9      1.87871     3.54107    0.99071 DEKA 1      0.00000
18     1 DEKA H9      3.71666     3.94977    1.79633 DEKA 1      0.00000
19     1 DEKA O10     -2.08045    3.63540     0.94577 DEKA 1      0.00000
20     1 DEKA H10     -0.13932    3.01520     0.64883 DEKA 1      0.00000

!write coor card name deka0.cor

energy

!cons fix sele type o* end

mini abnr nstep 10000 nprint 100

!print coor

!write coor card name deka.cor

!stop
pert

! go to another state:
!scalar mass set @mass2 sele all end
!scalar type set 2 sele all end
! for binding energy everything is left as is except
! for a single individual we assigne charge to +-charg2
scalar charge set @charg2 sele type o@indx end
scalar charge set -@charg2 sele type h@indx end

energy lstart 0.0 lstop 1.0 lambda 1.0

open read card unit 88 name 100ls.punit
dyna verlet leap strt nstep 2100000 timestep 0.001 -
  iprfrq 1000 ihtfrq 0 ieqfrq 500 ntrfrq 0  -
  iuncrd -31 iseeds 1 2 3 4 -
  nprint 1000 nsavc 0 nsavv 0 -
  firstrt @temp finalt @temp teminc 30.0 wmin 1.0 -
  iasors 0 iasvel 1 iscvel 0 ichew 0 twindh 5.0 twindl -5.0 -
  punit 88

quick 1 2
scalar mass show
scalar charge show
scalar type show

echo ?titot
! DeltaG Star: to go into negative regime....
set dgst ?titot
! not needed here: decr dgst by 2000

open write card unit 1 name bind0.dat

```

```

write title unit 1
* @dgst

stop

* 100 lambdas: prepert= 100000 equil= 10000 production= 10000
*
lstart 0.0000 lambda 0.0050 lstop 0.0100 pstart    110000 pstop    120000
pwind !pssp
lstart 0.0100 lambda 0.0150 lstop 0.0200 pstart    130000 pstop    140000
pwind !pssp
lstart 0.0200 lambda 0.0250 lstop 0.0300 pstart    150000 pstop    160000
pwind !pssp
lstart 0.0300 lambda 0.0350 lstop 0.0400 pstart    170000 pstop    180000
pwind !pssp
lstart 0.0400 lambda 0.0450 lstop 0.0500 pstart    190000 pstop    200000
pwind !pssp
lstart 0.0500 lambda 0.0550 lstop 0.0600 pstart    210000 pstop    220000
pwind !pssp
lstart 0.0600 lambda 0.0650 lstop 0.0700 pstart    230000 pstop    240000
pwind !pssp
lstart 0.0700 lambda 0.0750 lstop 0.0800 pstart    250000 pstop    260000
pwind !pssp
lstart 0.0800 lambda 0.0850 lstop 0.0900 pstart    270000 pstop    280000
pwind !pssp
lstart 0.0900 lambda 0.0950 lstop 0.1000 pstart    290000 pstop    300000
pwind !pssp
lstart 0.1000 lambda 0.1050 lstop 0.1100 pstart    310000 pstop    320000
pwind !pssp
lstart 0.1100 lambda 0.1150 lstop 0.1200 pstart    330000 pstop    340000
pwind !pssp
lstart 0.1200 lambda 0.1250 lstop 0.1300 pstart    350000 pstop    360000
pwind !pssp
lstart 0.1300 lambda 0.1350 lstop 0.1400 pstart    370000 pstop    380000
pwind !pssp
lstart 0.1400 lambda 0.1450 lstop 0.1500 pstart    390000 pstop    400000
pwind !pssp
lstart 0.1500 lambda 0.1550 lstop 0.1600 pstart    410000 pstop    420000
pwind !pssp
lstart 0.1600 lambda 0.1650 lstop 0.1700 pstart    430000 pstop    440000
pwind !pssp
lstart 0.1700 lambda 0.1750 lstop 0.1800 pstart    450000 pstop    460000
pwind !pssp
lstart 0.1800 lambda 0.1850 lstop 0.1900 pstart    470000 pstop    480000
pwind !pssp
lstart 0.1900 lambda 0.1950 lstop 0.2000 pstart    490000 pstop    500000
pwind !pssp
lstart 0.2000 lambda 0.2050 lstop 0.2100 pstart    510000 pstop    520000
pwind !pssp
lstart 0.2100 lambda 0.2150 lstop 0.2200 pstart    530000 pstop    540000
pwind !pssp
lstart 0.2200 lambda 0.2250 lstop 0.2300 pstart    550000 pstop    560000
pwind !pssp
lstart 0.2300 lambda 0.2350 lstop 0.2400 pstart    570000 pstop    580000
pwind !pssp
lstart 0.2400 lambda 0.2450 lstop 0.2500 pstart    590000 pstop    600000

```

```

pwind !pssp
lstart 0.2500 lambda 0.2550 lstop 0.2600 pstart    610000 pstop    620000
pwind !pssp
lstart 0.2600 lambda 0.2650 lstop 0.2700 pstart    630000 pstop    640000
pwind !pssp
lstart 0.2700 lambda 0.2750 lstop 0.2800 pstart    650000 pstop    660000
pwind !pssp
lstart 0.2800 lambda 0.2850 lstop 0.2900 pstart    670000 pstop    680000
pwind !pssp
lstart 0.2900 lambda 0.2950 lstop 0.3000 pstart    690000 pstop    700000
pwind !pssp
lstart 0.3000 lambda 0.3050 lstop 0.3100 pstart    710000 pstop    720000
pwind !pssp
lstart 0.3100 lambda 0.3150 lstop 0.3200 pstart    730000 pstop    740000
pwind !pssp
lstart 0.3200 lambda 0.3250 lstop 0.3300 pstart    750000 pstop    760000
pwind !pssp
lstart 0.3300 lambda 0.3350 lstop 0.3400 pstart    770000 pstop    780000
pwind !pssp
lstart 0.3400 lambda 0.3450 lstop 0.3500 pstart    790000 pstop    800000
pwind !pssp
lstart 0.3500 lambda 0.3550 lstop 0.3600 pstart    810000 pstop    820000
pwind !pssp
lstart 0.3600 lambda 0.3650 lstop 0.3700 pstart    830000 pstop    840000
pwind !pssp
lstart 0.3700 lambda 0.3750 lstop 0.3800 pstart    850000 pstop    860000
pwind !pssp
lstart 0.3800 lambda 0.3850 lstop 0.3900 pstart    870000 pstop    880000
pwind !pssp
lstart 0.3900 lambda 0.3950 lstop 0.4000 pstart    890000 pstop    900000
pwind !pssp
lstart 0.4000 lambda 0.4050 lstop 0.4100 pstart    910000 pstop    920000
pwind !pssp
lstart 0.4100 lambda 0.4150 lstop 0.4200 pstart    930000 pstop    940000
pwind !pssp
lstart 0.4200 lambda 0.4250 lstop 0.4300 pstart    950000 pstop    960000
pwind !pssp
lstart 0.4300 lambda 0.4350 lstop 0.4400 pstart    970000 pstop    980000
pwind !pssp
lstart 0.4400 lambda 0.4450 lstop 0.4500 pstart    990000 pstop    1000000
pwind !pssp
lstart 0.4500 lambda 0.4550 lstop 0.4600 pstart   1010000 pstop    1020000
pwind !pssp
lstart 0.4600 lambda 0.4650 lstop 0.4700 pstart   1030000 pstop    1040000
pwind !pssp
lstart 0.4700 lambda 0.4750 lstop 0.4800 pstart   1050000 pstop    1060000
pwind !pssp
lstart 0.4800 lambda 0.4850 lstop 0.4900 pstart   1070000 pstop    1080000
pwind !pssp
lstart 0.4900 lambda 0.4950 lstop 0.5000 pstart   1090000 pstop    1100000
pwind !pssp
lstart 0.5000 lambda 0.5050 lstop 0.5100 pstart   1110000 pstop    1120000
pwind !pssp
lstart 0.5100 lambda 0.5150 lstop 0.5200 pstart   1130000 pstop    1140000
pwind !pssp
lstart 0.5200 lambda 0.5250 lstop 0.5300 pstart   1150000 pstop    1160000
pwind !pssp
lstart 0.5300 lambda 0.5350 lstop 0.5400 pstart   1170000 pstop    1180000
pwind !pssp
lstart 0.5400 lambda 0.5450 lstop 0.5500 pstart   1190000 pstop    1200000
pwind !pssp

```

lstart	0.5500	lambda	0.5550	lstop	0.5600	pstart	1210000	pstop	1220000
pwind	!pssp								
lstart	0.5600	lambda	0.5650	lstop	0.5700	pstart	1230000	pstop	1240000
pwind	!pssp								
lstart	0.5700	lambda	0.5750	lstop	0.5800	pstart	1250000	pstop	1260000
pwind	!pssp								
lstart	0.5800	lambda	0.5850	lstop	0.5900	pstart	1270000	pstop	1280000
pwind	!pssp								
lstart	0.5900	lambda	0.5950	lstop	0.6000	pstart	1290000	pstop	1300000
pwind	!pssp								
lstart	0.6000	lambda	0.6050	lstop	0.6100	pstart	1310000	pstop	1320000
pwind	!pssp								
lstart	0.6100	lambda	0.6150	lstop	0.6200	pstart	1330000	pstop	1340000
pwind	!pssp								
lstart	0.6200	lambda	0.6250	lstop	0.6300	pstart	1350000	pstop	1360000
pwind	!pssp								
lstart	0.6300	lambda	0.6350	lstop	0.6400	pstart	1370000	pstop	1380000
pwind	!pssp								
lstart	0.6400	lambda	0.6450	lstop	0.6500	pstart	1390000	pstop	1400000
pwind	!pssp								
lstart	0.6500	lambda	0.6550	lstop	0.6600	pstart	1410000	pstop	1420000
pwind	!pssp								
lstart	0.6600	lambda	0.6650	lstop	0.6700	pstart	1430000	pstop	1440000
pwind	!pssp								
lstart	0.6700	lambda	0.6750	lstop	0.6800	pstart	1450000	pstop	1460000
pwind	!pssp								
lstart	0.6800	lambda	0.6850	lstop	0.6900	pstart	1470000	pstop	1480000
pwind	!pssp								
lstart	0.6900	lambda	0.6950	lstop	0.7000	pstart	1490000	pstop	1500000
pwind	!pssp								
lstart	0.7000	lambda	0.7050	lstop	0.7100	pstart	1510000	pstop	1520000
pwind	!pssp								
lstart	0.7100	lambda	0.7150	lstop	0.7200	pstart	1530000	pstop	1540000
pwind	!pssp								
lstart	0.7200	lambda	0.7250	lstop	0.7300	pstart	1550000	pstop	1560000
pwind	!pssp								
lstart	0.7300	lambda	0.7350	lstop	0.7400	pstart	1570000	pstop	1580000
pwind	!pssp								
lstart	0.7400	lambda	0.7450	lstop	0.7500	pstart	1590000	pstop	1600000
pwind	!pssp								
lstart	0.7500	lambda	0.7550	lstop	0.7600	pstart	1610000	pstop	1620000
pwind	!pssp								
lstart	0.7600	lambda	0.7650	lstop	0.7700	pstart	1630000	pstop	1640000
pwind	!pssp								
lstart	0.7700	lambda	0.7750	lstop	0.7800	pstart	1650000	pstop	1660000
pwind	!pssp								
lstart	0.7800	lambda	0.7850	lstop	0.7900	pstart	1670000	pstop	1680000
pwind	!pssp								
lstart	0.7900	lambda	0.7950	lstop	0.8000	pstart	1690000	pstop	1700000
pwind	!pssp								
lstart	0.8000	lambda	0.8050	lstop	0.8100	pstart	1710000	pstop	1720000
pwind	!pssp								
lstart	0.8100	lambda	0.8150	lstop	0.8200	pstart	1730000	pstop	1740000
pwind	!pssp								
lstart	0.8200	lambda	0.8250	lstop	0.8300	pstart	1750000	pstop	1760000
pwind	!pssp								
lstart	0.8300	lambda	0.8350	lstop	0.8400	pstart	1770000	pstop	1780000
pwind	!pssp								
lstart	0.8400	lambda	0.8450	lstop	0.8500	pstart	1790000	pstop	1800000
pwind	!pssp								
lstart	0.8500	lambda	0.8550	lstop	0.8600	pstart	1810000	pstop	1820000

```

pwind !pssp
lstart 0.8600 lambda 0.8650 lstop 0.8700 pstart 1830000 pstop 1840000
pwind !pssp
lstart 0.8700 lambda 0.8750 lstop 0.8800 pstart 1850000 pstop 1860000
pwind !pssp
lstart 0.8800 lambda 0.8850 lstop 0.8900 pstart 1870000 pstop 1880000
pwind !pssp
lstart 0.8900 lambda 0.8950 lstop 0.9000 pstart 1890000 pstop 1900000
pwind !pssp
lstart 0.9000 lambda 0.9050 lstop 0.9100 pstart 1910000 pstop 1920000
pwind !pssp
lstart 0.9100 lambda 0.9150 lstop 0.9200 pstart 1930000 pstop 1940000
pwind !pssp
lstart 0.9200 lambda 0.9250 lstop 0.9300 pstart 1950000 pstop 1960000
pwind !pssp
lstart 0.9300 lambda 0.9350 lstop 0.9400 pstart 1970000 pstop 1980000
pwind !pssp
lstart 0.9400 lambda 0.9450 lstop 0.9500 pstart 1990000 pstop 2000000
pwind !pssp
lstart 0.9500 lambda 0.9550 lstop 0.9600 pstart 2010000 pstop 2020000
pwind !pssp
lstart 0.9600 lambda 0.9650 lstop 0.9700 pstart 2030000 pstop 2040000
pwind !pssp
lstart 0.9700 lambda 0.9750 lstop 0.9800 pstart 2050000 pstop 2060000
pwind !pssp
lstart 0.9800 lambda 0.9850 lstop 0.9900 pstart 2070000 pstop 2080000
pwind !pssp
lstart 0.9900 lambda 0.9950 lstop 1.0000 pstart 2090000 pstop 2100000
pwind !pssp
end

```