

KOMPLEKSNA ADAPTIVNA PREDIKCIJA PROCESA U OKVIRU
INOVACIONIH PROJEKATAVladimir Đ. Đaković¹, Nebojša M. Ralević²^{1,2}Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, Srbija¹nralevic@uns.ac.rs, ²v_djakovic@uns.ac.rs

Kratak sadržaj: U savremenim uslovima okruženja, koje karakteriše izraziti dinamizam promena, od esencijalne važnosti je mogućnost praktične primene inženjerskih metoda, tehnika i alata. Predmet istraživanja predstavlja analizu konceptualno-metodološkog okvira za primenu savremenih matematičko-statističkih metoda, tehnika i alata u okviru inovacionih projekata. Cilj istraživanja u radu jeste identifikacija ključnih determinanti za efektiviranje kompleksne adaptivne predikcije procesa u okviru inovacionih projekata, kao i mogućnost donošenja optimalnih poslovnih odluka. Metodologija istraživanja se bazira na opštim metodama analize i sinteze, korespondirajućim matematičko-statističkim metodama i novim matematičko-tehničkim teorijama, kao što su veštačka inteligencija, teorija fazi sistema i nauka o podacima. Rezultati istraživanja su značajni za akademsku i stručnu javnost u predmetnoj oblasti, a naročito se ističe signifikantnost izbora adekvatnog konceptualno-metodološkog okvira za donošenje optimalnih poslovnih odluka u okviru inovacionih projekata.

Ključne reči: obrazovanje, matematičke metode, predikcija, preduzeće, inovacioni projekti

A COMPLEX ADAPTIVE PREDICTION OF PROCESSES WITHIN INNOVATION
PROJECTS

Abstract: In the contemporary business environment, which is characterized by intense dynamic changes, it is of utmost importance the possibility of practical usage of engineering methods, techniques and tools. The subject of the research is to analyze the conceptual-methodological framework for application of modern mathematical-statistical methods, techniques and tools within innovation projects. The objective of the research is to identify key determinants for effectuation of a complex adaptive prediction of processes within innovation projects, as well as optimal decision making process. The research methodology is based on general methods of analysis and synthesis, corresponding mathematical-statistical methods and new mathematical-technical theories, such as artificial intelligence, fuzzy systems theory and data science. The results of the research are important for the academic and professional community in the subject field, especially the significance of selection of adequate conceptual-methodological framework for making optimal decision within innovation processes.

Key Words: education, mathematical methods, prediction, company, innovation projects

1. UVOD

Mesto, uloga i značaj inovacionih projekata, kao katalizatora promena i rasta i razvoja preduzeća, je od nesumnjive važnosti, naročito ukoliko se imaju u vidu savremene tendencije u predmetnoj oblasti i stvaranja održivog poslovnog ambijenta. U tom smislu, prilikom formulisanja, implementacije i evaluacije inovacionih projekata, neophodno je, na postulatima sistemskog, odnosno inženjerskog pristupa, kreirati odgovarajući konceptualno-metodološki okvir za rešavanje složenih problema u poslovnoj praksi. Savremene matematičko-statističke metode, tehnike i alati, poput veštačke inteligencije, odnosno neuronskih mreža, fazi logike, inteligencija grupe, metaheurističkih algoritama; istorijske simulacije, optimizacije, hibridnih modela i sl, predstavljaju osnov sticanja i održanja konkurentne prednosti, kako na lokalnom, tako i na globalnom nivou. Takođe, prilikom koncipiranja inovacionih projekata komparativnu prednost predstavlja korišćenje najnovijih teorijsko-praktičnih znanja iz pomenutih oblasti, kao što su: neuronske mreže – *Deep-learning*; Kernel metode; *support vector machine*; evolutivne metode: genetsko programiranje; inteligencija mnoštva; evolutivne strategije; fazi sistemi: fazi logika; fazi odlučivanje.

Na taj način, inovacioni projekti postaju ključan resurs celokupne društveno-ekonomske zajednice i nužnost svakodnevice, što je naročito značajno ukoliko se ima u vidu mogućnost diseminacije rezultata kako u akademskoj, tako i u stručnoj javnosti. Takođe, prednost inovacionih projekata predstavlja sinapsa univerziteta i privrede, te široke mogućnosti testiranja i prilagođavanja različitih teorijsko-praktičnih modela u svakodnevnoj poslovnoj praksi.

Mogućnost predikcije prilikom donošenja poslovnih odluka predstavlja okosnicu razvoja poslovnih modela upravljanja rizicima. Naime, neophodnost kompleksne adaptivne predikcije je indukovana frekventnim pojavama kriznih stanja, odnosno ekstremnih događaja. U zavisnosti od vremenskog horizonta, validacija

dobijenih rezultata predstavlja poseban izazov prilikom determinisanja maksimalno mogućeg gubitka. Izbor odgovarajućeg modela, nivoa pouzdanosti, distribucija podataka, neodređenost i sl, značajno utiču na performanse testiranog modela. Poslovanje u uslovima izvesnosti, analiza ključnih faktora koji utiču na performanse poslovanja preduzeća, izbor modela, adekvatna predikcija, te kontinuirani monitoring uspešnosti primene prilagođenog modela, ukazuju na mogućnost donošenja optimalnih poslovnih odluka u okviru inovacionih projekata.

2. IZBOR ODGOVARAJUĆEG MODELA – PRO ET CONTRA

Izbor odgovarajućeg konceptualno-metodološkog okvira, odnosno izbor odgovarajućeg modela, ima predominantan uticaj na performanse primene istog. Multidisciplinarnost nesumnjivo predstavlja neophodnost, pogotovo ukoliko se ima u vidu složenost, odnosno multidimenzionalnost izučavane problematike, a u okviru inovacionih projekata posebno dobija na važnosti. Korespondirajuće matematičko-statističke metode, pragmatско testiranje i validacija dobijenih rezultata predstavlja osnov za donošenje optimalnih poslovnih odluka. Nesumnjiva prednost datog konceptualno-metodološkog okvira predstavlja njegova primenljivost kako u proizvodnim tako i u uslužnim preduzećima. Imajući u vidu složenost izučavane problematike, neophodno je testirati i analizirati širok dijapazon metoda, tehnika i alata predikcije, a što ima naročit značaj prilikom donošenja optimalnih poslovnih odluka uz prihvatljiv nivo rizika. U tom smislu, neophodno je koristiti kompleksnu adaptivnu predikciju, koja omogućava promptnu evaluaciju i modifikaciju parametara.

Primena inženjerskih metoda, tehnika i alata je od esencijalnog značaja prilikom donošenja poslovnih odluka, što je od naročitog značaja u složenim sistemima. Naime, automatizacija procesa rada i procesa upravljanja zahteva poseban pristup upravljanja složenim sistemima i adekvatnu evaluaciju performansi poslovanja, koja podrazumeva postojanje komparativnih istorijskih podataka. Prednosti adaptivnog upravljanja složenim sistemima u odnosu na klasične sisteme automatskog upravljanja su nesumnjive, pogotovo ukoliko se ima u vidu dinamizam promena koji iziskuje kontinuirani monitoring i prilagođavanje izabranog poslovnog modela.

Genetski algoritmi predstavljaju tehnike pretraživanja koje su zasnovane na analogiji procesima selekcije i evolucije u prirodi. Za razliku od klasičnih metoda ovi algoritmi istovremeno ispituju čitavu populaciju generisanih rešenja (generisana najčešće na slučajan način). Svako takvo rešenje predstavljeno je odgovarajućim hromozomom (koji su zapravo najčešće stringovi binarno kodirani). Na osnovu kriterijumske funkcije vrši se evaluacija rešenja tj. ona rešenja koja imaju bolju vrednost te funkcije uzimaju se za generisanje novih rešenja kroz reprodukciju. Pri tom procesu primenjuju se genetski operatori na njima. Za najbolje rešenje se bira ono ostvareno tokom celog procesa pretraživanja.

Različiti fenomeni koji nastaju kao posledica interakcije, na osnovu njima dostupnog lokalnog znanja, velikog broja međusobno zavisnih agenata mogu se uspešno analizirati simulacionim modelima. Posebnu vrstu agenata predstavljaju oni kreirani po analogiji sa kolonijama socijalnih insekata (mravi, termiti, pčele, ose, itd.), jatima riba i ptica, kao i krdima životinja. Karakteristika tog ponašanja je autonomija, distribuirano ponašanje i samoorganizovanje. Takvi sistemi su sposobni da izvršavaju veoma složene zadatke. Optimizacija je jedna od oblasti gde se može primeniti inteligencija grupe.

Imajući u vidu prethodno navedeno, neophodno je uspostaviti odgovarajući skup pravila koje će determinisati adaptivnu sposobnost izabranog modela, u skladu sa ciljem upravljanja, kao i politikom i strategijom upravljanja. Poslovnu strategiju upravljanja je neophodno formulisati i implementirati na celishodan način, a potom izvršiti evaluaciju iste uz predlaganje korektivnih mera u realnom vremenu. Skup pravila je relativno jednostavno odrediti u pojedinačnom slučaju, međutim kada je reč o konkretnom poslovnom složenom sistemu, u procesu automatizacije datog skupa pravila postoje dodatni činioci koje je potrebno inkorporirati kako bi se postigle adekvatne performanse poslovnog sistema u posmatranju.

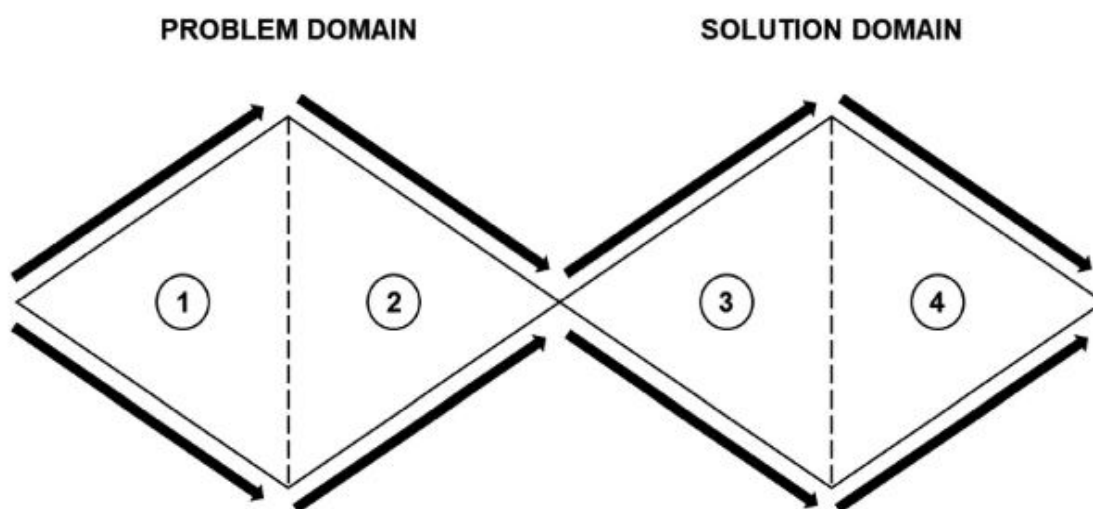
Poseban izazov predstavlja izražavanje kvalitativne komponente rešavanja poslovnog problema. Naime, analiza postojećih kvantitativnih podataka je uslovljena postojanjem kompleksnih adaptivnih modela putem kojih je moguće, u velikoj meri, dolaženje do značajnih, naučno verifikovanih i u praksi testiranih saznanja u funkciji donošenja optimalnih poslovnih odluka, kao i rasta i razvoja preduzeća u posmatranju. Rešenje problema je moguće uvođenjem fazi logike u date sisteme. Donošenje optimalnih poslovnih odluka podrazumeva razvoj modela koji je zasnovan na nepreciznim kvalitativnim podacima i lingvističkim pravilima.

Nelson et al. (2018) ističu značaj razvoja novih inženjerskih metoda u menadžmentu inovacija, te pogotovo razvoja odgovarajućih fazi sistema kao osnova budućih inovacionih projekata, te korespondirajuće upotrebe novih tehnologija prilikom razvoja inovativnih modela i softvera. Ukoliko se ima u vidu dinamično poslovno okruženje, prednost fazi logike, odnosno teorije fazi sistema, je posebno izražena prilikom donošenja poslovnih odluka u uslovima neizvesnosti i postojanja neodređenih podataka.

Prilikom kreiranja adekvatnog poslovnog modela, posebnu prednost pruža inkorporiranje veštačkih neuronskih mreža, čija primena prilikom kompleksne adaptivne predikcije procesa predstavlja osnov sticanja i održanja konkurentne prednosti. Veštačke neuronske mreže predstavljaju matematičke modele koji su pogodni za procesiranje informacija u realnom vremenu i proistekle su iz opredeljenja istraživača da imitiraju

način funkcionisanja ljudskog mozga. Dakle, veštačke neuronske mreže su imitacija bioloških i sastavljene su od neurona koji funkcionišu slično kao biološki. Veštačke neuronske mreže mogu da uče iz iskustva, generalizuju i da isključe irelevantne ulazne podatke odnosno uoče bitne karakteristike kod njih. Data osobina veštačkih neuronskih mreža je naročito značajna kod pojave redundantnih podataka i kompleksne adaptivne predikcije.

Veštačke neuronske mreže mogu takođe biti korišćene kod prepoznavanja ulaznih podataka, njihovog preslikavanja na izlazne, kao i njihovog grupisanja i klasifikovanja. Frekventna primena je i u rešavanju optimizacionih problema, te naročito optimizacije poslovnih odluka, procesiranju signala, prepoznavanju oblika, u medicinskim istraživanjima, upravljanju proizvodnim procesima i sl. Takođe, osim veštačkih neuronskih mreža, veštačka inteligencija ima posebno mesto, ulogu i značaj u budućim inovacionim projektima i to naročito u slučajevima postojanja širokog raspona podataka, odnosno u slučajevima postojanja kompleksnih interakcija između varijabli, kao što je prikazano na slici 1 (Kakatkar et al., 2019.).



Slika 1. Proces inovacija

- 1** Analiza problema: Koji su mogući problemi?
- 2** Selekcija problema: Koji sledeći problem (-i) je moguće rešiti?
- 3** Analiza rešenja: Koja su moguća rešenja izabranog problema?
- 4** Selekcija problema: Koja su najbolja rešenja izabranog problema?

Izvor: Prilagođeno; Kakatkar et al., 2019.

Kompleksna adaptivna predikcija poslovnih procesa u okviru inovacionih projekata podrazumeva primenu širokog dijapazona savremenih inženjerskih metoda, tehnika i alata u kontekstu ostvarenja visokih poslovnih performansi složenih poslovnih sistema u posmatranju.

3. ZAKLJUČAK

Inovacioni projekti imaju značajan potencijal razvoja šire društveno-ekonomske zajednice, sa posebnim akcentom na diseminaciju rezultata, odnosno promptnu primenu u poslovanju preduzeća. Imperativ prilagođavanja izabranog konceptualno-metodološkog okvira je indukovana turbulentnim uslovima okruženja i izrazitim dinamizmom promena.

Primena izabrane metodologije u kompleksnoj adaptivnoj predikciji, podrazumeva interdisciplinarnost i uvažavanje osobenih karakteristika predmeta izučavanja, kako bi se pravovremeno anticipirali rizici, koji su imanentni. Limiti u radu podrazumevaju nedostatak istorijski dostupnih podataka, kao i njihove dostupnosti u realnom vremenu.

Pravci daljih istraživanja podrazumevaju testiranje kompleksne adaptivne predikcije u okviru inovacionih projekata na kontinuiranoj osnovi, što omogućava donošenje optimalnih poslovnih odluka.

4. LITERATURA

- [1] Kakatkar, C., Bilgram, V., Fuller, J., *Innovation Analytics: Leveraging Artificial Intelligence in the Innovation Process*, Business Horizons, pp. 1-11, 2019.
- [2] Ralević, N., Đaković, V., Todorović, T., Kovačević, I., *Mesto, uloga i značaj savremenih inženjerskih metoda u dinamičnim uslovima okruženja*, Zbornik radova / XXIV skup Trendovi razvoja: „Digitalizacija visokog obrazovanja”, Trend 2018, Kopaonik, 21-23.02.2018., Novi Sad: Univerzitet u Novom Sadu i Fakultet tehničkih nauka, Paper No. T3. 3-6, str. 312-315, 2018.
- [3] Nelson, J., Malon, X., Férey, N., *Analyzing Interaction Dynamics at the Fuzzy Front-End of Innovation Projects: A Tool for Prospective Ergonomics*, In Congress of the International Ergonomics Association, Springer, Cham., pp. 1001-1007, 2018.