

Program GOSTOP – Gradniki, orodja in sistemi za tovarne prihodnosti

Igor Kovač¹, Vladimir Jovan¹, Aleš Hančič², Aleš Ude¹, Janez Štrancar¹

¹ Institut »Jožef Stefan«, ² TECOS

POVZETEK

*Cilj Programa GOSTOP je pospešiti razvoj in izgradnjo koncepta pametnih tovarn v Sloveniji in odgovoriti na aktualne potrebe slovenskega gospodarstva, kjer nekatera industrijska podjetja že skušajo uvajati koncept pametnih tovarn v svojo proizvodnjo. V tri in pol letnem Programu, ki se je začel konec leta 2016, smo združili raziskovalne skupine iz trinajstih podjetij in šestih raziskovalnih organizacij, ki imajo kompatibilne raziskovalno-razvojne programe in že izvajajo raziskave na področju pametnih tovarn. Upoštevač slovensko strategijo pametne specializacije, ki jo je pripravila SVRK, kot tudi strategijo razvoja koncepta pametnih tovarn, ki se uveljavlja v EU in jo promovira na primer EFFRA, smo identificirali štiri področja, na katerih lahko Slovenija doseže pomembne preboje v bližnji prihodnosti: **tehnologije vodenja, orodjarstvo, robotika in fotonika**. S tem smo v Programu GOSTOP združili večino horizontalnih področij iz strategije pametne specializacije Slovenije na področju pametnih tovarn. Na vseh štirih področjih smo izbrali najperspektivnejše raziskovalne teme, ki jih je pripravljena podpreti slovenska industrija in na katerih obstajajo ustrezna znanja v slovenskih raziskovalnih organizacijah, in poiskali sinergije med njimi. V Program smo vključili več vertikalnih verig vrednosti, ki bodo v bližnji prihodnosti vodile do novih produktov, s katerimi bo slovenska industrija izboljšala svojo konkurenčnost. Zato Program GOSTOP vključuje razvoj novih izdelkov in tehnologij, ki jih razvijajo agilna manjša in srednja podjetja, kot tudi razvoj celotnega koncepta pametne tovarne, ki bo pripeljal do celovitih in integriranih sistemov, s katerimi bodo lahko večja slovenska podjetja optimizirala lastne proizvodne procese in razvila nove produkte z veliko dodano vrednostjo. Primer takšnega produkta je vizija tovarne na ključ za globalni trg, ki jo vključuje naš program. Uspešna izvedba predlaganega Programa, bo prispevala k bistvenemu dvigu dodane vrednosti in k povečanju izvoza v sodelujočih podjetjih.*

1. UVOD

Približno desetina EU podjetij je danes klasificiranih kot proizvodna podjetja. Proizvodni sektor je vedno predstavljal enega osnovnih stebrov EU ekonomije. Zato poteka vrsta aktivnosti tako v EU kot pri nas, s katerimi naj bi trenutni delež industrijske proizvodnje v EU GDP s sedanjih 16% dvignili do 2020 na 20%. Posledično je v teku že vrsta projektov, kjer se razvija nova proizvodna paradigma - Tovarne prihodnosti - , ki predstavlja vizijo, kakšna naj bo industrijska proizvodnja v prihodnosti.

Izvedljivost koncepta pametnih tovarn/tovarn prihodnosti temelji na dejstvu, da je večina tehnoloških področij, ki jih potrebuje koncept pametnih tovarn že dosegla potrebno stopnjo zrelosti, potrebna pa je še integracija vseh omogočitvenih tehnologij, ki bo zagotovila učinkovito visoko avtomatizirano in prilagodljivo proizvodnjo brez izmeta in ob čim manjši vlogi človeškega faktorja. Zato morajo imeti oprema in uporabljene tehnologije v tovarnah prihodnosti zmožnost izboljševanja proizvodnih procesov s samooptimizacijo in avtonomnim odločanjem.

Tako bo struktura tovarn prihodnosti bistveno različna od sedanje: vzpostavljena bo popolna povezava/sodelovanje med inteligentnimi proizvodnimi napravami in odločanja ter človekom na vseh nivojih vodenja proizvodnje.

Program GOSTOP je zbral slovenska raziskovalna in inovacijska znanja ter izkušnje iz industrijske in akademske sfere z namenom, da uvrsti Slovenijo med ugledne evropske ponudnike izdelkov, tehnologij in storitev za tovarne prihodnosti. Kritično maso znanj in izkušenj smo iskali predvsem na tehnoloških področjih, ki imajo v Sloveniji že danes komparativne prednosti in imajo realne možnosti za večjo uveljavitev slovenskega znanja tudi v svetu. To so predvsem: tehnologije vodenja sistemov, robotika, orodjarstvo in fotonika.

2. TEHNOLOGIJE VODENJA SISTEMOV

Steber zajema razvoj portfelja izbranih gradnikov, ki bodo prispevali k močnejši integraciji fizikalnega in digitalnega sveta v tovarnah prihodnosti. Porajajoča tehnologija interneta stvari in njena vpeljava v industrijsko

okolje je zelo kompleksna in predstavlja velik izziv na področju raziskav. Trenutno še ni jasno definiranih standardov na področju zajema podatkov, pošiljanja množice podatkov v zaščiteni obliki v (privatni ali javni) oblak, zagotavljanja varnega dostopa do podatkov in zanesljivosti delovanja sistema v javnih komunikacijskih omrežjih. Sistem v oblaku bo moral velike količine procesnih podatkov (v stisnjeni obliki) shranjevati, jih analizirati in široki množici uporabnikov pretvoriti v koristne informacije, z namenom zgodnjega odkrivanja problemov ter hitrejšega informiranja in ukrepanja.

Izreden razvoj omogočitvenih tehnologij, ki omogočajo hitri dostop do ogromne količine proizvodnih podatkov, kot so na primer internet stvari, porazdeljena senzorska omrežja, komunikacijske tehnologije, shranjevanje in obdelava v oblaku, so omogočile tudi razvoj novih zmogljivih orodij za iskanje informacij v proizvodnih podatkih s pomočjo matematičnih modelov.

Razviti bodo novi postopki, ki zagotavljajo samodejno vsestransko in globinsko analizo kakovosti izdelkov z namenom zagotavljanja 100% kakovosti izdelkov.

Skupni cilj vseh raziskovalno-razvojnih korakov je razvoj platforme za nadzor, napovedovanje in sintezo optimalnih ukrepov pri adaptivnem vodenju proizvodnje na podlagi razvitih proizvodnih modelov (prediktivno vodenje, simulacija).

Realizirani bodo industrijski prototipi več samostojnih izdelkov, ki slonijo pretežno na rezultatih raziskovalnih aktivnosti, ter bodo ovrednoteni v industrijskem okolju.

3. ROBOTIKA

Steber robotika predstavlja raziskave, ki so usmerjene k integraciji robotskih tehnologij v tovarne prihodnosti v okviru paradigme Industrija 4.0. Cilj je povečanje fleksibilnosti proizvodnje in stopnje avtomatizacije, z namenom višanja produktivnosti in kakovosti izdelkov.

Namen je doseči preboje na tistih področjih robotike, na katerih v Sloveniji že obstajajo močne raziskovalne skupine in podjetja. Pregled stanja robotike v Sloveniji je pokazal, da obstajata znanje in skupen interes raziskovalnih organizacij in podjetij ter potrebe za nadaljnji razvoj predvsem na štirih področjih, na katere se program osredotoča:

- Adaptivne robotske tehnologije in celice
- Inteligentni senzori in pogoni
- Robotsko podprte laserske obdelave
- Povezovanje poslovnosti, avtomatizirane proizvodnje, robotike in izdelka na harmoniziran način.

Današnje robotske celice že omogočajo avtomatizacijo številnih proizvodnih procesov, vendar pa pri tem niso dovolj fleksibilne. Zato je potrebno razviti nove robotske tehnologije, ki bodo omogočale hitrejšo in enostavnejšo prilagajanje robotskih celic na nove produkte. Razvoj je osredotočen na fleksibilno



predvsem prijemanje in manipulacijo, strojni vid in strojno učenje. Cilj je razvoj adaptivne robotske celice za kontrolo kakovosti izdelkov, s čimer bomo omogočili uporabo robotov v številnih proizvodnih procesih, ki se danes še vedno izvajajo ročno.

Trendi pogonske tehnike predvsem v robotskih industrijah gredo v izdelovanje inteligentnih prenosnih sistemov z algoritmi krmiljenja navora in z že vgrajenim nadzornim sistemom in možnostjo predvidevanja vzdrževanja posameznega pogonskega sklopa v celotnem sistemu. Za ta namen bo opravljena študija možnosti uporabe koncepta »internet stvari« pri vzdrževanju pogonskih sklopov z enkoderji, senzori navora in motorji za pogon. Razvili bomo algoritme, ki so potrebni za spremljanje in nadzor celotnega pogonskega sistema.

V številnih sektorjih industrije in medicine se zaradi visoke natančnosti vnosa energije ter visoke fleksibilnosti vse bolj uveljavljajo laserske

tehnologije. Posebno mesto zasedajo robotizirane daljinske laserske obdelave, ki predstavljajo integracijo robotskega manipulatorja z lasersko skenirno optiko. Takšne konfiguracije omogočajo veliko delovno območje, visoko geometrijsko fleksibilnost obdelovancev in ultra kratke čase obdelave, kot so na primer lasersko varjenje, rezanje in mikrostrukturiranje. S tem namenom bodo razviti novi pristopi, ki bodo omogočili uporabo inteligentnih robotiziranih daljinskih laserskih obdelav v splošni industriji SME-jev, kjer imamo opraviti z majhnimi serijami izdelkov in je danes potrebna investicija previsoka za rentabilno robotizacijo.

Platforma virtualne tovarne bo razvita z namenom izdelave inteligentnega, konkurenčnega, trajnostnega sistema, z vključenimi elementi robotizacije. Vključeval bo raziskave na področju inteligentnih algoritmov, simulacije diskretnih dogodkov v realnem času in Plug & Produce vmesnikov z načeli interneta stvari. S tem bomo omogočili, da bo realizacija naročila izvedena na osnovi samo-organizacije (LEAN), samo-konfiguracije (AGIL) in samo-kontrole kakovosti (TQM) PPS-a z avtomatskim zbiranjem ključnih kazalnikov uspešnosti (KPI) z vsemi elementi digitalne sledljivosti produkta. Takšen pristop bo zagotovil povečanje učinkovitosti proizvodnega procesa v realnem času.

4. ORODJARSTVO

Steber zajema razvoj orodja z namenom nadgradnje iz sedanjega pasivnega elementa v aktivno omrežen element z lastno umetno inteligenco, ki je popolnoma integriran v informacijski ekosistem podjetja. Tako orodje bo sposobno v vsakem trenutku aktivno spremljati dogajanje znotraj orodja, ter preko vgrajene umetne inteligence aktivno sprožiti potrebne aktivnosti, ki bodo v realnem času odpravljale posledice nepredvidenih dogodkov ter se tako izognile zastojem v proizvodnji. To bo omogočilo izboljšanje učinkovitosti celotnega cikla proizvodnje izdelkov, od načrtovanja, izdelave orodja, do same proizvodnje, saj bodo vsi proizvodni parametri merjeni in korigirani v

realnem času. Poleg tega pa bo inteligentno orodje tudi sposobno samostojnega učenja, kar pomeni, da ne bo samo korigiralo procesne parametre na osnovi vnaprej pripravljenih protokolov, ampak bo na osnovi analize vhodnih podatkov ter odzivov na njihove spremembe, sposobno predvideti katera kombinacija procesnih parametrov omogoča optimalno delovanje kombinacije orodje-stroj.

Za obdelavo in analizo podatkov s senzorjev z namenom izboljšanja upravljanja orodij bo izdelan modul Intelligent Tool Management in modul Intelligent Tool Analytics za MES Cloud.

Namen modula Intelligent Tool Management je spremljanje, nadzor in upravljanje z orodji uporabljenih na pametni liniji, kar pomeni spremljanje zgodovine in življenjske dobe orodij, spremljanje uporabe in obrabe orodij, spremljanje stanja orodij na skladišču in v proizvodnji, izboljšanje uporabniške izkušnje itd..

Namen modula Intelligent Tool Analytics je analiza uporabe in stanja orodij uporabljenih na pametni liniji, kar bo omogočalo oceno stanja iztrošenosti orodij, analizo vzrokov napak orodij, napoved predvidene življenjske dobe orodja, itd..

Naslednja aktivnost zajema, vzporedno z digitalizacijo orodij, celostno digitalizacijo tehničnih in poslovno odločitvenih procesov. To pomeni na izhodiščni ravni digitalizirati vse proizvodne procese in jih povezati v skupno bazo. Novi načini zajemanja, obdelave in uporabe podatkov, avtomatizacija proizvodnje, povezanost naprav in novi uporabniški vmesniki bodo omogočili nov način upravljanja tovarne. Zato bomo v sklopu Programa zasnovali nov koncept proizvodnje linije tako, da bo omogočen zajem in pretok ustreznih podatkov o tehnoloških parametrih kot tudi o lastnostih, razpoložljivosti materialov, virov polizdelkov in izdelkov.

Cilj je razviti linijo oz. proizvodno celico, ki bo delovala avtonomno in kjer bo kontrola kvalitete ter nadzor potekal čimbolj na daljavo. Potreben bo zajem stanja resursov in izdelkov na vhodu na linijo ter upravljanje relevantnih dejavnikov tekom opazovanega procesa.

V projektu bomo tako stremeli k temu, da z industrijskimi raziskavami ter eksperimentalnim razvojem dosežemo točko, ko bomo sposobni

narediti prototip inteligentnega samoregulacijskega mehatronskega orodja, ki bo popolnoma vpeto v informacijsko omrežje podjetja in oblačnega delovanja. Proizvodnja linija oz. robotska celica bo opremljena s senzorji in vmesniki za zajem številnih parametrov, kar bo omogočilo čimbolj avtonomno delovanje in nadzor na daljavo.

5. FOTONIKA

Aktivnosti stebra bodo osredotočene na razvoj konceptov ter prototipov novih naprednih laserskih tehnologij za digitalizacijo proizvodnih in terapevtskih procesov s točkovnim dovajanjem energije v ali na snov. Razviti bodo novi koncepti in laboratorijske demonstracije ter validacije sistemov, povezanih z novimi procesi, tehnologijami in sistemskimi sklopi, ki bodo preko inteligentnih nadzornih algoritmov omogočili polno izkoriščanje fleksibilnosti digitalne narave laserskega procesiranja v samoregulativnih in adaptivnih laserskih sistemih ter njihovo integracijo v samoorganizirane pametne tovarne in klinike prihodnosti. Med njimi naj omenimo sisteme za doseganje specialnih pogojev za lasersko transferno tiskanje z zelo visokimi hitrostmi, razviti koncept novega tipa laserskega izvora, sisteme za doseganje natančnega in krajevno omejenega doziranja energije laserskih sunkov, ki bodo hkrati omogočali diagnostično ter terapevtsko delovanje. Za



personalizirano daljinsko obdelavo organskih površin bo razvit koncept inteligentnega laserskega in skenirnega sistema z detekcijo termalnega polja v obdelovancu (»ILOOP«), za razvoj pametnih adaptivnih sistemov pa bodo razviti in validirani detekcijski koncepti za nadzor lege gorišč laserjev, doz laserskih sunkov, vzorcev zaporedja, modulacijskih vzorcev in koncepti za spremljanje temperaturnih polj. Pri tem bomo postavili laboratorijske validacijske sisteme, na katerih bomo validirali sklopljene sisteme novih laserskih izvorov ter detekcijskih shem za inteligentno kontrolo.

6. ZAKLJUČEK

V programu sodeluje devetnajst partnerjev. Pet javno-raziskovalnih organizacij (Institut "Jožef Stefan", Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za računalništvo in informatiko, Univerza v Mariboru in Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko) ter en razvojni center (Razvojni center orodjarstva Slovenije TECOS). S strani industrije so vključena tako velika kot tudi srednja in mala podjetja, kompetentna na vseh področjih stebrov (Kolektor Group d.o.o., INEA d.o.o., METRONIK d.o.o., HIDRIA ROTOMATIKA d.o.o., YASKAWA Slovenija d.o.o., PODKRIŽNIK d.o.o., NELA razvojni center d.o.o., COSYLAB d.d., L-TEK d.o.o., ŠPICA INTERNATIONAL d.o.o., OPTOTEK d.o.o., LPKF d.o.o., FOTONA d.o.o.). Program je vreden skupno 9,4 mio EUR od tega je 5,95 mio EUR sofinanciranja. Naložbo sofinancira Republika Slovenija in Evropska unija iz Evropskega sklada za regionalni razvoj.

Literatura

- [1] GOSTOP – Gradniki, orodja in sistemi za tovarne prihodnosti, Predstavitev Programa, Javni razpis »Spodbujanje izvajanja raziskovalno-razvojnih programov (TRL3-6)«, Republika Slovenija, Ministrstvo za izobraževanje, znanost in šprt, Evropska Unija, Evropski sklad za regionalni razvoj, 70 strani.