

Oznaka poročila: ARRS-RPROJ-ZP-2013/134



ZAKLJUČNO POROČILO RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROJEKTU

1. Osnovni podatki o raziskovalnem projektu

Šifra projekta	L2-2338
Naslov projekta	Sodobni postopki nadzora in upravljanja kakovosti izdelkov v kompleksnih proizvodnih procesih na podlagi modela
Vodja projekta	2561 Đani Juričić
Tip projekta	L Aplikativni projekt
Obseg raziskovalnih ur	4650
Cenovni razred	B
Trajanje projekta	05.2009 - 04.2012
Nosilna raziskovalna organizacija	106 Institut "Jožef Stefan"
Raziskovalne organizacije - soizvajalke	2598 KOLEKTOR SINABIT avtomatizacija, informatizacija, inženiring d.o.o.
Raziskovalno področje po šifrantu ARRS	2 TEHNIKA 2.06 Sistemi in kibernetika 2.06.02 Znanja o sistemih in vodenju sistemov
Družbeno-ekonomski cilj	06. Industrijska proizvodnja in tehnologija

2. Raziskovalno področje po šifrantu FOS¹

Šifra	2.02
- Veda	2 Tehniške in tehnološke vede
- Področje	2.02 Elektrotehnika, elektronika in informacijski inženiring

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

3. Povzetek raziskovalnega projekta²

SLO

Nepričakovane ustavitve proizvodnje in nenormalno delovanje strojev in naprav so še vedno pogosta težava v sodobnih proizvodnih procesih. Do teh pojavov pogosto pride brez opaznega zunanega vzroka, tudi po daljšem, navidezno normalnem delovanju procesa. Posledice se

kažejo v upadu kakovosti, povečanju števila slabih izdelkov ter zmanjšani učinkovitosti proizvodnje, kar pomeni upad dohodka. Klasične metode statistične kontrole ne morejo dovolj zgodaj zaznati deviacij in ugotavljati njihovih vzrokov. Razlog je v tem, da posamično obravnavajo parametre kakovosti izdelka pri čemer ne upoštevajo notranjih povezav med spremenljivkami procesa. V želji po večanju konkurenčnosti in zaradi čedalje večje kompleksnosti proizvodnih procesov, se pri evropskih proizvajalcih kaže potreba po večji podpori odločanju pri vodenju proizvodnje. Razvoj MES in ERP sistemov je omogočil zbiranje velikih količin podatkov iz procesa. Eden glavnih problemov pri načrtovanju podpore odločanju je, kako iz podatkov, ki so lahko nepopolni, korelirani in nezanesljivi, priti do modela, ki bo dovolj natančno napovedoval obnašanje procesa ter tako omogočil njegovo učinkovito vodenje. Iz tega motiva izvira tudi pričujoči projekt. Njegov namen je (i) oblikovati dovolj splošni koncept vodenja proizvodnje z modeli, (ii) raziskati problem sinteze reduciranega modela iz podatkovnega nabora visokih dimenzij, (iii) analizirati problem sinteze vodenja na podlagi modela na simuliranih primerih, (iv) razviti prototipni sistem za nadzor in kontrolo kakovosti izdelkov na podlagi modela za izbrani proces pri sofinancerju projekta. V tem izrazito aplikativno naravnem projektu smo uspeli razviti več modulov materialne in programske opreme, ki skupaj tvorijo osnovo za eksperimentalni prototip. Med raziskovalnimi izzivi izstopa problem izbire najbolj vplivnih manipulativnih vhodov v postopku sinteze reduciranih modelov iz podatkov. Pri tem smo uporabljali različne razrede linearnih in nelinearnih sistemov. Prototipne rešitve smo preizkusili kar v proizvodnji, kar je zahtevalo veliko resursov in organizacijskega napora.

ANG

Unexpected breakdowns and unpredictable degradation of product quality are still major evils in the manufacturing systems. These problematic events appear without obvious cause often after idyllic periods of smooth production. The implications are production losses and reduced process availability, both directly reducing the profit. The classical statistical process control methods are completely inadequate in providing qualified warnings and remedies. The reason is that they are focused on individual, typically output variables, largely ignoring the inherent relationships between process variables. In quest for greater competitiveness, the European manufacturing sector is attempting to shift the production and business paradigm towards innovative model-based decision support that makes use of huge amount of process data. This is possible thanks to the support of the ERP and MES systems. One of the challenges of the design of decision support system, is how to identify accurate predictive process model from incomplete, uncertain and correlated process data. The aim of the project is to (i) design a generic concept of the model-based production control, (ii) investigate the problem of reduced-order model identification from high-dimensional data, (iii) analyse the model-based control design concepts on simulated case studies and (iv) to develop a prototype system for monitoring and control of the product quality on a selected manufacturing process. In this application-oriented project, several HW and SW modules of the experimental prototype have been developed. One of the issues concern selection of the most influential manipulative variables in the frame of model identification. Different classes of linear and nonlinear systems were tested. Some of the prototype solutions have been tested directly on the production line, which took considerable resources and organizational effort.

4. Poročilo o realizaciji predloženega programa dela na raziskovalnem projektu³

Pri izvajanju projekta je bil poudarek na doseganju raziskovalno-razvojnih ciljev, ki so neposredno zanimivi za projektne sofinancerja. Predvsem gre tukaj za potrditev koncepta z demonstracijo na industrijskem objektu.

Raziskovanje je potekalo v okviru naslednjih aktivnosti.

Analiza potreb. V začetni fazi projekta smo se osredotočili na profiliranje funkcionalnih zahtev, analizo potreb in stanja v svetu ter konceptualno zasnovo bodočega sistema. Identificirali smo nekatere specifičnosti problemske domene, ki, kot se je izkazalo tekom izvajanja projekta, lahko otežijo reševanje problema. Glavna težava pri načrtovanju vodenja proizvodnje se nanaša na pomanjkanje ustreznih razredov matematičnih modelov, ki bi bili dovolj reprezentativni za širok nabor proizvodnih procesov. Le-ti bi omogočali eksaktno raziskavo ključnih vprašanj problemske domene. Zato se je bilo treba opreti na realne podatke. Ker pa niso bile na voljo možnosti laboratorijskega preizkušanja, je edina opcija uporaba podatkov in preizkušanje na realnem industrijskem procesu.

Postavitev koncepta. Proizvodni proces smo obravnavali kot preslikavo vhodnega vektorja manipulativnih vhodov, parametrov kakovosti vhodnih surovin ter tehnoloških parametrov v izhodni vektor parametrov kakovosti izdelkov in drugih relevantnih pokazateljev uspešnosti proizvodnje, znani kot ključni kazalniki uspešnosti (angl. key performance indicators KPI). V projektu smo se osredotočili predvsem na parametre kakovosti končnih izdelkov. Običajno je

dimenzija vhodnega vektorja bistveno višja od dimenzije vektorja KPI-jev. Zato gre pri problemu vodenja kakovosti za inverzni problem z redundanco, saj je potrebno vektor zelenih vrednosti izhodov preslikati v vektor manipulativnih vhodov višje dimenzije. Zaradi izredno omejenih možnosti generalizacije problema vodenja kakovosti proizvodnje (za razliko od problemov vodenja procesov na fizičnem nivoju) smo se za potrditev postavljenih konceptov morali opreti na dodatne primere iz procesne industrije (proces Tennessee-Eastman in proces polimerizacije).

Izvedba eksperimentalnega okolja in informacijskega sistema. Za verifikacijo koncepta na realnih podatkih je bilo potrebno pripraviti eksperimentalno okolje na proizvodni liniji. Problem, ki smo ga identificirali v tej fazi projekta, zadeva omejeno infrastrukturo za zbiranje podatkov za specifične stroje starejše generacije. Teh je v industriji še vedno veliko, vključitev v proizvodni informacijski sistem pa terja največkrat posebne rešitve. Ta problem se je pokazal tudi na izbranem procesu brizganja jermenic in vtiskanja ležajev v proizvodnem obratu podjetja Kolektor KFH. Tekom izvajanja je bilo potrebno večkrat dopolnjevati sistem zaradi dodatnih zahtev uporabnika. Na primer, iz analize podatkov so tehnologi ugotovili, da bi bili za modeliranje procesa potrebni še dodatni podatki o temperaturah brizganja posameznega izdelka na brizgalnem stroju Arburg. Izvirni procesorski modul na stroju zajema seveda vse podatke, ki pa so zunanjemu uporabniku dostopni šele proti zelo visokemu plačilu. Po dolgih neuspešnih pogajanjih je morala projektna skupina sama razviti posebni zunanji procesorski modul, s katerim se nam je uspelo priključiti na PLK stroja in tako priti do podatkov. Vse to je terjalo nepričakovano veliko časa in resursov.

Sinteza modela proizvodnje iz podatkov. Problem modeliranja smo formulirali kot dvostopenjski problem. Glavna težava, ki se pojavlja pri pričujoči družini procesov je visoka dimenzija podatkov, občasni izpadi oz. "luknje" v podatkovnih nizih in predvsem koreliranost med podatki. Zaradi tega je informacijska vsebnost podatkov omejena. Problema smo se lotili z raziskavo postopkov za iskanje signifikantnih vhodov, ki najbolj vplivajo na parametre izhodne kakovosti. V drugi stopnji smo identificirali model z različnimi postopki ocenjevanja parametrov.

Sinteza modulov za podporo odločanju. Razvite matematične modele smo uporabili kot virtualne senzorje za paralelno spremljanje izhodov procesa. Na podlagi razlike med izmerjenimi vrednostmi in vrednostmi napovedanih iz modela smo generirali tim. residuele. V primeru, da proizvodnja poteka brez težav, je statistika residualov enaka referenčni statistiki. Ko pa pride do degradacije parametrov kakovosti izdelka se to pozna na statistiki residuala. Predlagali smo statistične teste s katerimi ugotavljamo zgodnji upad kakovosti izdelkov pri predpisani stopnji signifikantnosti.

Implementacija in validacija. Za potrebe sinteze modela se je izkazalo, da je ključnega pomena zagotoviti sledljivost na nivoju vsakega posamičnega izdelka, kar žal terja precejšnje dodatne aktivnosti, da se ne ogrozi proizvodnja. Del validacije pa je bilo treba opraviti na simulaciji. Treba je priznati, da so zato, ker nimamo fizikalnega modela procesa, simulacijski poskusi zelo omejene vrednosti.

Rezultati in učinki raziskovalnega projekta

Pomemben praktični rezultat projekta (predvsem za sofinancerja) je eksperimentalna platforma za nadzor proizvodnje s pomočjo modelov. Osredotočili smo se na proces brizganja jermenic in vtiskanje ležajev v proizvodnem obratu podjetja Kolektor KFH. Platformo sestavljajo novi moduli za zajemanje podatkov direktno iz krmilnih sistemov strojev, ki so vključeni v linijo za izdelavo jermenic. Zajeti podatki se pošiljajo na MES sistem Sinapro. Ta poskrbi za arhiviranje podatkov in za prikaz podatkov.

Ker brizgalni stroj ni imel ustreznih komunikacijskih možnosti, je bila izvedena rešitev, ki s pomočjo dodatnega krmilnika bere podatke za posamezen brizg iz komunikacijskega procesorja na brizgalnem stroju. Na voljo so podatki o temperaturah, čas cikla, čas brizga, itd. Stroj za vtiskanje ležajev je opremljen z Moellerjevim krmilnikom in namenskim programom, ki ga je izdelala skupina na strani Kolektorja. Zajem podatkov za vsak izdelan kos je izveden tako, da krmilnik stroja komunicira z dodatnim krmilnikom in dobi podatke o silah pri vtiskanju, itd.

Naprava za optično kontrolo pa je narejena tako, da vgrajen PC računalnik na podlagi podatkov iz več kamer izračunava merjene parametre in jih beleži na disk. Zajem podatkov v Sinapro poteka tako, da namenski vmesnik bere podatke na disku in jih zapiše v podatkovne strukture sistema Sinapro. Razpoložljivi podatki so dimenzije in podatki ovrednoteni na podlagi dimenzij – na primer prelitost mase, itd.

Izdelan je bil tudi program za pretvorbo iz formata zapisa iz MSSQL baze sistema Sinapro Excel datoteke.

Pomembni doprinos projekta predstavlja sistematični postopek za sintezo modela na podlagi zbranih podatkov. Ker se proizvodnje ne sme prekinjati, smo najprej poskusili dobiti modele iz podatkovnih serij zbranih neposredno iz stroja z nadzornim sistemom Sinapro. Delo smo opravili v dveh fazah. Prva faza je temeljila na uporabi podatkov iz proizvodnje. Največji problem pri tem je pomanjkljiva sledljivost izdelkov. Zaradi specifičnega tehnološkega pristopa

se namreč pri prehodu iz enega stroja na drugi stroj sledljivost izgubi, tako da znotraj ene serije ni znano, kateri vhodni parametri pripadajo izhodnim parametrom izdelka. Zato klasična regresija ni izvedljiva. Namesto tega smo razvili postopek, s katerim naj bi premostili problem pomanjkanja sledljivosti. Vhodne in izhodne parametre za posamezno serijo opišemo s funkcijami marginalne gostote verjetnosti, zvezo med njimi pa modeliramo s pomočjo momentov porazdelitvenih funkcij (značilke). Rezultati so pokazali, da kljub različnim postopkom za sintezo značilk, izrazitih povezav med posameznimi vhodi in izhodi nismo odkrili. Zato je bilo treba načrtati posebni protokol za učenje modela na podlagi testne serije, ki bo zagotavljala sledljivost in bogat nabor podatkov pri različnih delovnih pogojih. Druga ideja se nanaša na dopolnitev procesa z robotsko roko, ki skrbi za prenos izdelkov s stroja na stroj. Na podlagi testnih serij na proizvodnem sistemu smo prišli do podatkov, s katerimi smo lahko identificirali proizvodne parametre, ki najpomembneje vplivajo na kvaliteto izdelka. Analizo vpliva proizvodnih parametrov smo temeljili na različnih metodah, ki so bile sposobne upoštevati soodvisnost proizvodnih parametrov. Uporabili smo parcialno korelacijsko analizo, parcialno skupno informacijo, gama test in postopno gradnjo modela, ki je linearen v parametrih. Pomembnost posameznih parametrov pa je bila določena na podlagi združevanja rezultatov različnih metod, kjer smo opazovali povprečja ocen posameznih parametrov. S to metodologijo smo za vsakega izmed parametrov kvalitete identificirali najvplivnejše proizvodne parametre ter jih ovrednotili z oceno prispevka k natančnosti linearne regresije. Izkazalo se je, da lahko že z zelo omejenim naborom vplivnih proizvodnih parametrov napovemo vrednost parametra izhodne kakovosti izdelka.

V zadnji fazi smo poiskali tudi povezavo med manipulativnimi spremenljivkami in najvplivnejšimi proizvodnimi parametri, s čimer smo sklenili povezavo med potencialnimi akcijami operaterja procesa in končno kvaliteto proizvoda.

Dobljene modele smo potem uporabili za računanje residualov. Degradacijo kakovosti detektiramo s chi-kvadrat testom residuala.

Koncepte vodenja in nadzora proizvodnje z modeli, ki smo jih razvijali v polpreteklosti in jih v tem projektu dodatno izpopolnjujemo, smo razširili za potrebe validacije na specifičnem problemu procesa polimerizacije. Naloga matematičnega modela je podpora generiranju akcij operaterja. Namen je izpopolniti postopke za sprotno doziranje reagentov med šaržo, kar smo realizirali z robustno kombinacijo diskretnega P regulatorja ter diskretnega PI regulatorja. Postopki vodenja preprečujejo temperaturni pobeg v reaktorju zaradi eksotermne reakcije, obenem pa minimizirajo odstopanja temperature od želene vrednosti. Postopek za doziranje enega od reagentov smo testno preizkusili na reaktorju v podjetju Mitol in potrdili bistveno bolj kontroliran potek temperature v reaktorju in doseganje temperature v ozkem tolerančnem območju.

Uporaba rezultatov

Rezultate raziskav smo posredno ali neposredno uporabili na različne načine:

- Zaradi težav z generalizacijo problema, smo del koncepta preverjali z algoritmi na izbranih simulacijskih problemih, za katere smo imeli na razpolago matematični model (Tennessee-Eastman, proces polimerizacije v Mitolu).
- Del razvitih algoritmov smo testirali neposredno na proizvodni liniji v Kolektorju in pokazali, da je možno realizirati dovolj natančne modele procesa iz podatkov. Na podlagi residualov in občutljivih statističnih testov lahko opravimo zgodnje zaznavanje morebitnih sprememb v kakovosti. Te možnosti v trenutnem stanju proizvodne linije ne pridejo toliko do izraza, ker ni možna sledljivost vsakega posamičnega izdelka temveč le sledenje statistiki parametrov skupine izdelkov.
- Model je možno uporabiti tudi za nastavitve delovnih parametrov stroja, kar se kaže na podlagi preliminarne analiz. Pri tem je za sofinancerja najbolj pomembna ugotovitev, da je za oceno parametrov, oz. učenje modela, potrebno 1-2 dni poskusne obratovalne serije. Pri tem se zahteva sledljivost proizvodnega procesa na nivoju izdelka. Doslej uporabljeni izkustveni pristopi nastavljanja stroja so namreč terjali nekaj mesecev proizvodnje ob ustrezno nižji kvaliteti. Nov način zato omogoča velike prihranke..

Sodelovanje s tujimi partnerji

Člani projektne skupine smo bili mednarodno dejavni. Z reševanjem nekaterih problemov modeliranja sistemov visokih dimenzij smo se imeli priložnosti seznaniti v okviru COST projekta IntelliCIS, ki je sicer namenjen vodenju in nadzoru velikih infrastrukturnih sistemov. V okviru Eurostars projekta PROBASENSOR smo s tujimi partnerji uspešno sodelovali pri sintezi matematičnega modela za nadzor kakovosti valjanja pločevine. Izkušnje v zvezi s prenosom raziskovalnih dosežkov v prakso smo posredovali v okviru projekta Promoting Innovation in the Industrial Informatics and Embedded Systems Sector through Networking - I3E (South East European initiative).

5. Ocena stopnje realizacije programa dela na raziskovalnem projektu in zastavljenih raziskovalnih ciljev⁴

Cilji, ki smo jih zastavili v projektu so bili naslednji

- oblikovati dovolj splošni koncept vodenja proizvodnje z modeli,
- predlagati postopke za sintezo reduciranega vhodno-izhodnega modela iz visokodimenzionalnega nabora podatkov,
- analizirati problem sinteze vodenja na podlagi modela na simuliranih primerih,
- razviti prototip sistema za nadzor in kontrolo kakovosti izdelkov na podlagi modela za izbrani proces pri sofinancerju projekta.

Ocenjujemo, da smo cilje v največji meri dosegli. Predvsem smo na proizvodnem obratu potrdili izvedljivost koncepta vodenja, ki temelji na ključnih indikatorjih delovanja, med katere sodi seveda kakovost. Podoben koncept je trenutno v poskusni implementaciji v obratu podjetja Helios. Raziskali smo in preizkusili več postopkov za sintezo reduciranih modelov iz podatkov z upoštevanjem specifičnosti izdelčne proizvodnje. Problem sinteze vodenja smo raziskali in vrednotili na simuliranih zgledih, saj se vseh poskusov ni dalo opraviti na liniji. V celoti je uspela izvedba sistema za zbiranje podatkov na brizgalnem stroju v podjetju Kolektor in njihovo skladiščenje v MES sistem Sinapro.

6. Utemeljitev morebitnih sprememb programa raziskovalnega projekta oziroma sprememb, povečanja ali zmanjšanja sestave projektne skupine⁵

Delo na projektu je v vseh osnovnih vsebinskih postavkah potekalo v skladu s predlogom, tako da ni bilo bistvenih sprememb programa. Izbor metodoloških orodij in razred modelov pa je bilo potrebno precej prilagoditi specifičnim zahtevam proizvodnega procesa, ki ga je sofinancer izbral za potrebe demonstracije predlaganega koncepta. Ker je demonstracijski objekt del proizvodnega obrata, na katerem proizvodnja poteka nepretrgoma, se je izkazalo, da ne bo mogoče izvesti vseh validacijskih testov, saj bi potrebni čas, človeški resursi in morebitni zastoji povzročili prevelike stroške. Na to sofinancer ni mogel pristati, zato smo si pomagali s simuliranimi scenariji ter simulacijami na drugih procesih.

7. Najpomembnejši znanstveni rezultati projektne skupine⁶

Znanstveni dosežek			
1.	COBISS ID	26263079	Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i>	Proizvodno modeliranje za celotno vodenje proizvodnje
		<i>ANG</i>	Production modelling for holistic production control
Opis	<i>SLO</i>	V sodobnih proizvodnih sistemih se dandanes zbira velike množice podatkov. Kljub obsežnim arhivskim zbirkam reprezentativnih proizvodnih podatkov, pa primanjkuje idej kako vso to veliko množico podatkov koristno uporabiti. V članku je predstavljen problem iskanja primerne empiričnega modela proizvodne učinkovitosti, ki bi ga lahko uporabili za iskanje optimalnejših nastavitvev manipulativnih spremenljivk. Izpostavljeni so vsi potrebni koraki identifikacije modela iz proizvodnih podatkov, podrobneje pa je prikazan pristop modeliranja z nevronskimi mrežami ter za ta namen razvito podporno orodje, ki olajša proces iskanja modela proizvodne učinkovitosti. Vključena je tudi študija primera, kjer je bil uporabljen simulacijski model kompleksnega proizvodnega procesa. Na testnem procesu je prikazan postopek identifikacije empiričnega modela proizvodnih stroškov, produktivnosti in kvalitete ter uporaba dobljenega modela za prilagajanje manipulativnih spremenljivk.	
	<i>ANG</i>	A vast amount of production data are being collected in modern production processes. Although, the historians offer representative production data, there is still little or no idea how to efficiently exploit the data. Article discusses the problem of finding an appropriate empirical model of production performance, which could be employed to adjust manipulative variables to enhance production performance. The main steps of production performance modelling are described. Special attention is given to neural network identification and representation of the developed assisting tool, which ease the identification of a production performance model. In the	

		article, a simulation of a complex production process is used as a case study. Identification of the production performance models and their practical application are illustrated on a case study, where models for three main production performance indicators (i.e. costs, quality and production rate) are identified.
	Objavljeno v	Elsevier; Simulation modelling practice and theory; 2013; Vol. 30; str. 1-20; Impact Factor: 0.969; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 0.971; WoS: EV, EW; Avtorji / Authors: Glavan Miha, Gradišar Dejan, Strmčnik Stanko, Mušič Gašper
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
2.	COBISS ID	22934823 Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i> Uporaba proceduralnega modela pri načrtovanju vodenja proizvodnje polimerizacije
		<i>ANG</i> Use of a procedural model in the design of production control for a polymerization plant
	Opis	<i>SLO</i> Ta članek se ukvarja z nekaterimi lastnosti proizvodnih sistemov, ki jih je potrebno upoštevati med načrtovanjem proizvodnega regulatorja za proizvodne procese. Predstavljen je model pilotne naprave proizvodnega procesa polimerizacije. Na osnovi tega modela je bil predlagan koncept vodenja, ki omogoča avtomatizacijo del opravil, ki jih mora sicer opravljati vodja proizvodnje. V tem prispevku je v shemi vodenja uporabljen prediktivni regulator.
		<i>ANG</i> This article addresses some features of process manufacturing that have to be taken into account during the design of a production control system in the process industries. The description of a model of a case study polymerization production plant is presented. Based on this model, a control structure framework is proposed, which makes it possible to automate part of the manager's work. In this study, the model-based controller is introduced to the control structure.
	Objavljeno v	IFS Publications; International journal, advanced manufacturing technology; 2009; Vol. 44, no. 11/12; str. 1051-1062; Impact Factor: 1.128; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.067; WoS: AC, IK; Avtorji / Authors: Zorzut Sebastjan, Gradišar Dejan, Jovan Vladimir, Mušič Gašper
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
3.	COBISS ID	24978727 Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i> Modeliranje, simulacija in vodenje industrijskega semišaržnega reaktorja polimerizacije
		<i>ANG</i> Modelling, simulation and control of an industrial, semi-batch, emulsion-polymerization reactor
	Opis	<i>SLO</i> Izdelan je bil matematični model semišaržnega reaktorja polimerizacije, ki natančno popisuje kemijske reakcije in toplotno bilanco pri tem procesu. Model napove potek temperature v reaktorju v odvisnosti od dodajanja reagentov ter ključne izhodne parametre končnega produkta, kot izkoristek, vsebnost trdnih snovi in viskoznost. Izvirni prispevki dela so integracija kemijskega in toplotnega modela reaktorja, validacija modela na realnih podatkih industrijskega procesa ter analiza in sinteza algoritmov vodenja, ki sproti med potekom šarže izračunavajo potrebno količino doziranja reagentov tako, da ohranjajo temperaturo v reaktorju v ozkem temperaturnem območju in s tem izboljšajo kvaliteto izhodnega produkta. Izdelani algoritem doziranja reagentov predstavlja izvirno

		rešitev za reaktorje polimerizacije, kjer hlajenje poteka samo preko ohlajanja pare in brez dodatnega ohlajanja preko plašča reaktorja. Postopek je bil preizkušen s simulacijo na podatkih iz realnega obratovanja ter testno na samem industrijskem procesu.
	ANG	A mathematical model was designed for an industrial, semibatch polymerization reactor, which describes the chemical reactions and heat balances in polymerization process. The model predicts the course of temperature in the reactor as a function of adding reagents, and key output parameters of the final product, such as conversion, solids content and viscosity. The main contributions are the integration of the two models the chemical reaction and the energy balance model, the validation of the model on realplant data from industrial operation, and the analysis and design of control algorithms for online dosing of reacting chemicals, which preserve reactor temperature close to the desired setpoint and so contribute to uniform product quality. The designed reactants dosing control represents an original solution for polymerization reactors, where reactor cooling is performed only through evaporative cooling. The desired control performance was proved by simulation based on realplant data and also experimentally on an industrial polymerization reactor.
	Objavljeno v	Pergamon Press.; Computers & Chemical Engineering; 2011; Vol. 35, no. 10; str. 2066-2080; Impact Factor: 2.320; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.507; A': 1; WoS: EV, II; Avtorji / Authors: Hvala Nadja, Aller Fernando, Miteva Teodora, Kukanja Dolores
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
4.	COBISS ID	12548379 Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO Analiza proizvodnih podatkov za nadzor in upravljanje kvalitete izdelkov ANG Analysis of production data for product quality control
	Opis	SLO Zajeti proizvodni podatki predstavljajo bogat vir informacij. A vendar se v proizvodnih obratih pogosto ne izkoriščajo, saj se operaterji proizvodnje velikokrat ne zavedajo njihovega uporabnega potenciala. V članku je prikazano, kako je mogoče izkoristiti proizvodne podatke za iskanje proizvodnih spremenljivk, ki najmočneje vplivajo na kvaliteto izdelkov, in kako lahko proizvodne modele, identificirane na podlagi proizvodnih podatkov, izkoristimo za realizacijo naprednih tehnik nadzora in vodenja proizvodnje. Praktična uporaba predstavljenih tehnik je prikazana na primeru analize proizvodnih podatkov iz podjetja Kolektor KFH. ANG Data gathered in the production process represent a useful source of information. But in production plants these data are still rarely exploited as the production operators often do not recognise their practical value. This article demonstrates how to effectively employ production data in order to identify the production variables with the strongest influence on the quality of the final product. Moreover, it shows how databased models of the production process can be used for advanced control techniques. The practical use of the data analysis is shown for a case study of the company Kolektor KFH.
	Objavljeno v	Fakulteta za strojništvo, LASIM; Ventil; 2012; Letn. 18, št. 5; str. 396-402; Avtorji / Authors: Glavan Miha, Gašperin Matej, Vidmar Matej, Tuta Maks, Kokošar Stojan, Juričič Dani, Brložnik Andrej
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
5.	COBISS ID	25017127 Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO Zaznavanje napak s pomočjo modelov Gaussovih procesov ANG Fault detection based on Gaussian process models
		Delo predlaga uporabo neparometričnega modela z Gaussovimi procesi

Opis	SLO	za zaznavanje napak na podlagi statističnih testov, ki se sproti izvajajo nad napako predikcije. Predlagan je indeks veljavnosti modela, ki ocenjuje ali se model uporablja v področju v katerem je bil naučen in vrednoten. Če temu ni tako, potem je rezultate detekcije potrebno obravnavati z rezervo. S tem se zmanjša verjetnost lažnih alarmov.
	ANG	The use of nonparametric Gaussian process model for fault detection is proposed. Detection relies on statistical tests applied to model prediction error. A novelty is model validity index which assesses whether the model is being used in the region in which it was learned and validated. In case this is not true caution is needed prior to releasing an alarm. Hence false alarm rate is reduced.
Objavljeno v	SciTePress = Science and Technology Publications; Proceedings; 2011; Str. 437-440; Avtorji / Authors: Juričič Đani, Ettler Pavel, Kocijan Juš	
Tipologija	1.08 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci	

8. Najpomembnejši družbeno-ekonomski rezultati projektne skupine⁷

Družbeno-ekonomski dosežek			
1.	COBISS ID	25669671	Vir: vpis v poročilo
Naslov	SLO	Modeliranje proizvodnega procesa v podjetju Kolektor KFH : izbira vplivnih parametrov in učenje modela	
	ANG	Modelling of a production process in Kolektor KFH: selection of influential parameters and model identification	
Opis	SLO	Poročilo predstavlja rezultate analize proizvodnih podatkov, ki so bili pridobljeni na procesu kalupnega brizganja jermenic v podjetju Kolektor KFH. Analiza se osredotoča na iskanje tistih procesnih parametrov, ki dejansko najbolj vplivajo na kvaliteto končnega produkta. V ta namen je bila uporabljena statistična analiza izmerjenih procesnih podatkov, kjer iščemo korelacijo med parametri in končno oceno kvalitete izdelkov. Na podlagi reduciranega niza procesnih parametrov je bil identificiran tudi model, ki opisuje relacijo med nastavitvami parametrov in kvaliteto proizvedenih izdelkov.	
	ANG	The report presents the analysis of a production data that were acquired on the moulding process in company Kolektor KFH. The main problem tackled in the report is how to identify those process parameters, which have the strongest influence on the final product quality. Statistical analysis of historical production data has been applied, where correlation among the process parameters and final product quality is being sought. A model was identified on the basis of a reduced set of process parameters. The acquired model describes the relation among the process parameters and final product quality.	
Šifra	F.04 Dvig tehnološke ravni		
Objavljeno v	GLAVAN, Miha, GAŠPERIN, Matej, JURIČIĆ, Đani. Modeliranje proizvodnega procesa v podjetju Kolektor KFH : izbira vplivnih parametrov in učenje modela, (IJS delovno poročilo, 10947, zaupno). 2012. [COBISS.SI-ID 25669671]		
Tipologija	2.13 Elaborat, predštudija, študija		
2.	COBISS ID	23538471	Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO	Pilotna postavitev sistema za spremljanje in sledljivost proizvodnje	
	ANG	System for data acquisition and production monitoring	
		Dokument podrobno opisuje rešitve problema zajemanja podatkov preko terminalov in direktno s strojev in naprav, ki so vključene v proizvodni	

Opis	SLO	proces. Opisane so posamezne funkcionalnosti programske opreme, ki bo omogočila zbiranje podatkov za ugotavljanje ključnih vplivnih parametrov za proizvodni proces.	
	ANG	This document describes the project requirements and describes solutions of the problem of the acquisition of production data by means of the terminals and directly on the machines. The functionalities of the underlying software are described. The system will allow acquisition of all relevant data and determination of the process model.	
Šifra	F.04 Dvig tehnološke ravni		
Objavljeno v	Sinabit; 2009; 151 str.; Avtorji / Authors: Tuta Maks, Sovdat Branko, Kleindienst Jani, Pelhan Sebastijan		
Tipologija	2.13 Elaborat, predštudija, študija		
3.	COBISS ID	24594215	Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO	Modeliranje z nevronskimi mrežami za namene vodenja proizvodnje	
	ANG	Production control by means of neural models	
Opis	SLO	Sodobni sistemi vodenja proizvodnje zbirajo veliko količino podatkov o procesih. Problem je kako izluščiti informacijo a katero bi operater bolj učinkovito dosegal relevantne indikatorje proizvodnje. Prispevek skupine temelji na uporabi nevronskih modelov, ki so bili preizkušeni na simuliranem kompleksnem industrijskem procesu.	
	ANG	Modern control of manufacturing systems acquire a huge amount of process data. The problem is how to extract information out of the data in order to provide useful support to the operators in achieving the required key performance indicators. The approach utilizing neural models has been elaborated and demonstrated on a complex simulated process.	
Šifra	F.01 Pridobitev novih praktičnih znanj, informacij in veščin		
Objavljeno v	Društvo avtomatikov Slovenije; Zbornik sedme konference AIG'11 Avtomatizacija v industriji in gospodarstvu, 31. marec in 1. april 2011, Maribor, Slovenija; 2011; 7 str.; Avtorji / Authors: Glavan Miha, Gradišar Dejan		
Tipologija	1.08 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci		
4.	COBISS ID	246735616	Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO	Ugotavljanje povezave med kakovostjo izdelka in tehnološkimi parametri	
	ANG	Analysing the relationship between process parameters and product quality	
Opis	SLO	Za analizo zveze med tehnološkimi parametri in kakovostjo izdelka je uporabljena logistična regresija. Zaradi močne korelacije med parametri vhodnih materialov je bilo v model logistične regresije potrebno vpeljati pristope, ki jih sicer običajno srečamo v linearni regresiji. V model je bila zato vpeljana metoda glavnih komponent, ki uspešno odpravlja problem korelacije v podatkih.	
	ANG	In order to find the relationship between the process parameters and product quality the logistic regression was applied. The problem was strong correlation between the parameters of the input raw materials. Possible solution of the problem is suggested by adopting the Principal Component Analysis.	
Šifra	D.09 Mentorstvo doktorandom		
Objavljeno v	[J. Kleindienst]; 2009; X, 127 str.; Avtorji / Authors: Kleindienst Jani		

	Tipologija	2.08 Doktorska disertacija	
5.	COBISS ID	24647463	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Namenski vmesnik za brizgalne stroje podjetja Arburg
		ANG	Dedicated interface module for Arburg extruding machine
	Opis	SLO	Pridobivanje podatkov o posameznem brigu je pri Arburgu zapletena naloga. Za izvedbo tega cilja je potrebno brizgalni stroj opremiti z dodatno opremo (komunikacijski procesor), ki omogoča komunikacijo z glavnim krmilnikom stroja in na ta način omogoča zunanjemu svetu dostop, do nekaterih podatkov o posamezne brizgu. Izdelan namenski programski vmesnik za komunikacijo z komunikacijskim procesorjem stroja je izveden splošno tako, da omogoča nastavljanje katere podatki se prenašajo v zunanje sisteme.
		ANG	The module is aimed to data acquisition from the extruding machine manufactured by Arburg. The module allows for the communication with the controller embedded in the machine and data transfer from the machine to the supervisory system. The underlying software has been written in a way allowing high degree of configurability of the data transfer.
	Šifra	F.04	Dvig tehnološke ravni
	Objavljeno v	2011; Avtorji / Authors: Tuta Maks, Juričič Đani	
	Tipologija	2.13 Elaborat, predštudija, študija	

9. Drugi pomembni rezultati projektne skupine⁸

- Zaradi vse večje diverzifikacije proizvodnje, prihaja do pogostih sprememb v uporabljenih materialih in izdelkih. To pomeni, da je potrebno vse pogosteje nastavljati stroj. Takih primerov in problemov je v koncernu Kolektor zelo veliko. Uspešna potrditev postopka sinteze modela in učinki pri vodenju testne linije, so predstavljali spodbudo, da se temu problemu pristopi sistemsko. Zato se je sofinancer odločil, da v okviru svojega Oddelka za centralno-podporne dejavnosti, ki je specializiran za proizvodno informatiko na nivoju celega koncerna Kolektor (tovarne po vsem svetu), prične z vpeljavo vodenja in nadzora procesov na podlagi modelov, to je koncepta, ki smo ga vpeljali in preizkusili na testni liniji. Ta odločitev predstavlja pomemben razvojni korak za celotni koncern.

- Vodja projektne skupine je bil izvoljen v generalno skupščino uglednega združenja European Control Association. jr član Tehničnega komiteja SAFEPROCESS, na povabilo jr postal član International Society of Condition Monitoring.

- Vodja projektne skupine je imel 2 vabljeni predavanja na mednarodnih konferencah na temo, ki se nanaša na nadzor.

- Projektna skupina deluje zelo uspešno tudi izven programa projekta. Na omenjenem področju je bila uspešno zaključena ena doktorska disertacija, ena pa je še v teku.

- Tematika raziskovalnega projekta se v primerni obliki posreduje tudi magistrskim študentom na Poslovno-tehniški fakulteti Univerze v Novi Gorici v okviru predmeta Proizvodni informacijski sistemi.

10. Pomen raziskovalnih rezultatov projektne skupine⁹

10.1. Pomen za razvoj znanosti¹⁰

SLO

Pričujoči projekt je bil zastavljen kot izrazito aplikativni, saj je obseg del za pripravo

eksperimentalne infrastrukture vzel občuten del razpoložljivih virov. Pomenljiv rezultat raziskovalnih aktivnosti predstavlja koncept vodenja kakovosti in drugih proizvodnih indikatorjev s pomočjo modelov. Na ta način naj bi bilo vodenje visokodimenzionalnih proizvodnih procesov bolj pregledno in lažje. Na podlagi izkušenj iz projekta je bil postavljen koncept celostnega vodenja proizvodnje kakor tudi modularne zgradbe programskega orodja za realizacijo le-tega. Ocenjujemo, da gre za zanimivi rezultat, ki ima pomen za načrtovanje podpore odločanju.

ANG

The underlying project is strongly applied as the preparation of the experimental infrastructure took significant resources and effort. Among notable research achievements one should point the concept of model-based control of KPI's with stress on product quality. The approach is hoped to allow for easier control of multivariate production processes. The experiences gained in the project lead to a concept of holistic production control and a modular tool for its realisation. This might help facilitate the design of decision support in production processes.

10.2. Pomen za razvoj Slovenije¹¹

SLO

Menimo, da doseženi rezultati projekta predstavljajo otipljiv potencial za izboljšanje kakovosti procesov pri sofinancerju, t.j. koncernu Kolektor. Postopek nadzora kakovosti, ki smo ga razvili v projektu, predstavlja vzorčno aplikacijo, ki jo bodo implementirali na vrsto strojev v enotah koncerna. To nedvomno priča o takojšnjih učinkih projekta za sofinancerja.

Podobnih proizvodnih procesov je povsod v Sloveniji veliko. Zato si upamo trditi, da so rezultati v precejšnji meri prenosljivi tudi na druge gospodarske družbe. Njihov učinek se lahko kaže na naslednje načine:.

- Zmanjšanje stroškov in krajšanje časa nastavitve optimalnih parametrov strojev pri spremenljivih proizvodnih programih. Tako je možno pri vsakokratni vpeljavi novega izdelka hitreje poiskati optimalne parametre in se izogniti nepotrebni slabim izdelkom.
- S postopkom izbiranja signifikantnih vhodov lahko odpravimo problem vgrajevanja odvečnih senzorjev oz. se izognemo "ročnim" meritvam. Senzorje lahko omejimo na minimalni nabor signifikantnih spremenljivk za optimalno vodenje proizvodnje. Na ta način se racionalizira obseg vgrajene instrumentacijske opreme.
- Kakovosten model omogoča izvedbo občutljivih detektorjev za zaznavanje sprememb v porazdelitvi; na ta način je možno dovolj zgodaj poiskati in odpraviti vzroke ali pa načrtati ustrezne kompenzacijske ukrepe. Tako se je možno izogniti nepotrebni slabim izdelkom..
- bolj enakomerna kvaliteta in manj zavrženih produktov s strani kupcev.

ANG

The project results are believed to have notable practical potential in raising the quality of manufacturing processes in the company Kolektor. The application done in the project is taken as a reference application which is planned to be repeated in a suit of manufacturing units across the entire concern. This clearly shows the immediate impact of the research on the co-financer.

There are many similar manufacturing processes in Slovenia. The achieved results are believed to be portable to other manufacturers as well. The likely impacts are expected to be as follows:

- Reduced costs and time needed to tune the technological parameters of the machines after switching to the manufacturing of a new product. Hence one can avoid bad products.
- by identifying the influential inputs one can reduce the overall set of implemented sensors by sticking only to the former; hence investment costs for instrumentation can be reduced.
- good process model allows for reliable detection of incipient deterioration processes from changes in the residual distribution. Hence, possible causes for reduced quality can be timely revealed and accommodated.
- more uniform quality and less freight rejected from customers

11. Samo za aplikativne projekte in podoktorske projekte iz gospodarstva! Označite, katerega od navedenih ciljev ste si zastavili pri projektu, katere konkretne rezultate ste dosegli in v kakšni meri so doseženi rezultati uporabljeni

Cilj		
F.01	Pridobitev novih praktičnih znanj, informacij in veščin	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	V celoti
F.02	Pridobitev novih znanstvenih spoznanj	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.03	Večja usposobljenost raziskovalno-razvojnega osebja	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	V celoti
F.04	Dvig tehnološke ravni	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen bo v naslednjih 3 letih
	Uporaba rezultatov	V celoti
F.05	Sposobnost za začetek novega tehnološkega razvoja	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.06	Razvoj novega izdelka	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.07	Izboljšanje obstoječega izdelka	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.08	Razvoj in izdelava prototipa	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	Delno
F.09	Razvoj novega tehnološkega procesa oz. tehnologije	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE

	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.10	Izboljšanje obstoječega tehnološkega procesa oz. tehnologije	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.11	Razvoj nove storitve	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text" value="Dosežen"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text" value="V celoti"/>
F.12	Izboljšanje obstoječe storitve	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.13	Razvoj novih proizvodnih metod in instrumentov oz. proizvodnih procesov	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.14	Izboljšanje obstoječih proizvodnih metod in instrumentov oz. proizvodnih procesov	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.15	Razvoj novega informacijskega sistema/podatkovnih baz	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.16	Izboljšanje obstoječega informacijskega sistema/podatkovnih baz	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.17	Prenos obstoječih tehnologij, znanj, metod in postopkov v prakso	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text" value="Dosežen"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text" value="V celoti"/>

F.18	Posredovanje novih znanj neposrednim uporabnikom (seminarji, forumi, konference)	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	V celoti
F.19	Znanje, ki vodi k ustanovitvi novega podjetja ("spin off")	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.20	Ustanovitev novega podjetja ("spin off")	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.21	Razvoj novih zdravstvenih/diagnostičnih metod/postopkov	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.22	Izboljšanje obstoječih zdravstvenih/diagnostičnih metod/postopkov	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.23	Razvoj novih sistemskih, normativnih, programskih in metodoloških rešitev	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.24	Izboljšanje obstoječih sistemskih, normativnih, programskih in metodoloških rešitev	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.25	Razvoj novih organizacijskih in upravljaljskih rešitev	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.26	Izboljšanje obstoječih organizacijskih in upravljaljskih rešitev	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE

	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.27	Prispevek k ohranjanju/varovanje naravne in kulturne dediščine	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.28	Priprava/organizacija razstave	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.29	Prispevek k razvoju nacionalne kulturne identitete	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.30	Strokovna ocena stanja	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.31	Razvoj standardov	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.32	Mednarodni patent	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.33	Patent v Sloveniji	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.34	Svetovalna dejavnost	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.35	Drugo	

Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
Rezultat	<input type="text"/>
Uporaba rezultatov	<input type="text"/>

Komentar

12.Samo za aplikativne projekte in podoktorske projekte iz gospodarstva!
Označite potencialne vplive oziroma učinke vaših rezultatov na navedena področja

	Vpliv	Ni vpliva	Majhen vpliv	Srednji vpliv	Velik vpliv	
G.01	Razvoj visokošolskega izobraževanja					
G.01.01.	Razvoj dodiplomskega izobraževanja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.01.02.	Razvoj podiplomskega izobraževanja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.01.03.	Drugo: <input type="text"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02	Gospodarski razvoj					
G.02.01	Razširitev ponudbe novih izdelkov/storitev na trgu	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	
G.02.02.	Širitev obstoječih trgov	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	
G.02.03.	Znižanje stroškov proizvodnje	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	
G.02.04.	Zmanjšanje porabe materialov in energije	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.05.	Razširitev področja dejavnosti	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.06.	Večja konkurenčna sposobnost	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.07.	Večji delež izvoza	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.08.	Povečanje dobička	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.09.	Nova delovna mesta	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.10.	Dvig izobrazbene strukture zaposlenih	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.11.	Nov investicijski zagon	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.12.	Drugo: <input type="text"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03	Tehnološki razvoj					
G.03.01.	Tehnološka razširitev/posodobitev dejavnosti	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03.02.	Tehnološko prestrukturiranje dejavnosti	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03.03.	Uvajanje novih tehnologij	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	
G.03.04.	Drugo: <input type="text"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04	Družbeni razvoj					
G.04.01	Dvig kvalitete življenja	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.02.	Izboljšanje vodenja in upravljanja	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.03.	Izboljšanje delovanja administracije in javne uprave	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	

G.04.04.	Razvoj socialnih dejavnosti	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.05.	Razvoj civilne družbe	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.06.	Drugo:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.05.	Ohranjanje in razvoj nacionalne naravne in kulturne dediščine in identitete	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.06.	Varovanje okolja in trajnostni razvoj	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.07	Razvoj družbene infrastrukture					
G.07.01.	Informacijsko-komunikacijska infrastruktura	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.07.02.	Prometna infrastruktura	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.07.03.	Energetska infrastruktura	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.07.04.	Drugo:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.08.	Varovanje zdravja in razvoj zdravstvenega varstva	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.09.	Drugo:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	

Komentar

--

13.Pomen raziskovanja za sofinancerje¹²

Sofinancer																							
1.	<table border="1"> <tr> <td>Naziv</td> <td>KOLEKTOR GROUP Vodenje in upravljanje družb d.o.o.</td> </tr> <tr> <td>Naslov</td> <td>Vojkova ul. 19, 5280, Idrija</td> </tr> <tr> <td>Vrednost sofinanciranja za celotno obdobje trajanja projekta je znašala:</td> <td>55.180 EUR</td> </tr> <tr> <td>Odstotek od utemeljenih stroškov projekta:</td> <td>25 %</td> </tr> <tr> <td>Najpomembnejši rezultati raziskovanja za sofinancerja</td> <td>Šifra</td> </tr> <tr> <td>1.</td> <td>Sistem avtomatske sledljivosti in spremljanja proizvodnje F.08</td> </tr> <tr> <td>2.</td> <td>Sinteza modela procesa brizganja F.01</td> </tr> <tr> <td>3.</td> <td>Protokol za učinkovito nastavljanje parametrov stroja za brizganje F.01</td> </tr> <tr> <td>4.</td> <td>Ustanovitev storitvene dejavnosti za področje proizvodne informatike F.11</td> </tr> <tr> <td>5.</td> <td>Vmesnik za zapis podatkov iz Sinapro v Matlab F.01</td> </tr> <tr> <td colspan="2"> <p>Projektna skupina je načrtala in uspešno implementirala zahtevni specializirani sistem za zajemanje proizvodnih podatkov iz strojev za brizganje plastike in njihovo shranjevanje na nadzorni sistem Sinapro. S posebno razvito aplikacijo podatke iz Sinapro-ja lahko pripravimo v Matlab formatu. Za vodenje proizvodnega procesa je ključen matematični model dobljen iz podatkov s stroja. S tem so postavljene osnove za učinkovito spremljanje proizvodnje ter za sistem za podporo odločanja operaterja. Izdelan je bil sistematski postopek za ugotavljanje signifikantnih parametrov stroja za brizganje plastike, kar je osnova za</p> </td> </tr> </table>	Naziv	KOLEKTOR GROUP Vodenje in upravljanje družb d.o.o.	Naslov	Vojkova ul. 19, 5280, Idrija	Vrednost sofinanciranja za celotno obdobje trajanja projekta je znašala:	55.180 EUR	Odstotek od utemeljenih stroškov projekta:	25 %	Najpomembnejši rezultati raziskovanja za sofinancerja	Šifra	1.	Sistem avtomatske sledljivosti in spremljanja proizvodnje F.08	2.	Sinteza modela procesa brizganja F.01	3.	Protokol za učinkovito nastavljanje parametrov stroja za brizganje F.01	4.	Ustanovitev storitvene dejavnosti za področje proizvodne informatike F.11	5.	Vmesnik za zapis podatkov iz Sinapro v Matlab F.01	<p>Projektna skupina je načrtala in uspešno implementirala zahtevni specializirani sistem za zajemanje proizvodnih podatkov iz strojev za brizganje plastike in njihovo shranjevanje na nadzorni sistem Sinapro. S posebno razvito aplikacijo podatke iz Sinapro-ja lahko pripravimo v Matlab formatu. Za vodenje proizvodnega procesa je ključen matematični model dobljen iz podatkov s stroja. S tem so postavljene osnove za učinkovito spremljanje proizvodnje ter za sistem za podporo odločanja operaterja. Izdelan je bil sistematski postopek za ugotavljanje signifikantnih parametrov stroja za brizganje plastike, kar je osnova za</p>	
Naziv	KOLEKTOR GROUP Vodenje in upravljanje družb d.o.o.																						
Naslov	Vojkova ul. 19, 5280, Idrija																						
Vrednost sofinanciranja za celotno obdobje trajanja projekta je znašala:	55.180 EUR																						
Odstotek od utemeljenih stroškov projekta:	25 %																						
Najpomembnejši rezultati raziskovanja za sofinancerja	Šifra																						
1.	Sistem avtomatske sledljivosti in spremljanja proizvodnje F.08																						
2.	Sinteza modela procesa brizganja F.01																						
3.	Protokol za učinkovito nastavljanje parametrov stroja za brizganje F.01																						
4.	Ustanovitev storitvene dejavnosti za področje proizvodne informatike F.11																						
5.	Vmesnik za zapis podatkov iz Sinapro v Matlab F.01																						
<p>Projektna skupina je načrtala in uspešno implementirala zahtevni specializirani sistem za zajemanje proizvodnih podatkov iz strojev za brizganje plastike in njihovo shranjevanje na nadzorni sistem Sinapro. S posebno razvito aplikacijo podatke iz Sinapro-ja lahko pripravimo v Matlab formatu. Za vodenje proizvodnega procesa je ključen matematični model dobljen iz podatkov s stroja. S tem so postavljene osnove za učinkovito spremljanje proizvodnje ter za sistem za podporo odločanja operaterja. Izdelan je bil sistematski postopek za ugotavljanje signifikantnih parametrov stroja za brizganje plastike, kar je osnova za</p>																							

	Komentar	načrtovanje kompenzacijskih posegov v primeru motenj v kakovosti izdelkov. Proces brizganja je eden ključnih procesov v Kolektorju. Za nas kot sofinancerje je to pomembna novost, zlasti v časih, ko se povečuje diverzifikacija proizvodnje. Pri tem gre za vse pogostejše spreminjanje proizvodov in tipov surovinske plastike. Temu pa je treba ustrezno prilagoditi nastavitve strojev. S pomočjo modela bo odslej mogoče bistveno skrajšati postopek nastavljanja optimalnih tehnoloških parametrov brizganja ob spremembi surovinske sestave plastike od nekaj mesecev na 1-2 dni. Ob tem zaradi občutnega zmanjšanja števila slabih izdelkov pričakujemo znatne finančne učinke predlaganega novega protokola.
	Ocena	Po naših ocenah projekt je izveden v skladu z dogovorjenim programom, navkljub težavnim pogajanjem z izdelovalcem stroja (nemško podjetje Arburg) zaradi česar smo imeli precej težav pri zagotovitvi dostopa do krmilnega sistema stroja. Dobri rezultati projekta so potrjujejo smiselnost širšega vpeljevanja matematičnih modelov procesov za podporo proizvodnje tudi na drugih obratih in strojih v koncernu Kolektor. S tem namenom smo v okviru Oddelka za centralno-podporne dejavnosti postavili storitev, ki je specializirana za proizvodno informatiko na nivoju celega koncerna Kolektor (tovarne po svetu), kar je pomemben razvojni korak za koncern.

14. Izjemni dosežek v letu 2012¹³

14.1. Izjemni znanstveni dosežek

Pri realizaciji vodenja in optimizacije proizvodnje na podlagi empiričnih modelov moramo po eni strani zmanjšati kompleksnost iskanega modela ter reducirati optimizacijski problem, po drugi pa moramo zagotoviti dovolj manipulativnega vpliva na regulirane veličine. Zaradi kompleksnosti proizvodnih procesov ter omejenega vpogleda v obravnavane sisteme, je smiselno nova spoznanja o notranjih proizvodnih relacijah iskati z analizo preteklih proizvodnih podatkov.

Predlagani postopek izbire upošteva oba aspekta izbire. V prvem koraku izbire je smiselna uporaba statističnih metod za izbiro najpomembnejših regresorjev. Kot drugi korak izbire vplivnih spremenljivk pa je predlagana analiza vodljivosti, kjer preverimo dosegljivost izhodnega prostora glede na predhodno izbrane manipulativne spremenljivke in njihova omejena področja delovanja. Predstavljene rešitve so bile praktično prikazane na simuliranem kompleksnem industrijskem procesu.

14.2. Izjemni družbeno-ekonomski dosežek

Prikazali smo, kako je mogoče izkoristiti arhivske proizvodne podatke za iskanje tistih procesnih parametrov, ki najmočneje vplivajo na končno kvaliteto izdelkov. S tem se zoži nabor parametrov, na katere morajo biti pozorni operaterji proizvodnje. Prav tako pa nam to olajša identifikacijo modelov, na podlagi katerih lahko realiziramo sodobne postopke nadzora in upravljanja kakovosti izdelkov.

Praktična uporaba predstavljenih tehnik je prikazana na primeru analize proizvodnih podatkov iz podjetja Kolektor KFH. Obravnavan je proces kalupnega brizganja jermenic, kjer smo na podlagi statistične analize testnih serij določili najvplivnejše proizvodne parametre. Na primeru se je izkazalo, da smo lahko že z zelo omejenim naborom vplivnih proizvodnih parametrov poiskali model, s katerim smo uspešno preizkusili detekcijo napak in nastavljanje vplivnih parametrov. Na podlagi teh rezultatov je koncern Kolektor začel uvajati koncept vodenja proizvodnje s pomočjo modelov v svoje tovarne po svetu.

C. IZJAVE

Podpisani izjavljam/o, da:

- so vsi podatki, ki jih navajamo v poročilu, resnični in točni
- se strinjamo z obdelavo podatkov v skladu z zakonodajo o varstvu osebnih podatkov za potrebe ocenjevanja ter obdelavo teh podatkov za evidence ARRS
- so vsi podatki v obrazcu v elektronski obliki identični podatkom v obrazcu v pisni obliki
- so z vsebino zaključnega poročila seznanjeni in se strinjajo vsi soizvajalci projekta

Podpisi:

*zastopnik oz. pooblaščen oseba
raziskovalne organizacije:*

in

vodja raziskovalnega projekta:

Institut "Jožef Stefan"

Đani Juričić

ŽIG

Kraj in datum:

Ljubljana	15.3.2013
-----------	-----------

Oznaka prijave: ARRS-RPROJ-ZP-2013/134

¹ Opredelite raziskovalno področje po klasifikaciji FOS 2007 (Fields of Science). Prevaljna tabela med raziskovalnimi področji po klasifikaciji ARRS ter po klasifikaciji FOS 2007 (Fields of Science) s kategorijami WOS (Web of Science) kot podpodročji je dostopna na spletni strani agencije (<http://www.arrs.gov.si/sl/gradivo/sifranti/preslik-vpp-fos-wos.asp>). [Nazaj](#)

² Napišite povzetek raziskovalnega projekta (največ 3.000 znakov v slovenskem in angleškem jeziku) [Nazaj](#)

³ Napišite kratko vsebinsko poročilo, kjer boste predstavili raziskovalno hipotezo in opis raziskovanja. Navedite ključne ugotovitve, znanstvena spoznanja, rezultate in učinke raziskovalnega projekta in njihovo uporabo ter sodelovanje s tujimi partnerji. Največ 12.000 znakov vključno s presledki (približno dve strani, velikost pisave 11). [Nazaj](#)

⁴ Realizacija raziskovalne hipoteze. Največ 3.000 znakov vključno s presledki (približno pol strani, velikost pisave 11) [Nazaj](#)

⁵ V primeru bistvenih odstopanj in sprememb od predvidenega programa raziskovalnega projekta, kot je bil zapisan v predlogu raziskovalnega projekta oziroma v primeru sprememb, povečanja ali zmanjšanja sestave projektne skupine v zadnjem letu izvajanja projekta, napišite obrazložitev. V primeru, da sprememb ni bilo, to navedite. Največ 6.000 znakov vključno s presledki (približno ena stran, velikost pisave 11). [Nazaj](#)

⁶ Navedite znanstvene dosežke, ki so nastali v okviru tega projekta. Raziskovalni dosežek iz obdobja izvajanja projekta (do oddaje zaključnega poročila) vpišete tako, da izpolnite COBISS kodo dosežka – sistem nato sam izpolni naslov objave, naziv, IF in srednjo vrednost revije, naziv FOS področja ter podatek, ali je dosežek uvrščen v A'' ali A'. [Nazaj](#)

⁷ Navedite družbeno-ekonomske dosežke, ki so nastali v okviru tega projekta. Družbeno-ekonomski rezultat iz obdobja izvajanja projekta (do oddaje zaključnega poročila) vpišete tako, da izpolnite COBISS kodo dosežka – sistem nato sam izpolni naslov objave, naziv, IF in srednjo vrednost revije, naziv FOS področja ter podatek, ali je dosežek uvrščen v A'' ali A'.

Družbeno-ekonomski dosežek je po svoji strukturi drugačen kot znanstveni dosežek. Povzetek znanstvenega dosežka je praviloma povzetek bibliografske enote (članka, knjige), v kateri je dosežek objavljen.

Povzetek družbeno-ekonomskega dosežka praviloma ni povzetek bibliografske enote, ki ta dosežek dokumentira, ker je dosežek sklop več rezultatov raziskovanja, ki je lahko dokumentiran v različnih bibliografskih enotah. COBISS ID zato ni enoznačen, izjemoma pa ga lahko tudi ni (npr. prehod mlajših sodelavcev v gospodarstvo na pomembnih raziskovalnih nalogah, ali ustanovitev podjetja kot rezultat projekta ... - v obeh primerih ni COBISS ID). [Nazaj](#)

⁸ Navedite rezultate raziskovalnega projekta iz obdobja izvajanja projekta (do oddaje zaključnega poročila) v primeru, da katerega od rezultatov ni mogoče navesti v točkah 7 in 8 (npr. ker se ga v sistemu COBISS ne vodi). Največ 2.000 znakov, vključno s presledki. [Nazaj](#)

⁹ Pomen raziskovalnih rezultatov za razvoj znanosti in za razvoj Slovenije bo objavljen na spletni strani: <http://sicris.izum.si/> za posamezen projekt, ki je predmet poročanja [Nazaj](#)

¹⁰ Največ 4.000 znakov, vključno s presledki [Nazaj](#)

¹¹ Največ 4.000 znakov, vključno s presledki [Nazaj](#)

¹² Rubrike izpolnite / prepisite skladno z obrazcem "izjava sofinancerja" <http://www.arrs.gov.si/sl/progproj/rproj/gradivo/>, ki ga mora izpolniti sofinancer. Podpisan obrazec "Izjava sofinancerja" pridobi in hrani nosilna raziskovalna organizacija – izvajalka projekta. [Nazaj](#)

¹³ Navedite en izjemni znanstveni dosežek in/ali en izjemni družbeno-ekonomski dosežek raziskovalnega projekta v letu 2012 (največ 1000 znakov, vključno s presledki). Za dosežek pripravite diapozitiv, ki vsebuje sliko ali drugo slikovno gradivo v zvezi z izjemnim dosežkom (velikost pisave najmanj 16, približno pol strani) in opis izjemnega dosežka (velikost pisave 12, približno pol strani). Diapozitiv/-a priložite kot priponko/-i k temu poročilu. Vzorec diapozitiva je objavljen na spletni strani ARRS <http://www.arrs.gov.si/sl/gradivo/>, predstavitev dosežkov za pretekla leta pa so objavljena na spletni strani <http://www.arrs.gov.si/sl/analize/dosez/>. [Nazaj](#)

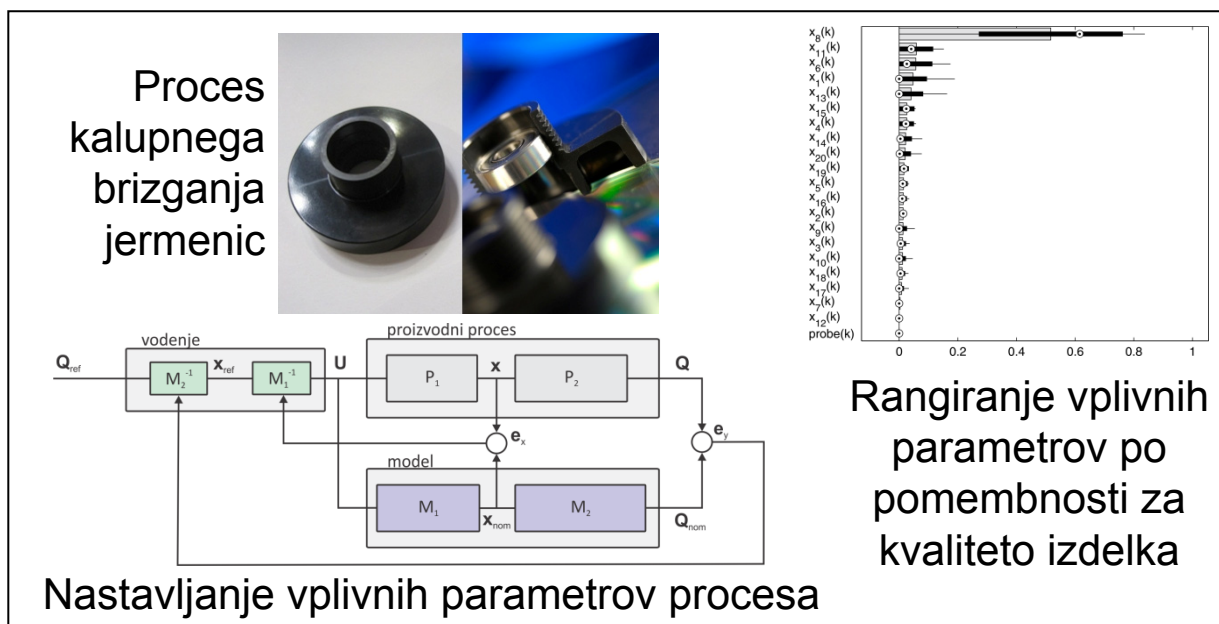
Obrazec: ARRS-RPROJ-ZP/2013 v1.00
3D-D6-A1-76-34-2E-52-12-B8-59-D8-07-63-25-EF-16-56-03-57-C6

TEHNIKA

Področje: 2.06 – Sistemi in kibernetika

Dosežek 1: Nadzor in upravljanje kakovosti izdelkov s pomočjo matematičnih modelov

Vir: Miha Glavan, Matej Gašperin, Đani Juričić, Modeliranje proizvodnega procesa v podjetju Kolektor KFH : izbira vplivnih parametrov in učenje modela, (IJS delovno poročilo, 10947, zaupno), 2012. [COBISS.SI-ID 25669671]



V proizvodnih sistemih zajeti proizvodni podatki predstavljajo bogat vir informacij. Prikazali smo, kako je mogoče izkoristiti arhivske proizvodne podatke za iskanje tistih procesnih parametrov, ki najmočneje vplivajo na končno kvaliteto izdelkov. S takšno izbiro se zoži nabor parametrov na katere morajo biti pozorni operaterji proizvodnje. Prav tako pa nam to olajša identifikacijo modelov, na podlagi katerih lahko realiziramo sodobne postopke nadzora in upravljanja kakovosti izdelkov.

Praktična uporaba predstavljenih tehnik je prikazana na primeru analize proizvodnih podatkov iz podjetja Kolektor KFH. Obravnavan je proces kalupnega brizganja jermenic, kjer smo na podlagi statistične analize testnih serij določili najvplivnejše proizvodne parametre. Na primeru se je izkazalo, da smo lahko že z zelo omejenim naborom vplivnih proizvodnih parametrov poiskali model, s katerim smo uspešno preizkusili detekcijo napak in nastavljanje vplivnih parametrov. Na podlagi teh rezultatov je koncern Kolektor začel uvajati koncept vodenja proizvodnje s pomočjo modelov v svoje tovarne po svetu.

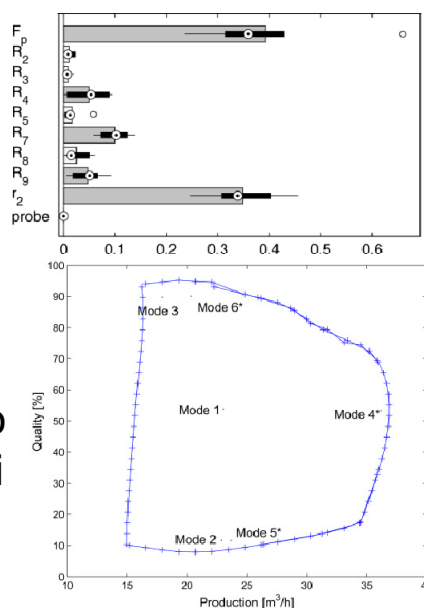
TEHNIKA

Področje: 2.06 – Sistemi in kibernetika

Dosežek 1: Postopek za izbiro najvplivnejših manipulativnih spremenljivk na podlagi analize arhivskih proizvodnih podatkov

Vir: GLAVAN, Miha, GRADIŠAR, Dejan, ATANASIJEVIĆ-KUNC, Maja, STRMČNIK, Stanko, MUŠIČ, Gašper. Input Variable Selection for Model-Based Production Control and Optimisation. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. In press. DOI: 10.1007/s00170-013-4840-1.

Pravilna izbira najvplivnejših manipulativnih spremenljivk je pomemben korak pri realizaciji sistema za vodenje in optimizacijo proizvodnje na podlagi empiričnih modelov.



1. korak: ovrednotenje pomembnosti manipulativnih spremenljivk

2. korak: analiza dosegljivosti reguliranih spremenljivk

Pri realizaciji vodenja in optimizacije proizvodnje na podlagi empiričnih modelov moramo po eni strani zmanjšati kompleksnost iskanega modela ter reducirati optimizacijski problem, po drugi pa moramo zagotoviti dovolj manipulativnega vpliva na regulirane veličine. Zaradi kompleksnosti proizvodnih procesov ter omejenega vpogleda v obravnavane sisteme, je smiselno nova spoznanja o notranjih proizvodnih relacijah iskati z analizo preteklih proizvodnih podatkov.

Predlagani postopek izbire upošteva oba aspekta izbire. V prvem koraku izbire je smiselna uporaba statističnih metod za izbiro najpomembnejših regresorjev. Kot drugi korak izbire vplivnih spremenljivk pa je predlagana analiza vodljivosti, kjer preverimo dosegljivost izhodnega prostora glede na predhodno izbrane manipulativne spremenljivke in njihova omejena področja delovanja. Predstavljene rešitve so bile praktično prikazane na simuliranem kompleksnem industrijskem procesu.