

Sistem za sprotno zaznavanje anomalij v procesu brizganja plastičnih izdelkov

Miha Glavan¹, Žiga Stržinar¹, Teo Vrančič², Sebastjan Sternad³, Luka Podgoršek³

¹Institut Jožef Stefan

Jamova cesta 39, 1000 Ljubljana
miha.glavan@ijs.si, ziga.strzinar@ijs.si

²Fakulteta za informacijske študije

Ljubljanska cesta 31a, 8000 Novo mesto
vrancic.teo@protonmail.com

³Polycom d.o.o.

Dobje 10, 4223 Poljane nad Škofjo Loko
sebastjan.sternad@polycom.si, luka.podgorsek@polycom.si

System for real-time detection of anomalies in the injection molding process of plastic products

Process digitalization enables real-time monitoring of a large number of production parameters. Manufacturing companies face daily problems of how to properly monitor and use all this large amount of data. The paper presents an approach to real-time monitoring of process parameters in the production process of plastic injection molding. The system was designed and implemented in a way that allows the collection of all process data from machines, analyzes and evaluates the process status in real time, displays the process status to the operator on a local screen, and allows the entry of additional information about system failures. The monitoring system provides an overview of the process status in real time, and the developed data analytics automatically detects and warns of deviations based on comparable working conditions of past operations. The designed and demonstrated concept can be easily scaled to a larger number of machines. Based on feedback from operators, the system can also be upgraded with automatic detection of the most common production failures.

Kratek pregled prispevka

Digitalizacija procesov omogoča sprotno spremljanje velikega števila proizvodnih parametrov. Proizvodna podjetja se dnevno srečujejo s problemi, kako vso to veliko množico podatkov ustrezno spremljati in koristno uporabiti. V prispevku je prikazan pristop sprotnega spremljanja procesnih parametrov proizvodnega procesa brizganja plastičnih izdelkov. Sistem je bil zasnovan in implementiran na način, da omogoča zbiranje vseh procesnih podatkov iz strojev, sprotno analizira in ocenjuje stanje procesa, na lokalnem zaslonu prikazuje stanje procesa operaterju ter omogoča vnos dodatnih informacij o okvarah v sistemu. Nadzorni sistem s tem omogoča pregled nad stanjem procesa v realnem času, razvita podatkovna analitika pa samodejno zaznava in opozarja na odstopanja glede na primerljive delovne pogoje preteklih operacij. Zasnovan in demonstriran koncept je mogoče enostavno skalirati na večje število strojev. Na podlagi povratnih informacij operaterjev pa je mogoče sistem tudi nadgraditi z avtomatsko zaznavo najpogostejših proizvodnih okvar.

1 Uvod

Stroji za brizganje plastičnih izdelkov delujejo v ponovljivih ciklih brizganja, kjer vsak brizg izdela enega ali več enakih kosov. Operaterji imajo nalogo spremljati proces ter zaznavati odstopanja od normalnega obratovanja ter ustrezno ukrepati. Vsak izmed strojev pa je sposoben za vsako izmed operacij podati več kot 200 različnih parametrov delovanja.

Za učinkovito spremljanje tako velikega števila proizvodnih parametrov so potrebni algoritmi, ki so sposobni interpretirati zbrane podatke in ovrednotiti stanje procesa. Na ta način se razbremeni operaterja saj le-temu ni potrebno neprestano spremljati in vrednotiti stanje zajetih proizvodnih meritev.

V tem prispevku je predstavljen pristop razvoja prototipnega sistema za sprotno zbiranje, vrednotenje ter alarmiranje operacij brizganja. Aktivnosti so bile izvedene v okviru projekta AI REDGIO5.0 [1] kjer podjetje Polycom vodi demo podprojekt namenjen testiranju novih rešitev UI na robu.

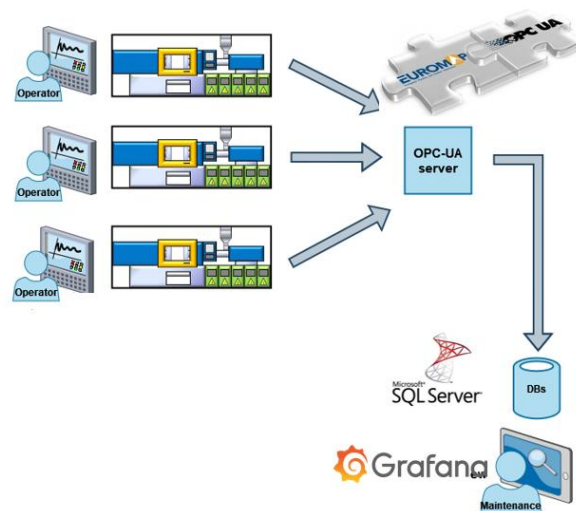
Prispevek je strukturiran na naslednji način. V sledečem poglavju je podanih nekaj več informacij glede zbiranja podatkov iz strojev. V 3. poglavju so podani osnovni principi vrednotenja ključnih proizvodnih parametrov preko računanja indeksa stanja procesa brizganja. V 4. poglavju je predstavljenih nekaj več informacij glede integracije rešitve v proizvodno okolje, v 5. poglavju pa nadaljnji koraki, ki bodo izvedeni v zadnji fazi projekta. Na koncu je podan še kratek zaključek.

2 Integracija podatkov

V prvem koraku je bila izvedena celovita podatkovna integracija podatkov procesa brizganja. Z uporabo strežnika OPC-UA in za standardiziranega podatkovnega modela EUROMAP [2] se po vsakem ciklu brizganja vsi parametri stroja in cikla zapišejo neposredno v centralno podatkovno bazo SQL, kot je to prikazano na Sliki 1.

Za osnovni pregled zbranih podatkov je bil v okolju Grafana pripravljen uporabniški vmesnik,

ki omogoča centralni pregled nad dogajanjem v proizvodnji ter delovanjem posameznih brizgalnih strojev.

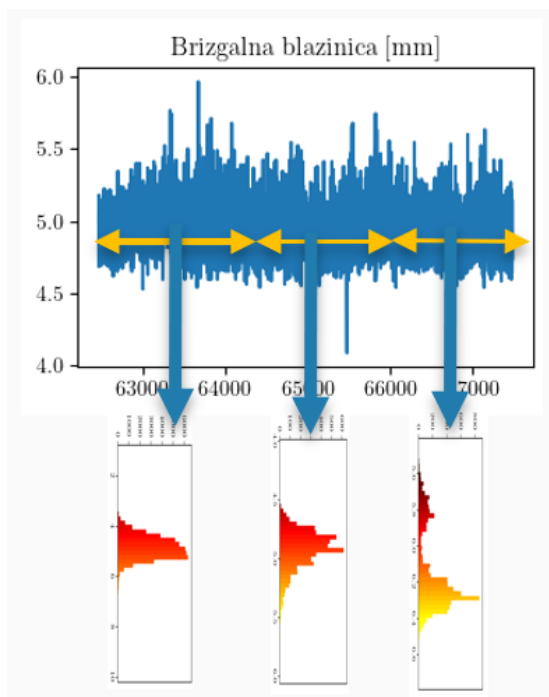


Slika 1: Zbiranje podatkov v centralni podatkovni bazi

3 Indeks stanja procesa brizganja

Za lažje sprotno spremljanje odstopanj v delovanju proizvodnih operacij so bili razviti algoritmi, ki omogočajo vrednotenje odmika delovanja procesa od nominalnih obratovalnih razmer. Koncept vrednotenja temelji na dveh korakih: (i) ocena porazdelitve vrednosti parametra v opazovanem oknu in (ii) primerjava zaznane porazdelitve parametra procesa glede na nominalno obratovanje procesa.

V prvem koraku za ocenjevanje indeksa stanja procesa brizganja, se za opazovana časovna okna procesa ovrednotijo porazdelitve ključnih proizvodnih parametrov, kot je za primer parametra brizgalne blazinice prikazano na sliki 2. Vsako opazovano okno predstavlja skupek zaporednih operacij v opazovanem obdobju. Na podlagi ovrednotene porazdelitve gibanja v kratkotrajnem obdobju dobimo vpogled v stanje procesa in trenutno gibanje ključnih parametrov brizganja.



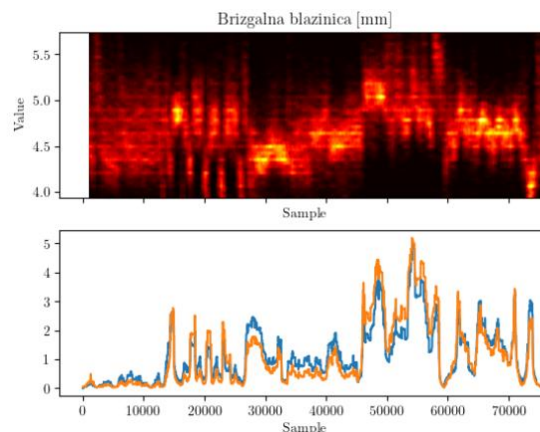
Slika 2: Ocenjevanje porazdelitve ključnih parametrov procesa brizganja v oknih opazovanja

V naslednjem koraku se za vsak izbrani parameter brizganja izračuna indeks stanja normalnosti opazovanega parametra. Indeks podaja informacijo odstopanja kratkotrajnega obdobja opazovanja (okna) glede na nominalno delovanje procesa. Indeks se izračuna z uporabo Wassersteinove razdalje [3] (znane tudi kot metrike Kantorovich-Rubinstein), ki ovrednoti razdaljo med dvema porazdelitvama. V našem primeru porazdelitvijo raztrosa opazovanega parametra v nominalnem obratovanju ter opazovanega kratkotrajnega obdobja zadnjih meritev.

Na zgornjem delu Slike 3 je prikazan primer porazdelitve procesnega parametra Brizgalne blazinice ter ustrezno ovrednoten indeks normalnosti delovanja. Vidimo lahko, da v začetnem delu opazovanega obdobja proces deluje podobno kot v nominalnem obdobju delovanja procesa. Proti koncu opazovanega obdobja pa lahko zaznamo večja odstopanja.

Razviti indeks za oceno stanja proizvodnega procesa agregira proizvodne informacije ter ovrednoti gibanje parametrov preko kratkoročnega časovnega okna. Pri tem se ne

osredotočamo na normalno deviacijo med na primer dvema cikloma brizganja temveč zaznavamo postopne spremembe, lezenja in odklone, ki so lahko tehnološkega izvora.



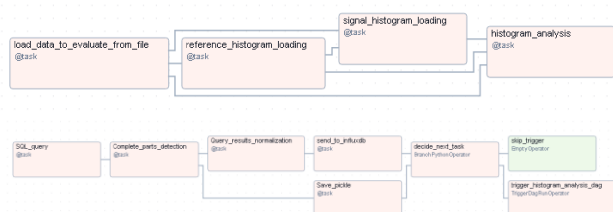
Slika 3: Porazdelitev meritev parametra Brizgalne blazinice (zgoraj) ter ovrednoten indeks stanja procesa brizganja na podlagi te spremenljivke (spodaj)

Ker se lahko na enem stroju izdeluje več različnih produktov z uporabo različnih brizgalnih orodij, je za vsako izmed kombinacij stroja, orodja, in izdelka definirano ločeno referenčno (nominalno) delovanje. Ob menjavi izdelka na stroju, se tako tudi ustrezno zamenja referenca porazdelitev procesnih parametrov.

4 Implementacija algoritmov in priprava uporabniških vmesnikov

Za implementacijo pripravljenih algoritmov v produkcijsko okolje je bilo uporabljeno odprtokodno okolje Apache AirFlow [4]. Platforma AirFlow omogoča pripravo sekvenc operacij, omogoča njihov časovno razvrščanje ter centralni nadzor nad njihovim delovanjem.

V okolju Python razviti algoritmi za branje podatkov iz baze, pred-procesiranje, vrednotenje indeksov ter lokalno shranjevanje le-teh, so bili vključeni v aciklične grafe (DAG, ang. Directed Acyclic Graphs) okolja Airflow. Slika 4 prikazuje pripravljene DAG-e sisteme, ki definirajo zaporedja izvajanja podatkovnih operacij.



Slika 4: Zaporedne operacije za pred-obdelavo podatkov in ovrednotenje indeksov stanja procesa

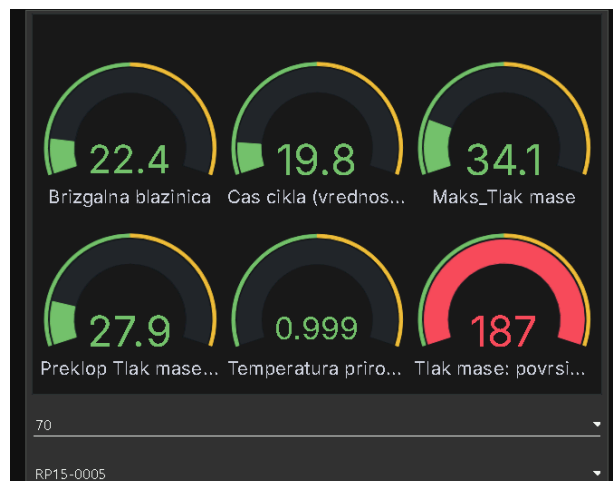
Definirane aktivnosti podatkovnega procesiranja se izvajajo periodično vsakih nekaj minut. Platforma Airflow skrbi za razvrščanje operacij ter njihovo izvedbo, hkrati pa omogoča spremljanje uspešnosti izvajanja operacij ter beleženje izjem pri zagonu pripravljenih podatkovno-analitičnih rutin (Slika 5).



Slika 5: Nadzor nad izvajanjem aktivnosti podatkovne analize

Za namene spremljanja rezultatov analitike, so bili pripravljeni ustrezni uporabniški vmesniki. Na Sliki 6 je prikazan vmesnik, ki omogoča vpogled v trenutne vrednosti indeksov stanja procesa ter ustrezne alarme preseženih vrednosti. Drugi pripravljeni pogledi pa omogočajo vpogled v dinamiko indeksov stanja opreme ter dejanskih podatkov za posamezen operativni cikel brizganja ter zgodovinski pregled podatkov (Slika 7).

Podatkovna analiza in pripravljeni uporabniški vmesniki so bili integrirani na računalniško platformo RaspberryPi, kateremu je bila dodan tudi zaslon na dotik, kot je prikazano na Sliki 8. Tako pripravljen terminal je mogoče namestiti neposredno ob stroju in s tem operaterjem omogočiti pregled dodatnih informacije o morebitnih deviacijah v delovanju procesa brizganja.



Slika 6: Sprotni pregled indeksi stanja procesa za ključne proizvodne parametre



Slika 7: Zgodovinski pregled gibanja ključnih proizvodnih parametrov



Slika 8: Terminal za sprotni prikaz stanja procesa

5 Nadaljnji koraki

Naslednji koraki razvoja v okviru projekta AI REDGIO5.0 se osredotočajo na pridobivanje dodatnih podatkov o napakah v procesu. Pridobljene informacije pa se bodo uporabile za zaznavo obstoja določene napake ter nastavitve primernih alarmnih nivojev.

Za namen pridobivanja dodatnih informacij o problemih na procesu brizganja je bil pripravljen uporabniški vmesnik s katerim ima operater možnost vnosa ustreznega tipa napake in dodaten komentar o izrednih dogodkih. Na podlagi pridobljenih povratnih informacij o tipi napak in izmerjenih procesnih vrednostih bo mogoče identificirati klasifikacijski model, ki bo lahko ovrednotil verjetnost pojava določenega tipa napake. S tem pa bo mogoče poleg zaznave deviacij tudi karakterizirati tip napake.

6 Zaključek

V prispevku predstavljen sistem za sprotno spremljanje procesov brizganja predstavlja demonstracijo enostavnega sistema za sprotno spremljanje in vrednotenje parametrov brizganja plastičnih izdelkov. Izbrana podatkovna analitika temelji na predpostavki o veliki ponovljivosti procesa. Pri tem pa je pomembno, da je nominalno referenčno obdobje dobro izbrano, saj je le to osnova za vrednotenje ustreznosti nadaljnjih procesnih operacij. Predstavljen pristop omogoča zaznavo odstopanja v parametrih ponovljivega procesa pa ni vezan zgolj na proces brizganje temveč ga je mogoče prenesti tudi na druge procese.

Predstavljeni rezultati se bo tekom izvajanja projekta še nadgrajevali in bolj temeljito testirali v proizvodnem okolju na dveh strojih brizganja v podjetju Polycom.

Zahvala

Delo je bilo podprto v okviru nacionalnega raziskovalnega programa Sistemi in vodenje (P2-0001) ter mednarodnega projekta AI REDGIO5.0 (GA No. 101092069), ki je

sofinanciran s strani Evropske komisije v okviru programa Obzorje Evropa.

Literatura

- [1] AI REDGIO5.0 projekt, spletna stran projekta, <https://www.airedgio5-0.eu>
- [2] EUROMAP Technical recommendations, <https://euromap.org/technical-issues/technical-recommendations>
- [3] Villani, C. (2009). The Wasserstein distances. In: Optimal Transport. vol 338. Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-540-71050-9_6
- [4] Apache AirFlow, <https://airflow.apache.org/>