

## **Navigacija in zumiranje nevidnih poslovnih procesov v mehatronski informatiki**

### **Navigation and zooming of nonvisible business processes in mechatronic informatics**

**Gorazd Rakovec**  
gorazd.rakovec@siol.net

#### **Povzetek**

*Dejstvo je, da so pri modernih informacijskih sistemih eden od najšibkejših členov ročno vneseni podatki nastali po subjektivnih zaznavah oseb. Taki podatki so vneseni s tipkarskimi napakami, s precejšnjimi zakasnitvami in so dostikrat drugačni od objektivnega dejanskega stanja procesov. Drugi aktualen problem pa je, da je večina poslovnih procesov človeku nevidnih, zato o njih človek ne more dajati podatkov. Obravnavani so človeku nevidni procesi, ki jih zaznavajo samo ustrezni senzorji z merilniki v obliki bralnik terminalov, ki izdelane elektronske podatke posredujejo na strežnik v informacijski sistem. Od tu naprej se avtomatsko izdelani podatki lahko obdelujejo kot vsi ostali v informacijskem sistemu. Obravnavani so procesi v proizvodnih podjetjih. Za postavitve senzorjev v proizvodnji je treba poznati tudi stroje s tehnološkimi procesi in vse skupaj tvori mehatronski sistem, katerega arhitektura je podrobneje opisana. V prispevku so popisane glavne faze mehatronizacije informacijskih sistemov in glavni gradniki mehatronskih sistemov za vsak nivo posebej od navigacijskega sistema proizvodnih procesov, do nadzornega sistema strojnih procesov in v najvišji obliki tudi z nadzorom tehnoloških procesov. Opisan je didaktični sistem za poučevanje proizvodnih, strojnih in tehnoloških mehatronskih procesov.*

Ključne besede: Mehatronika, informatika, tehnološki, strojni, proizvodni, sistem, proces, dejavnik, navigacija, nadzorni sistem

#### **Abstract**

*Manual data input is one of the highest imperfection of information systems today. Most data has a subjective nature. Such data has many typing faults. They are inputted with much delay and the content are many times different than real state of the processes. The majority of business processes are nonvisible for the human, so the man can not give any realistic data about them. The nonvisible processes can be perceptioned only with propriate sensors with measuring systems named Data Acquisition terminals which generate electronic data and send them to the server of information system. When the automatic generated electronic data are in the data base, they can be processed like all other information system data. The processes of industrial companies are treated in this article. The sensors should be mounted on the machines in the production with technological processes and everything together is a mechatronic system. The architecture of mechatronic system is described. The*

*main phases of mechatronisation of information systems with the main elements from navigation systems of production processes to machine process monitoring and finally technological processes monitoring are described. The didactic system for the production, machine and technological mechatronic processes lecturing*

Keywords: mechatronics, informatics, technological, mechanical, manufacturing, system, process, factor, navigation, monitoring

## 1 Uvod

Eno najbolj pomembnih področij opazovanja poslovnih sistemov so procesi. Večina modernih poslovnih standardov izhaja iz procesov. Procesi so glavni predmet optimiranja in zato opazovanja. Vendar pa je velik del procesov očem neviden ali le delno viden. Poudarek v prispevku bo dan na proizvodnih procesih in tudi storitvenih dejavnosti proizvodnje: od razvoja, tehnologije, informatike, vzdrževanja, planiranja, kakovosti, kontrole... Pojavijo se osnovna vprašanja: kako najti neviden proces in kako ga optimirati? Kako ločiti različne procese med seboj, kako jih razčleniti na podprocese, kako jih primerjati, vrednotiti, če so človeškim očem nevidni? Pri tem si ljudje pogosto pomagamo z informacijskimi sistemi v katere vnašamo podatke, ki jih sistemi potem predelujejo v nove podatke ali kazalce ter jih grafično prikažejo – vizualizirajo. Mnogim se zdi samoumevno, da so vsi podatki že v informacijskem sistemu, vendar v praksi mnogokrat ravno to ni rešeno na ustrezen način. Uporabniki to takoj opazijo in dragih informacijskih sistemov ne uporabljajo dovolj.

Obravnava procesov je na začetku najbolj odvisna od tega, kako nastanejo podatki in kako pridejo v informacijski sistem. Celotna obravnava procesov je najprej odvisna od tega: kdo ali kaj generira podatke o procesih, kdo ali kaj jih vnaša v informacijski sistem in s kakšno zakasnitvijo po nastanku procesa se podatki nahajajo v informacijskem sistemu. Kolikšna je količina vnesenih podatkov? Za kvalitetno spremljanje procesov je potrebno generirati in vnašati velike količine podatkov, kjer ročen vnos ni več možen in smiseln. Ali so sploh vneseni vsi podatki in kolikšen del jih manjka? Ali so vsi vneseni podatki dobri ali so nekateri manj ali bolj dobri, manj ali čisto napačni, ipd... Kje je meja med dobrimi in slabimi podatki? Kako natančni so podatki? In predvsem, ali so podatki subjektivni na podlagi človeških opažanj in ocen ali so objektivno fizično izdelani in izmerjeni?

Vedno bolj postaja pomembno dejstvo, da je za kvalitetno spremljanje procesov potrebna velika količina podatkov s čim večjo natančnostjo, kar pa pomeni, da podatki generirani s človeškim zapažanjem in ročnim vnosom niso dovolj oziroma so glavna ovira za optimiranje procesov. To pomeni, da morajo biti podatki avtomatsko generirani – izdelani in vneseni. Problem današnjih informacijskih procesov, kot podpore upravljanju je, da človeško generirani in vneseni podatki niso dovolj točni, zanesljivi in ne dovolj ažurni. Celoten informacijski sistem pa je dober toliko kot najšibkejši člen. Velik problem pri obravnavi procesov je, da človek nevidnih procesov ne vidi in zato nima dostikrat pravih podatkov, zato se glavnina nevidnih procesov ne obdeluje v informacijskih sistemih. Odločanje brez njih pa je lahko samo po občutku, z intuicijo, ipd. torej nepopolno, nezanesljivo in manj učinkovito ali donosno.

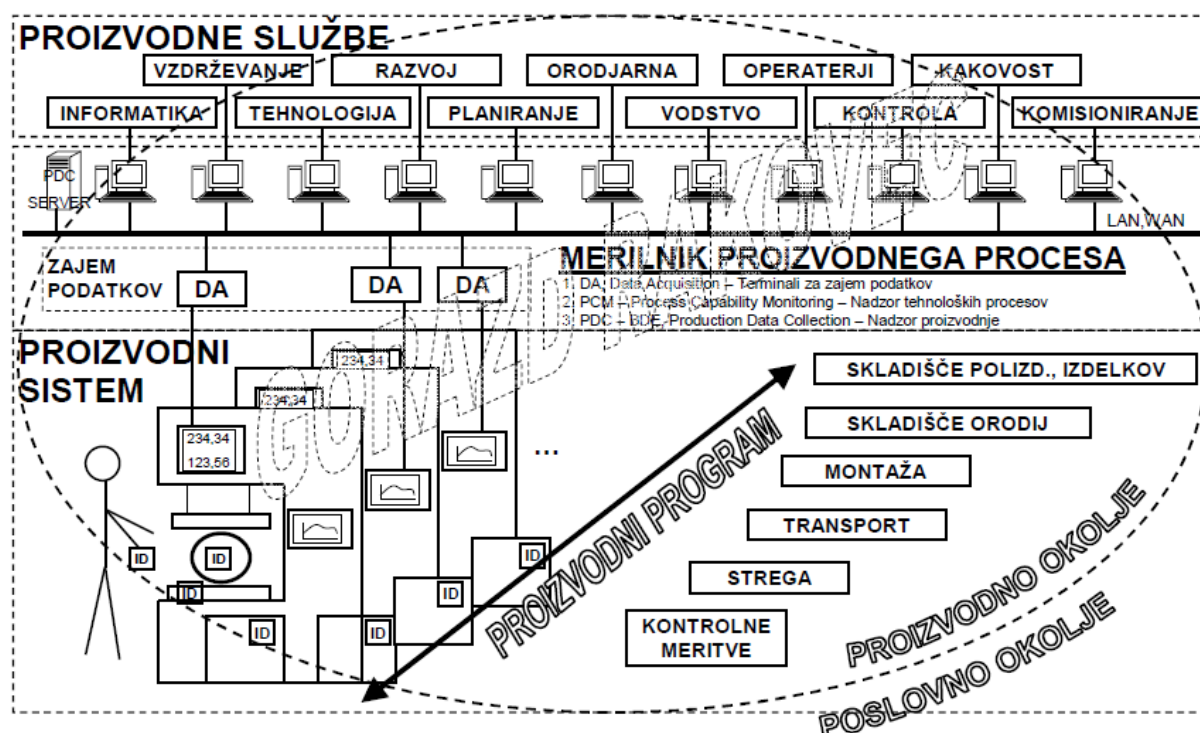
Človek je v mnogih primerih najšibkejši člen pri izdelavi podatkov. Nevidnih procesov ne vidi in jih ne more popisati. Pri tistem, kar vidi pa je omejen s čutili, sposobnostmi opazovanja, koncentracijo, izkušnjami, znanji, ipd. Vprašanje je tudi, koliko podatkov lahko generira človek v delovnem času osmih delovnih ur in koliko od zapaženih podatkov lahko

vnese v informacijski sistem vsak dan, neprestano? Nekateri generiranje podatkov imenujejo periferija, ipd... Vendar če objektivno pogledamo, kaj je preje, je jasno, da je najprej izdelava podatkov in šele potem njihova obdelava. Od izdelave podatkov je odvisna tudi vsa nadaljnja predelava in logistika podatkov - komunikacije. S tega vidika je izdelava elektronskih podatkov - v našem primeru proizvodnih procesov - primarni proces, (obdelava podatkov pa sekundarni), ki ga klasična informatika ne obravnava. Poslovnemu informacijskemu sistemu moramo danes dodati sistem za avtomatsko proizvodnjo podatkov o fizičnih – dejanskih procesih, in tako dobimo mehatronski sistem. Dobimo novo področje nadgrajene informatike – mehatronsko informatiko.

## 2 Proizvodni mehatronski sistem

V proizvodnem podjetju imamo poslovni informacijski sistem s PC računalniki in ethernet omrežjem. Da bi prišli do točnih ažurnih podatkov o proizvodnem procesu, moramo v proizvodnji fizičnih izdelkov dograditi elektronski sistem za proizvodnjo fizičnih podatkov, ki izdelane podatke vnese tudi v informacijski sistem in tako dobimo proizvodni mehatronski sistem.

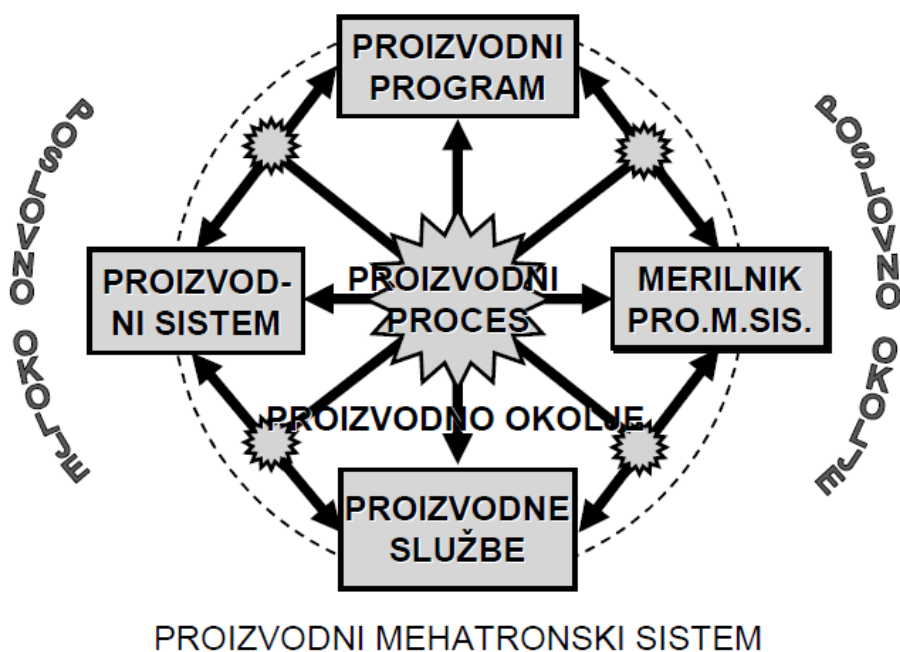
Oblikovno shemo proizvodnega mehatronskega sistema prikazuje slika 1. Osnovni dejavniki proizvodnega mehatronskega sistema so: proizvodni proces, proizvodne službe, proizvodni sistem, proizvodni program, merilnik proizvodnega sistema, proizvodno okolje in poslovno okolje.



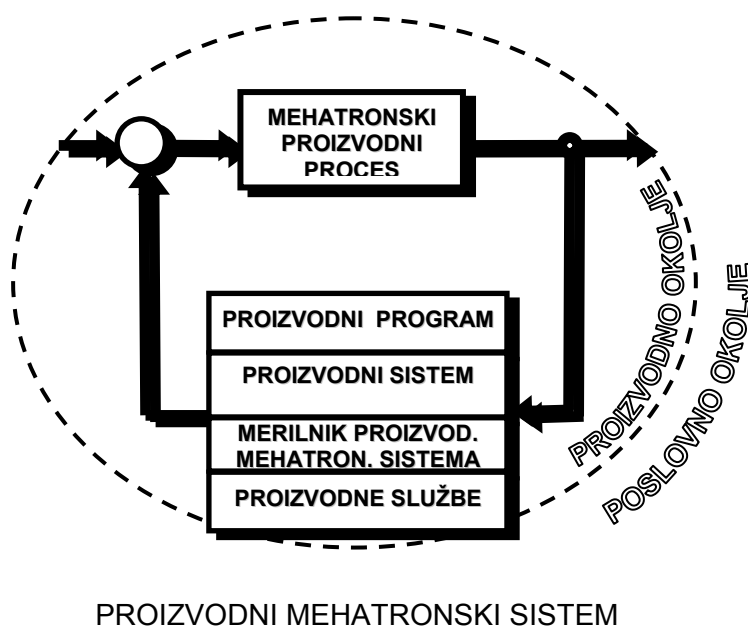
Slika 1: Oblikovna shema proizvodnega mehatronskega sistema

Proizvodni mehatronski proces je interakcija – medsebojno delovanje proizvodnega sistema, proizvodnega programa in proizvodnih služb s podporo merilnikov proizvodnega mehatronskega sistema v ožjem proizvodnem in širšem poslovnem okolju. Sam proces je sestavljen iz mnogih dogodkov- podprocesov, postopkov in je zato neviden. Proces je ponazorjen s skupino vseh pušic v blokovni shemi proizvodnega mehatronskega sistema na

Sliki 2. V kibernetiki kot osnovni teoretični znanosti mehatronike je interakcija dejavnikov mehatronskega procesa ponazorjena s sumacijsko točko na Sliki 3.



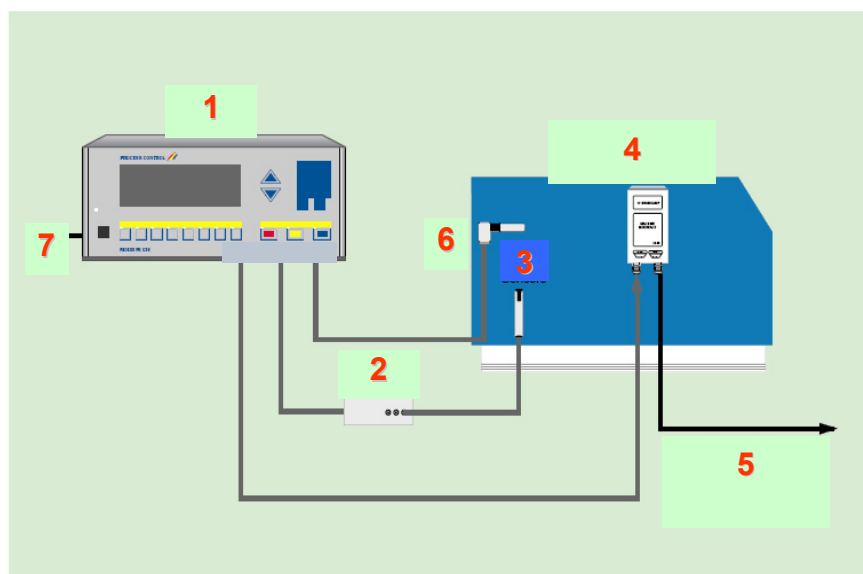
Slika 2: Blokovna shema proizvodnega mehatronskega sistema



Slika 3: Kibernetična blokovna shema proizvodnega mehatronskega sistema

Informacijski sistem se že nahaja v proizvodnih službah: informatika – proizvodni moduli, vzdrževanje, tehnologija, razvoj, planiranje, orodjarna, vodstvo, operaterji, kontrola, kakovost in logistika. Za pravo mehatronizacijo pa moramo dodati merilnik proizvodnega mehatronskega sistema sestavljen iz mnogih merilno-števni terminalov, ki imajo senzorje razporejene po večini dejavnikov proizvodnega sistema s katerimi zaznavajo, identificirajo,

merijo veličine mehatronskih sistemov in generirajo elektronske podatke prednostno o mehatronskem proizvodnem procesu. Na trgu se merilniki najbolj pogosto imenujejo Data Acquisition terminali ali terminali za branje podatkov. Bistveno je, da imajo Data Acquisition ali bralni terminali na izhodu povezavo na lokalno računalniško omrežje in da lahko pošiljajo izdelane elektronske podatke na strežnik v PC omrežju. Na sliki 4 sta prikazana primera dveh terminalov za merjenje in vizualizacijo tehnoloških procesov, ki izdelujeta elektronske podatke iz krivulj analognih senzorjev. Na sliki 5 pa so prikazani primeri enostavnejših terminalov, ki merijo električne signale iz stikal delovnih ciklov na posameznih delovnih sredstvih.



- 1 nadzorna enota
- 2 ojačevalec
- 3 analogni senzor
- 4 strojni vmesnik
- 5 rele- izhodi
- 6 stikala
- 7 el. napajanje

Slika 4: Primer terminalov za generiranje elektronskih podatkov in krivulj tehnoloških procesov

Enostavnejši števniki terminali, ki štejejo in merijo pulze stikal delovnih ciklov strojev (slika 3) so v starejših izvedbah opremljeni še s tipkovnico in prikazovalnikom za vnos diagnostičnih šifrantov in so povezani s posebnim industrijskim omrežjem (kot npr. RS485). Novejše izvedbe (slika 5 spodaj) pa so brez tipkovnice in prikazovalnika, saj se namesto njih uporablja kar PC računalnik s terminalskim programom za vnos diagnostičnih šifrantov in ostalih ročno vnesenih podatkov. Taki terminali avtomatsko merijo čase delovanja, hitrost in čase zastoja delovnih sredstev, medtem ko morajo diagnoze zastojev in poročanje o opravljenem delu operaterji izvajati ročno s tipkovnico in prikazom.

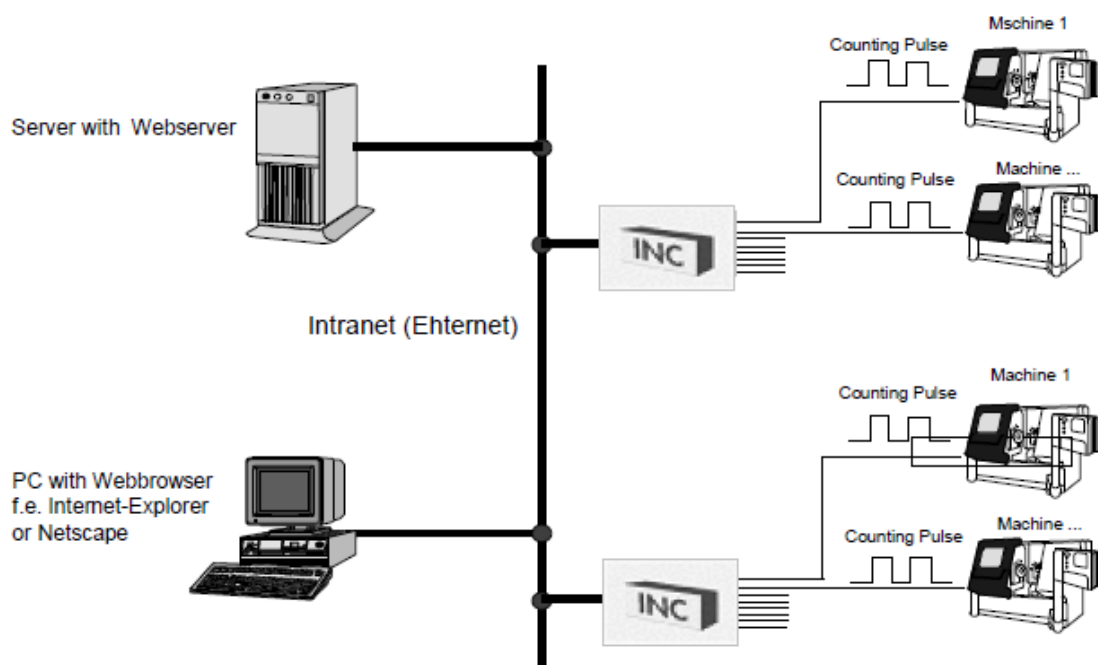


Slika 5: Primeri bralnih terminalov za generiranje elektronskih podatkov od najstarejših levo zgoraj do najnovejših spodaj



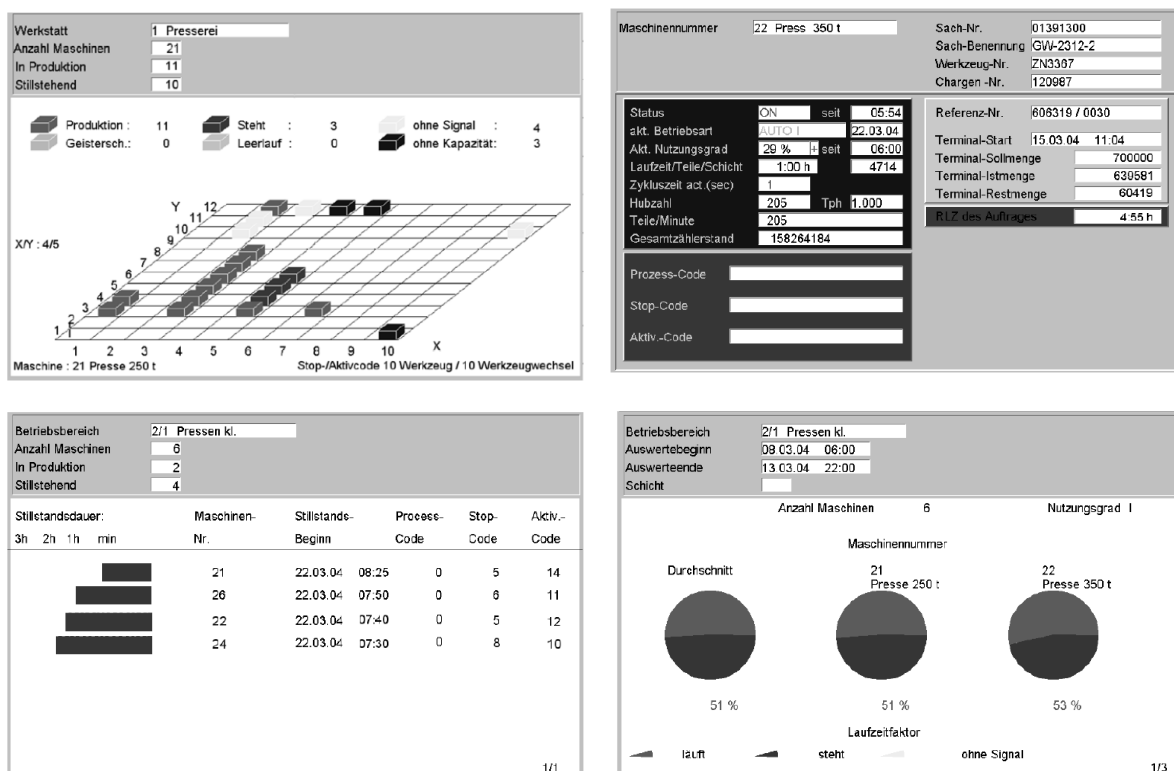
Celoten mehatronski merilni sistem sestavljajo torej množice senzorjev na delovnih sredstvih z mnogimi bralnimi terminali po proizvodnji, ki so povezani v lokalno računalniško omrežje, izmerjene in izdelane elektronske podatke pa pošiljajo na strežnik z bazami proizvodnih

podatkov, kjer se nahajajo tudi programi za analizo in diagnosticiranje proizvodnega mehatronskega procesa kot podpora za upravljanje vsem proizvodni službam in vodstvu (Slika 6).



Slika 6: Primer merilnega sistema za izdelavo elektronskih podatkov o proizvodnem procesu ali primer sistema proizvodnje elektronskih podatkov

Elektronski podatki se iz merilnikov prenesejo v navigacijski (nadzorni) informacijski sistem kot dejanski elektronski podatki o proizvodnem procesu, ki so podpora za osebno upravljanje procesa. V nadzorni sistem se stekajo izmerjeni elektronski podatki iz mnogih - lahko več deset ali sto - strojev, ki vsi skupaj tvorijo osnovo za spremljanje proizvodnega procesa vodstvu proizvodnih služb. Te vrste informacijski sistemi (slika 6) se imenujejo navigacijski ali nadzorni sistemi, ali BDE (Betrieb Daten Erfassung), MES (Manufacturing Execution System), SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition), ipd... Na sliki 5 je prikazanih nekaj ekranskih mask za analizo proizvodnih mehatronskih procesov. Leva zgornja maska prikazuje prostorsko porazdelitev delovanja strojev, zgornja desna prikazuje glavne podatke za analizo procesa enega stroja, spodnja leva izloči vse stroje v nedelovanju z diagnostičnimi šiframi zastojev in spodnja desna prikazuje izkoristke proizvodnih in strojnih procesov.



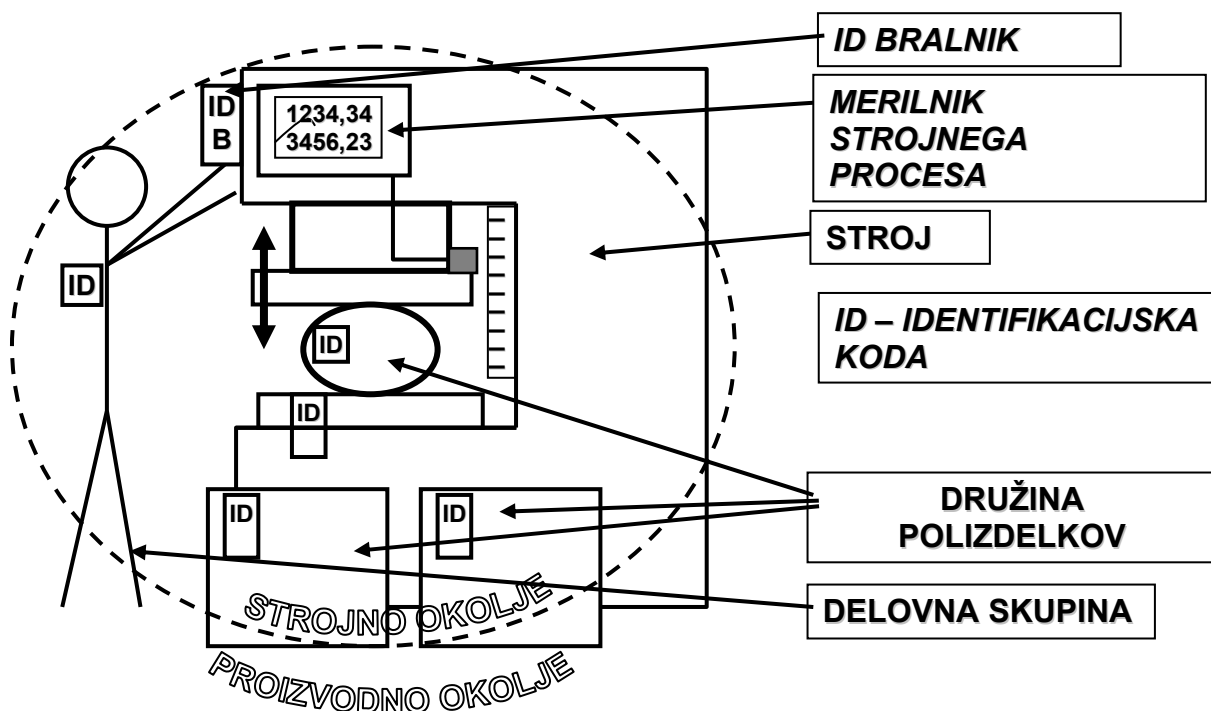
Slika 7: Primeri ekranskih mask za analiziranje proizvodnih mehatronskih procesov

Dober nadzorni navigacijski sistem ima več deset programov za analizo in prikaz nevidnih veličin proizvodnih procesov, vendar ne preveč. Prevelika količina prikazov in analiz zamegli in oteži pogled in predstavo. Ravno v tem se nadzorni navigacijski sistemi razlikujejo med seboj. Čeprav vsebujejo skoraj iste podatke, se razlikujejo v strategiji in konceptu prikazov procesov in njihovih podatkov in so zato bolj ali manj uporabni, z več ali manj dodane vrednosti za uporabnike.

Najpomembnejše vprašanje pa je, kako priti do podatkov v navigacijskem nadzornem sistemu avtomatsko brez ročnih vnosov, saj se s tem močno poveča kvaliteta in kvantiteta podatkov, s tem pa kakovost odločanja.

### 3 Strojni mehatronski sistem

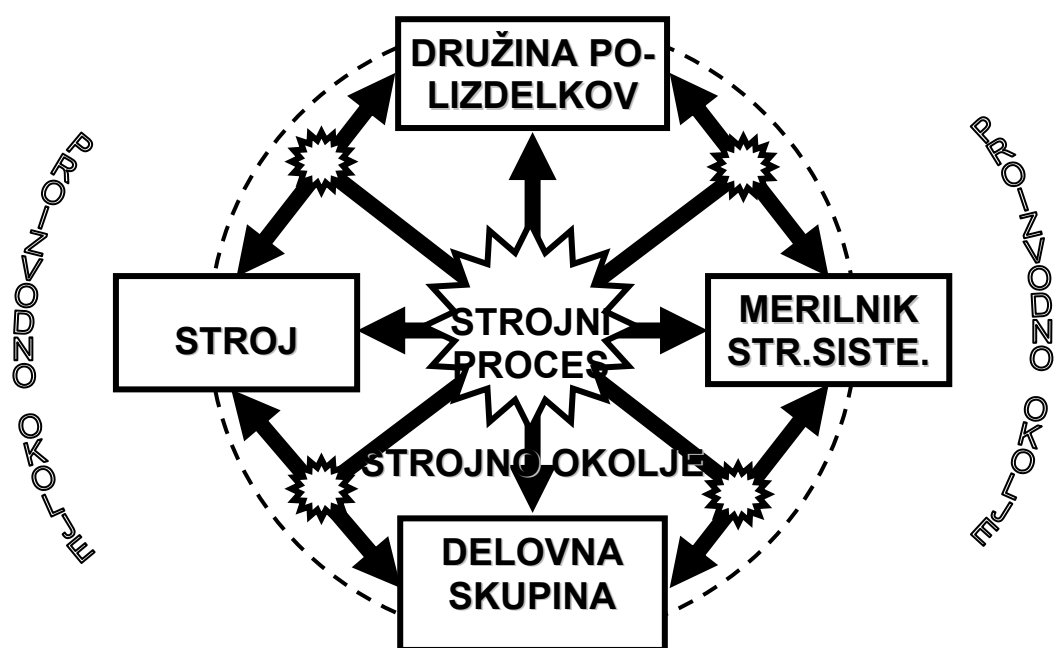
Nesporno dejstvo pa je, da vsi senzorji, ki jih morajo mehatroniki namestiti po procesu, ne plavajo po zraku, temveč morajo biti fizično pritrjeni na točno določenih strojnih delih na konkretnih strojih v proizvodnji. Zato, da bi lahko namestili senzorje za merjenje procesa, ojačevalce, merilnike, računalnike, s kabli, je treba poznati zgradbo strojev in način njihovega delovanja, kar je v povezavi z informatiko že prava mehatronika. Osnovno arhitekturo stroja lahko ponazorimo z oblikovno shemo na Sliki 8.



Slika 8: Oblikovna shema mehatronskega strojnega sistema

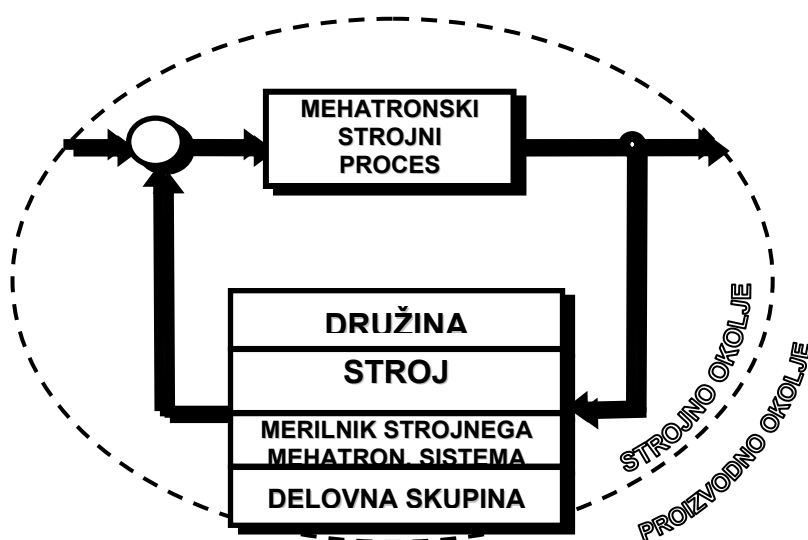
Na sliki 8 so prikazani dejavniki strojnega mehatronskega sistema: družina polizdelkov, stroj, merilnik strojnega procesa z identifikacijskim-ID bralnikom, delovna skupina, ožje strojno okolje, širše proizvodno okolje in strojni proces.





Slika 9: Blokovna shema strojnega mehatronskega sistema

Strojni proces je interakcija – medsebojno delovanje stroja, družine polizdelkov in delovne skupine s podporo merilnikov strojnega sistema v strojnem in proizvodnem okolju. Strojni proces je večinoma očem neviden in ga ponazarjajo puščice na Sliki 9. V kibernetiki kot osnovni teoretični znanosti mehatronike je interakcija dejavnikov mehatronskega procesa ponazorjena s sumacijsko točko na Sliki 10.

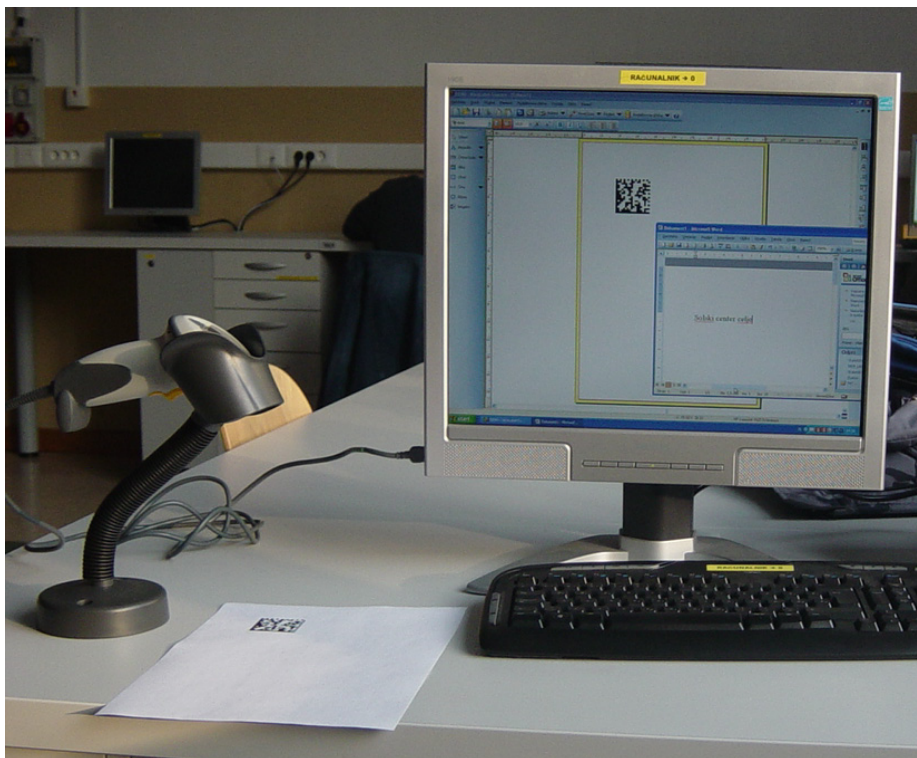


Slika 10: Kibernetika blokovna shema mehatronskega strojnega sistema

Merilniki strojnega procesa merijo predvsem dolžine poti in hitrosti gibljivih strojnih delov in so lahko tudi povratna zveza regulatorjev in krmilnikov stroja. Gibljivi deli na strojih imajo

tudi množico začetnih končnih stikal na katere lahko vzporedno priključimo bralne Data Acquisition terminale iz Slike 5. V določenih primerih je treba tudi dograditi stikala za DA terminale, ki na podlagi dobljenih koračnih pulzov iz stikal največkrat merijo frekvenco strojnih ciklov in jo pretvarjajo v elektronske podatke časa delovanja in nedelovanja strojev, in štejejo število ciklov delovanja, ki ga pretvorijo v število izdelanih kosov.

Strojni mehatronski sistem vsebuje tudi identifikacijske bralnike, ki so največkrat čitalci črtnih kod (Slika 11) ali RF (radijsko frekvenčnih) identifikacijskih značk za avtomatsko identificiranje objektov v mehatronskem sistemu, ki tudi generirajo elektronske podatke iz fizičnih zapisov. Seveda ne smemo pozabiti navadne tipkovnice, ki tudi generira elektronske podatke, ko operaterji ročno tipkajo, vendar je njihova vsebina subjektivna. Identifikacijske bralnice lahko mehatroniki enostavno priključijo na vsak PC računalnik in tudi na mnoge krmilnike. Pomemben del so tudi identifikacijske kode fizično izdelane največkrat iz barve in papirja (ali kakih drugih materialov), ki jih bralniki avtomatsko pretvorijo v elektronske podatke. Dvodimenzionalne kode na papirju so že prave datoteke (z več tisoč ASCII znaki) v fizični obliki. Z ID bralniki se veliko vnaša proizvodna dokumentacija delovnih nalogov in diagnostični šifranti ob zastojih strojev in naprav.



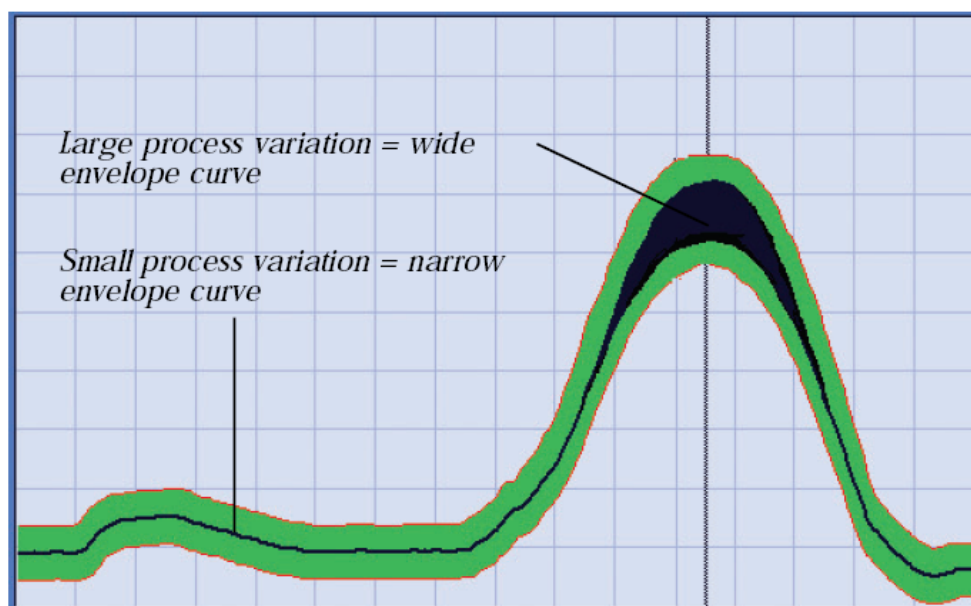
Slika 11: Identifikacijski bralnik kot generator elektronskih podatkov

## 4 Tehnološki mehatronski sistem

Vendar tudi strojni mehatronski proces ne daje vseh pomembnih podatkov o procesih, kjer nastajajo izdelki, ki jih podjetja prodajajo na trgu in realizirajo dodano vrednost. Iz strojnih procesov ni možno avtomatsko dobiti elektronskih podatkov o slabih polizdelkih. Merilnik strojnih ciklov ne loči dobrih polizdelkov od slabih, ne loči praznega delovanja stroja od učinkovitega, avtomatsko diagnosticiranje procesa ni možno, zato šifre napak vnašajo operaterji. Najpomembnejši podatki o kakovosti procesov in polizdelkov so subjektivno odvisni od operaterjev, ki jih morajo vnesti, kar pa se v praksi ne dogaja redno. V fizični

proizvodnji ni možno zagotoviti, da bi na primer sto operaterjev sproti vnašalo vse potrebne podatke in če manjka dvajset odstotkov podatkov, je sistem že skoraj neuporaben.

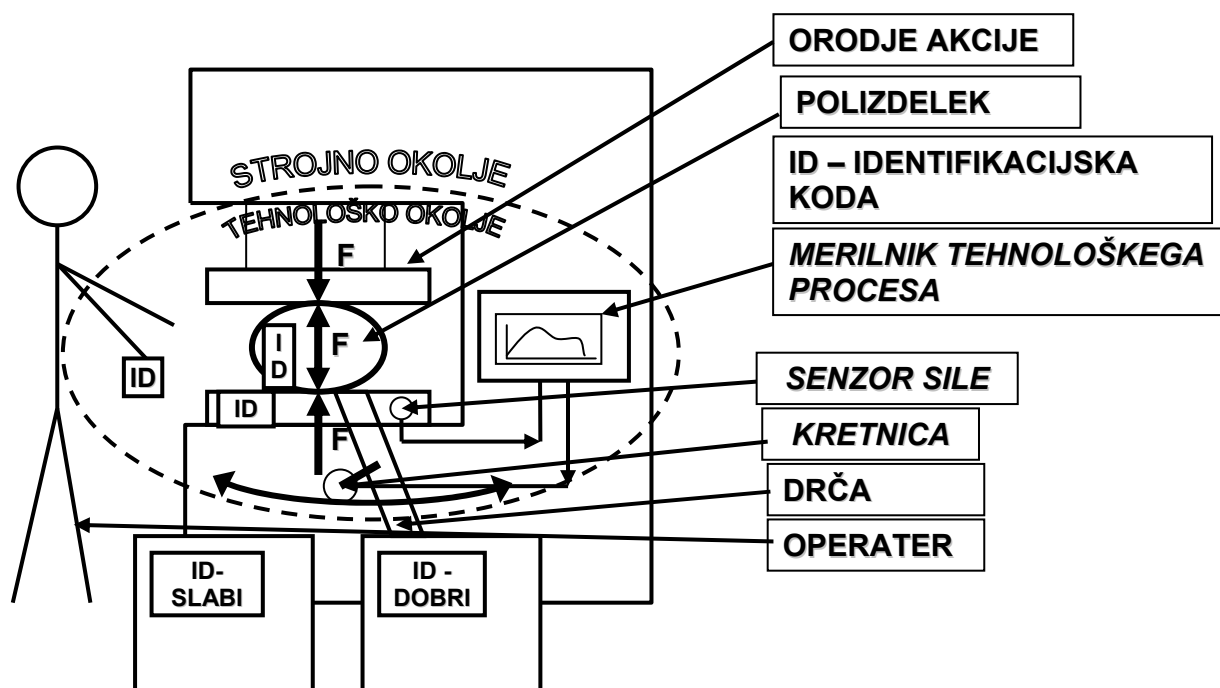
Za odpravo pomanjkljivosti morajo mehatroniki na mehanske stroje pritrditi analogne senzorje tehnološkega procesa. Pri mehanskih procesih izdelave polizdelkov je glavni procesni parameter sila. Senzor sile je treba pritrditi čim bližje mestu interakcije orodje – polizdelek. Mehatroniki morajo namestiti tudi ojačevalec in merilnik analognih signalov (slika 4). Izmerjena analogna krivulja sile na ekranu je elektronska slika nevidnega mehanskega procesa (slika 12). Operater tako šele vidi nevidni tehnološki proces. Analogni merilnik pa izmerjene parametre pretvori tudi v elektronske podatke, ki jih posreduje v informacijski nadzorni sistem. Merilni nadzorni sistem lahko po izmerjeni krivulji postavi tudi meje procesa .



Slika 12: Izmerjena krivulja analognega senzorja v procesu – elektronska slika tehnološkega mehatronskega procesa

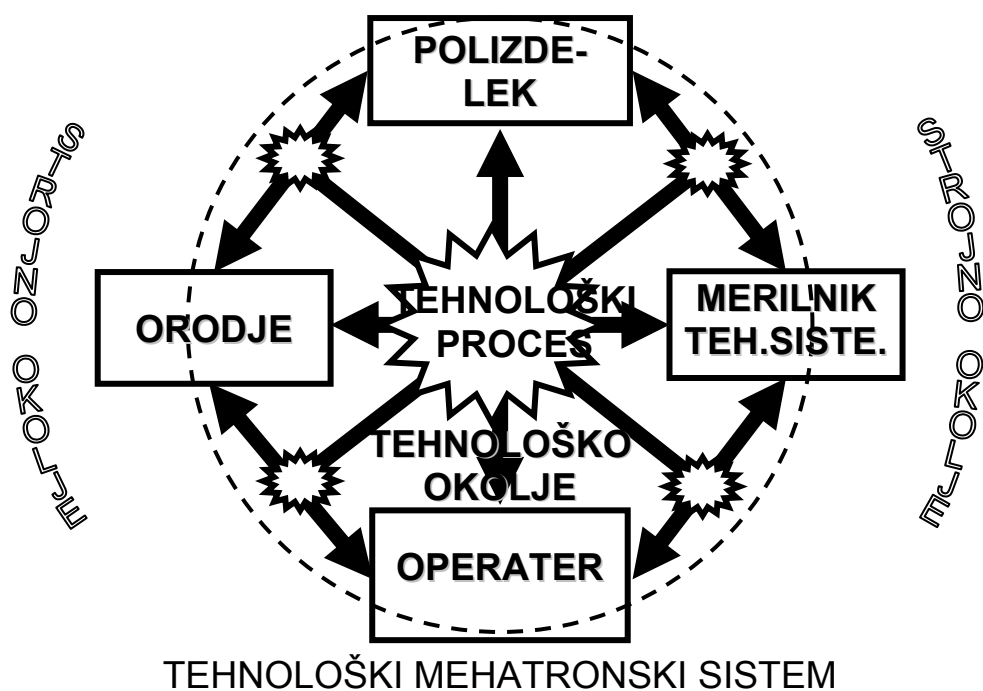
Dobri nadzorni sistemi v učnem postopku sami izračunajo zgornjo in spodnjo mejo po celi krivulji, ki se ji pravi ovojna krivulja. Če izmerjeni signal prestopi mejo, nadzorni sistem avtomatsko vnese diagnostično šifro in ustavi delovanje stroja. Na tak način sistem loči dobre kose polizdelkov od slabih in čase učinkovitega delovanja stroja od neefektivnega delovanja. Avtomatsko vnaša diagnostične šifre zastoja in s hitrimi ustavitvami ob prekoračitvi mej zmanjša poškodbe na strojih in orodjih, zmanjša število izmetnih kosov na minimum, poveča stopnjo avtomatizacije. Tak sistem tudi omogoča sto odstotno kontrolo kvalitete, kar je danes posebej pomembno v avtomobilski industriji, ko se zahteve kupcev gibljejo proti 0PPM (nič izmeta na milijon kosov izdelkov).

Mehatroniki lahko nevidni proces določijo in najdejo samo po vidnih dejavnikih procesa, ki skupaj tvorijo tehnološki mehatronski sistem (Slika 13).

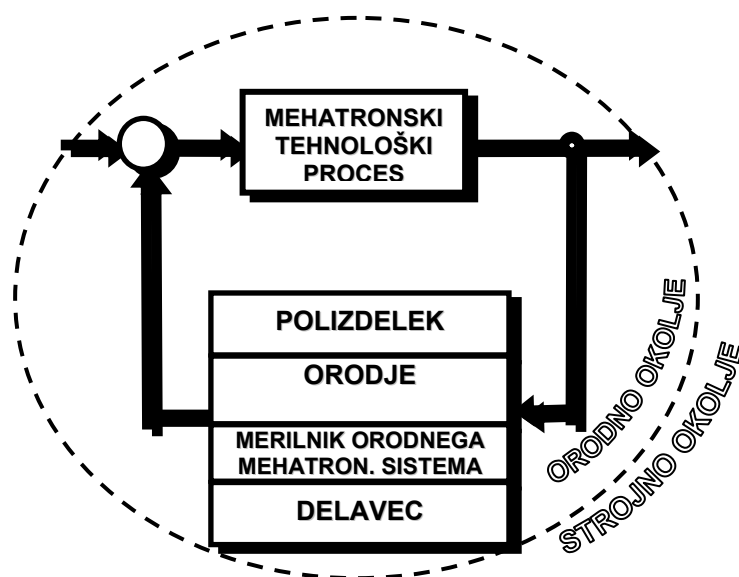


Slika 13: Oblikovna shema tehnološkega mehatronskega sistema

Vidni dejavniki nevidnega tehnološkega mehatronskega procesa so: polizdelek, orodje, merilnik tehnološkega procesa, operater, ožje tehnološko in širše strojno okolje. Tehnološki proces je medsebojno delovanje – interakcija orodja, polizdelka, operaterja s podporo merilnika tehnološkega procesa v ožjem tehnološkem in širšem strojnem okolju. Tehnološki mehatronski proces ponazarjajo puščice na sliki 14. Interakcija v kibernetiki shematiki pa je prikazana na sliki 15.



Slika 14: Blokovna shema tehnološkega mehatronskega sistema



Slika 15: Kibernetična blokovna shema tehnološkega mehatronskega sistema

Z dograditvijo merilnikov tehnoloških procesov šele pridemo do objektivno izmerjenih elektronskih podatkov o mehatronskem sistemu. Kako dobimo podatke o sistemu, če pa merimo samo procese?

## 5 Zumiranje mehatronskega sistema

Mehatronski sistem je sestavljen iz mnogih predhodno opisanih sistemov. Dejavniki vseh sistemov pa so v medsebojni interakciji. Vse interakcije skupaj tvorijo mehatronski proces. Sklepamo lahko vedno tudi obratno. Če imamo podatke o mehatronskem procesu, lahko s pravo analizo teh podatkov dobimo tudi podatke o večini dejavnikov procesa. S pravilno meritvijo procesa dobimo podatke o večjem delu sistema. Kako pa zgleda celoten splošen mehatronski sistem? Če predhodne dejavnike zložimo v matriko, dobimo Tabelo 1.

Tabela 1: Navigacijska shema mehatronskega sistema

<u>SPLOŠNI MEHATRONSKI SISTEM</u>	<u>TEHNOLOŠKI MEHATRONSKI SISTEM</u>	<u>STROJNI MEHATRONSKI SISTEM</u>	<u>PROIZVODNI MEHATRONSKI SISTEM</u>
<u>MEHATRONSKI PROCES</u>	MEHATRONSKI TEHNOLOŠ. PROCES	MEHATRONSKI STROJNI PROCES	MEHATRONSKI PROIZVOD. PROCES
<u>PREDMET PROCESA</u>	POLIZDELEK	DRUŽINA POLIZDELKOV	PROIZVODNI PROGRAM
<u>DELOVNI SISTEM</u>	ORODJE	STROJ	PROIZVODNI SISTEM
<u>MERILNI SISTEM</u>	MERILNIK TEHNOL. MEHAT. SISTEMA	MERILNIK STROJ. MEHATRON. SISTEMA	MERILNIK PROIZVOD. MEHAT. SISTEMA
<u>OSEBJE</u>	OPERATER	DELOVNA SKUPINA	PROIZVODNE SLUŽBE
<u>OŽJE OKOLJE</u>	TEHNOLOŠKO OKOLJE	STROJNO OKOLJE	PROIZVODNO OKOLJE
<u>ŠIRŠE OKOLJE</u>	STROJNO OKOLJE	PROIZVODNO OKOLJE	POSLOVNO OKOLJE

\* ZUMIRANJE – NASTAVLJANJE GLOBINE POGLEDA

Če se omejimo na mehatronske procese v proizvodnih podjetjih, imamo tehnološke, strojne in proizvodne procese. Navigacijski nadzorni sistem nevidne mehatronske procese napravi vidne in izmerjene, postavi meje procesa in avtomatsko diagnosticira njihovo odstopanje ter pošilja izhodne krmilne binarne signale za sprožanje akcij na strojih in napravah (Brankamp, 2009).

Z navigacijskimi nadzornimi sistemi nastavljamo tudi globino pogleda v procese oziroma zumiramo pogled v nevidni mehatronski proces – Tabela 1. Splošni mehatronski sistem sestavljajo dejavniki: mehatronski proces, predmet procesa, delovni sistem, merilni sistem, osebje, ožje okolje in širše okolje. Predmet procesa je ciljni dejavnik, na katerega želi vplivati osebje mehatronskega sistema. Delovni sistem je dejavnik, ki opravlja prednostno mehansko delo. Mehatronski merilni sistem zaznava, identificira, meri, prikazuje, obdeluje veličine mehatronskih sistemov. Osebje so ljudje, ki neposredno ali posredno vplivajo na mehatronski sistem. Ožje okolje so ostali vplivi na mehatronski sistem v prostoru, ki ga ta zavzema. Širše okolje so ostali širši vplivi iz okolja prostora mehatronskega sistema.

Mehatronski sistem je generator, procesor in logist polizdelkov v dvojnem stanju; iz fizičnih materialov in elektronskih podatkov, upravljan s strani osebja v prednostno proizvodnem okolju. Pri zumiranju – nastavljanju globine pogleda – se spreminja od tehnološkega v strojnega in širše v proizvodni mehatronski sistem.

Mehatronske procese je interakcija – medsebojno delovanje – vseh dejavnikov (devetnajst iz tabele 1) mehatronskega sistema, kjer en dejavnik vpliva na ostale in ostali nazaj na enega. Pri zumiranju se spreminja od tehnološkega v strojnega in naprej v proizvodnega. Meritve procesnih parametrov so najpomembnejše, zato ker merijo interakcijo vseh dejavnikov mehatronskega procesa in iz njih z analiziranjem lahko dobimo elektronske podatke o vseh devetnajstih dejavnikih (manj o poslovnem okolju). Brez procesnih meritev pa moramo meriti vsak dejavnik (šestnajst) posebej, za kar bi v srednjem podjetju potrebovali veliko število dragih merilnikov (z več sto ali tisoč senzorji in kanali) in bi dobili nepregleden, zelo kompleksen in malo uporaben sistem nadzora.

## 6 Didaktični sistem za prikaz, navigacijo in zumiranje mehatronskega procesa

V šoli smo uvedli poseben didaktičen mehatronski sistem za vizualizacijo, zumiranje in navigacijo mehatronskih procesov po celotni matriki (Slika 16). Osnovni elementi sistema so opisani že v predhodnih poglavjih. Tu so povezani v didaktično celoto. Študentje uporabljajo funkcijski prototip stiskalnice (levo na Sliki 16) na kateri so prilepljeni senzorji sile povezani na procesni nadzorni sistem Brankamp B400 (desno na sliki 16), ki je Windows kompatibilen in povezan v ethernet omrežje s PC računalnikom (na sredini slike 16), kjer je baza zajetih podatkov in programi Brankamp Factory M za prikaz, navigiranje in zumiranje mehatronskih procesov. V praksi je strežnik lahko v omrežju na drugem delu zgradbe ali drugem koncu sveta. Sila je glavni procesni parameter proizvodnega mehanskega (Kirchheim et.al, 2004, 2001; Scheer et.al, 1999) in s tem tudi mehatronskega procesa. Študentje opazujejo, kako imamo z enim senzorjem sile na pravem mestu na vsakem stroju pod nadzorom tehnološki proces v vseh globinah do strojnega in proizvodnega procesa (Tabela1). Ker je proces interakcija navedenih devetnajst dejavnikov, študenti z meritvijo procesa nadzirajo posredno tudi vse dejavnike sistema po vseh treh globinah, od tehnološkega, strojnega in proizvodnega mehatronskega sistema, kar je večji najpomembnejši del celotnega mehatronskega sistema. Študenti po celotnem mehatronskem zumu opazujejo tudi elektronske slike mehatronskih procesov z ustreznimi kazalci, ki jih ima dober nadzorni sistem več deset.



Slika 16: Didaktični mehatronski sistem za zumiranje procesov v treh nivojih



## 7 Sklep

Mehatronske sistem je gledano od zunaj iz poslovnega okolja računalniško podprta proizvodnja z razvojem izdelkov vred in vse ostalo znotraj so njeni deli, odvisno je samo, kje je naše gledišče, kako globoko v proizvodnjo gledamo, koliko zožimo (fokusiramo) in kako usmerimo (navigiramo) pogled v sicer nevidne mehatronske procese. Podobno, kot bi stali na hribu in opazovali gozd v dolini. Z daljnogledom lahko gledamo gozd, skupino dreves, drevo, veje, lahko živali, z dobrim daljnogledom celo najdemo gozdne sadeže. Brez daljnogleda večine omenjenih elementov ne vidimo in dejansko ne vemo, kaj se v gozdu konkretno dogaja.

Današnji informacijski sistemi imajo dobre zmogljivosti tako v hitrosti obdelave, kapacitetah shranjevanja, v zmožnostih komunikacij, samo vnos podatkov je mnogokrat ročen in na podlagi subjektivnih reakcij, metod, ipd. Z mehatronizacijo dodajamo informacijskim sistemom avtomatsko proizvodnjo elektronskih podatkov, ki so veliko bolj natančni, ažurni takorekoč v realnem času in mnogo številnejši, kar pa niti ni glavna izboljšava. Bistveno je, da z dodajanjem senzorjev in merilnikov procesov dobimo slike nevidnih procesov in njihove nove elektronske podatke. Z mehatronizacijo se osebju odpre nov svet nevidnih procesov, novih dimenzij, ki s subjektivnim izvorom niso dosegljive. V informatiki to potegne za sabo razvoj novih programov, dokumentov, metod dela in celo organizacije, ki brez novih podatkov niso bili možni. Osebe dobi navigacijski sistem za upravljanje novih dimenzij procesov in začne tudi razmišljati z dimenzijo več v glavah. Z uporabo mehatronskih sistemov se vsi navadijo razmišljati najmanj za stopnjo kvalitetnejše in tudi vse, kar naredijo je za stopnjo boljše.

### Literatura

- Brankamp, K. (2009). A world leader in process monitoring, dosegljivo na:  
<http://www.brankamp.com/eng/start.html> (25.6.2009).
- Kirchheim, A., Lehmann, A., Staub, R., Schaffner, G., & Jeck, N. (2004). Force Measurement in Resistance Welding, 19th DVS-Meeting "Resistance Welding", May 26th-27th. 2004. Duisburg, Nemčija.
- Kirchheim, A., Schaffner, G., Staub, R., & Jeck, N. (2001). Elektrodenkraft als wichtige Prozessgrösse beim Widerstandsschweissen, Schweissen&Schneiden, let. 53, št. 9: 152 - 155.
- Peklenik, J. (1981). Avtomatizacija obdelovalnih sistemov – slike in literatura, FS, Ljubljana.
- Scheer, C., Hoffmann, P., Kirchheim, A., & Schaffner G. (1999). Spindleintegrated force sensors for monitoring drilling and milling processes, Sensor 99, 9th International Conference for Sensors, Transducers & Systems, May 18th-20th, 1999, Nuerenberg, Nemčija.