

XXXII SAVETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA
Novi Sad, 18. – 20. septembar 2008. godine

Inteligentni tehnološki sistemi u domenu proizvodnje delova od lima

Prof. dr Zoran Miljković, Najdan Vuković, dipl.inž.maš.
Prof. dr Bojan Babić , Asistent mr Božica Bojović
Dr Nebojša Čović

Rezime

1. Uvod i formulacija problema

2. Rešenje problema?

3. Pregled ostvarenih rezultata

4. Zaključak

5. Diskusija

1. Uvod i formulacija problema

- ◇ **Inteligentni tehnološki sistemi - (ITS)**
- ◇ **Intelligent Manufacturing Systems – (IMS)**

Def. # 1 => *Tehnološki sistemi koji mogu da se prilagode promenljivim uslovima tehnološkog okruženja, projektnim zahtevima, sa krajnjim ciljem proizvodnje različitih vrsta proizvoda bez uticaja (ili sa minimalnim uticajem) operatera.*

Def. # 2 => *Razvoj i implementacija paradigmi veštačke inteligencije u tehnološkim sistemima.*

Primeri primene VI u tehnološkim sistemima:

Inteligentni industrijski roboti (preko milion instaliranih stacionarnih industrijskih robota u proizvodnim sistemima):

Primena => u procesu zavarivanja (elektrolučno, tačkasto);
sečenje metala laserom i vodenim mlazom;
površinska zaštita (lakiranje i farbanje), itd.

Tehnološko prepoznavanje (deo arhitekture integralnog sistema za PTP i upravljanje proizvodnjom):

Primena => identifikacija tipskih tehnoloških formi, itd.

1. Uvod i formulacija problema

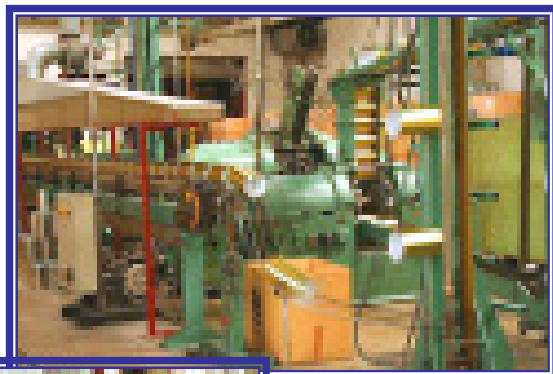
**Fabrika Metalnih Proizvoda
FMP DOO**

Lazarevački drum 6,
11000 Beograd
www.fmp.co.yu

- ◇ **Proizvodno orijentisana kompanija**
- ◇ **Izrada metalne ambalaže za prehrambenu i hemijsku industriju**



Inteligentni tehnološki sistemi u domenu proizvodnje delova od lima



Intelligentni tehnološki sistemi u domenu proizvodnje delova od lima

1. Uvod i formulacija problema

FMP – primer planskog investiranja

FMP duži niz godina **investira u poboljšanje postojećih proizvodnih kapaciteta**. Menadžment kompanije je tokom prethodnih godina planski ulagao značajna novčana sredstva u nove tehnologije upravo radi *proširenja proizvodnog programa kompanije i ispunjenja osnovnih zahteva klijenata*.

Rezultati ulaganja => održanje kompanije na tržištu limenki u širem obimu, osvajanja novih proizvoda, a samim tim i tržišta.

Investiranje u proizvodnju

Linija za proizvodnju vučenih limenki – linija „L7”



... vrednost investicije: par miliona...

Inteligentni tehnološki sistemi u domenu proizvodnje delova od lima

Investiranje u proizvodnju (problemi)

Međutim...

Planska ulaganja u proizvodne kapacitete kompanije *ne moraju* uvek da imaju i *postavljeni cilj za konačni ishod...*

Konačan ishod = $f(\text{različitih faktora})$

=> *starost postojećih mašina, remontni period, obučenost proizvodnih radnika i inženjera, zahtevi tržišta, itd.*

Investiranje u proizvodnju (problemi)

Na prvi pogled trivijalno...



Intelligentni tehnološki sistemi u domenu proizvodnje delova od lima

... ali predstavlja problem.^{10/24}

2. Pravci istraživanja

Za investiranje u proizvodnju neophodno je napraviti **analizu postojećih proizvodnih kapaciteta** i sagledati sve mogućnosti daljeg napretka;



Direktno **ulaganje u postojeće proizvodne kapacitete** pretpostavlja da su **svi procesi optimizirani** i da je **napredak moguće ostvariti** jedino **nabavkom moderne proizvodne opreme.**

Rezultat

Projekat tehnološkog razvoja

„Fleksibilna automatizacija i implementacija inteligentnih tehnoloških sistema u domenu proizvodnje delova od lima” - (TR-14031)

**Mašinski fakultet Univerziteta u Beogradu, i
Inovacioni centar Mašinskog fakulteta u Beogradu**

2. Pravci istraživanja

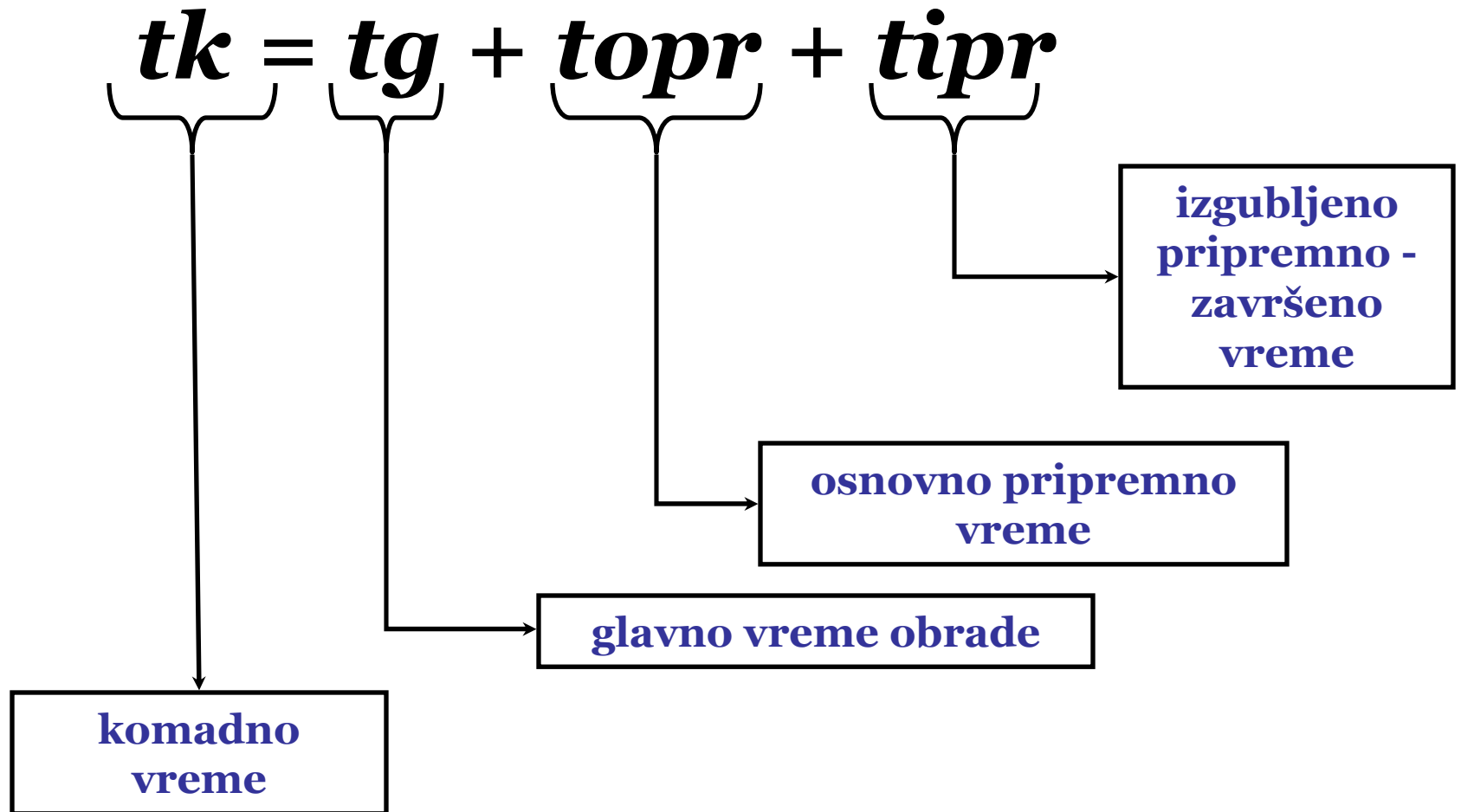
U tom smislu, osnovna **naučno-tehnička istraživanja** u ovom projektu sprovode se **u dva dominantna pravca**:

- ◇ Razvoj novih **metoda analize** u domenu **inženjerstva površina baziranih na fraktalnoj geometriji** i veštačkim neuronskim mrežama u cilju predikcije kvaliteta obrađene površine limenke na osnovu parametera obrade, i
- ◇ Razvoj naprednih **metoda lokalizacije i izgradnje mape tehnološkog okruženja** u cilju instalacije **inteligentnih industrijskih mobilnih robota** u domenu unutrašnjeg transporta repromaterijala, sirovina i gotovih delova.

Sprovedene aktivnosti:

- ◇ Izbor reprezentativnih proizvoda iz proizvodnog programa kompanije AD FMP shodno aktuelnom proizvodnom planu;
- ◇ Snimanje rada proizvodnih linija izabranih reprezentativnih proizvoda i analiza posmatranih tehnoloških sistema;
- ◇ Identifikacija osnovnih tipskih tehnoloških operacija;
- ◇ Definisavanje strukture ukupnog tehnološkog vremena tipskih tehnoloških operacija;
- ◇ Analiza vremenskih normativa tipskih tehnoloških operacija;
- ◇ Terminiranje proizvodnje na osnovu vremenskih normativa određenih metodom snimanja;
- ◇ Projektovanje tehnološke dokumentacije za izabrane proizvode.

Struktura ukupnog tehnološkog vremena:



Struktura ukupnog tehnološkog vremena:

$$t_u = \underbrace{\sum_{i=1}^{N_M} t_{pripM(i)} + t_{izgprip}}_{\text{Terminiranje proizvodnje i planiranje potreba shodno zahtevima}} + \underbrace{\sum_{k=1}^{N_O} (t_g + t_{pom})_k}_{\text{Vremetrajanja jedne tipske opercije}} + \underbrace{t_{pom}}_{t_{prip} + t_{zavr}} + t_{izgproiz}$$

Vrednosti definisane metodom snimanja

Uporedni prikaz tehnoloških vremena izrade jedne limenke – linija „L3”

RB	Parametar	Vrednost
1	Tehnološko vreme izrade jedne limenke:	287.316 [s]
2	Vreme potrebno da se od jednog pripremljena dobije limenka (mereno direktno na liniji):	280 [s]
3	Tehnološko vreme proizvodnje jedne limenke bez uračunatog transporta do pogona i ostalih pomoćnih aktivnosti:	287.263 [s]
4	Idealizovano tehnološko vreme (linijsko vreme – vreme koje obradak provede na liniji):	189.5 [s]
5	Izgubljeno vreme:	90.5 [s]

Inteligentni tehnološki sistemi u domenu proizvodnje delova od lima

≈ 32%
10/24

Uporedni prikaz tehnoloških vremena izrade jedne limenke – linija „L3”

$$\Downarrow T = t_{\text{produkcije_jedne_limenke}} + N_{\text{ser}} \cdot \Delta t$$

$$\Downarrow T \approx 04:37:00$$

$$\Downarrow T = t_{\text{produkcije_jedne_limenke}} + N_{\text{ser}} \cdot (\Delta t \cdot \underline{\underline{1.32}})$$

$$\Downarrow T_{\text{norme}} \approx \underline{\underline{06:00:00}}$$

Tehnološki proces je optimiziran!

3. Pregled ostvarenih rezultata

Predložena metodologija za identifikaciju i predikciju hrapave površine lima se bazira na:

- ◇ snimanju uzoraka,
- ◇ pripremi sakupljenih digitalnih podataka,
- ◇ fraktalnoj analizi visina neravnina,
- ◇ izboru, učenju i testiranju veštačkih neuronskih mreža.

Snimanje hrapave površine lima i limenke se može sprovesti na:

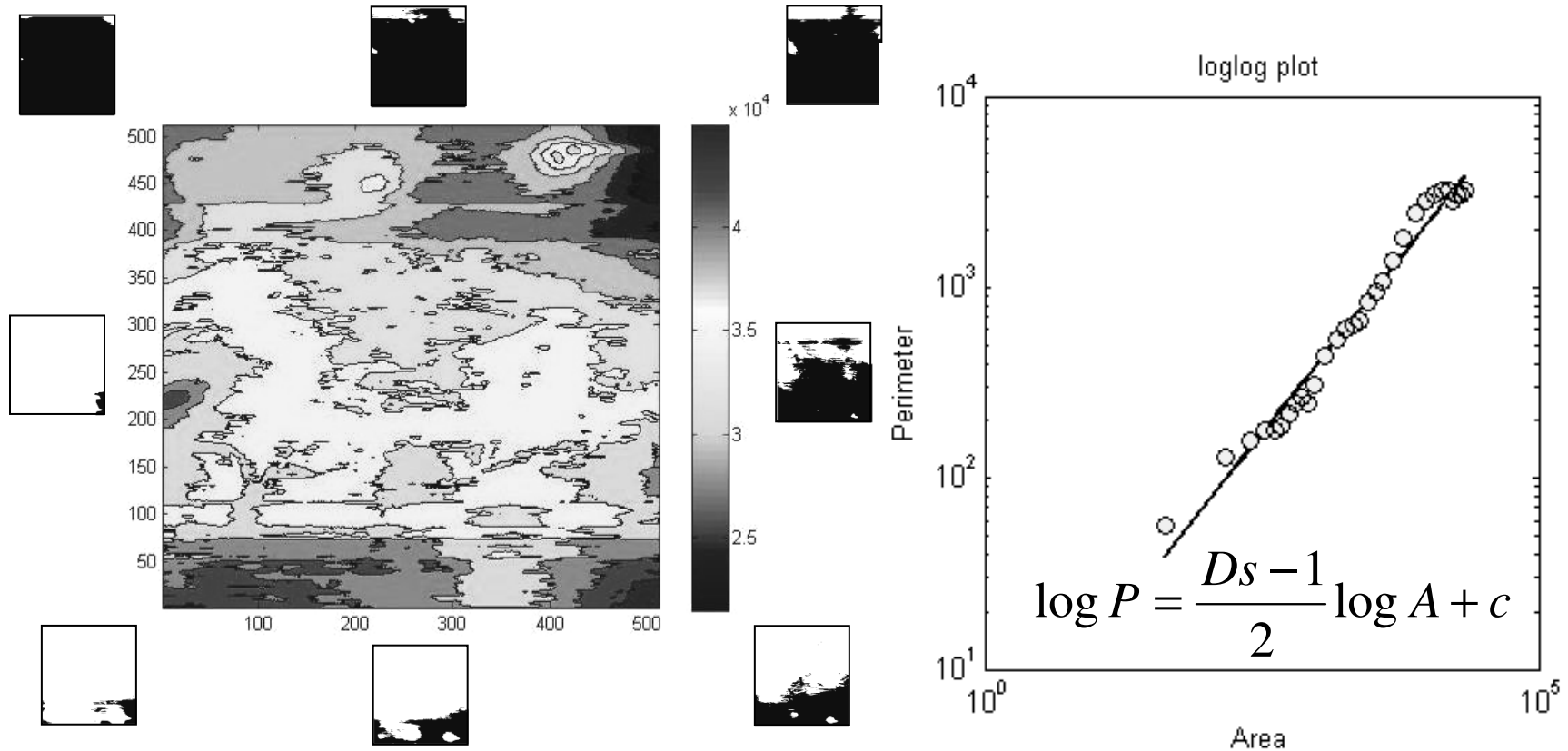
- ◇ SEM (Scanning Electron Microscopy) SEM JOEL 6460LV, i
- ◇ SPM (Scanning Probe Microscopy) SPM JOEL 5200 koji se nalaze u univerzitetskim laboratorijama u Beogradu i Novom Sadu.



Inteligentni tehnološki sistemi u domenu proizvodnje delova od lima

Topografski snimak površine polimera generisan u taping AFM modu 19/24

Dati su primeri obrade podataka AFM snimka u *Image Processing* modulu *Matlab®*-a, bazirane na primeni novih metoda i algoritama, tzv. metodi stubaca (*skyscrapers method*) i metodi preseka (*slit island method*) za određivanje fraktalne dimenzije površine.



Dupli logaritamski prikaz zavisnosti perimetra i površine preseka dgovarajućeg nivoa iz koga se određuje fraktalna dimenzija

Simultana lokalizacija i izgradnja mape (tehnološkog) okruženja

- **Upravljanje materijalom predstavlja kretanje, skladištenje i zaštita materijala u toku procesa proizvodnje;**
 - **Unutrašnji transport – jedan od segmenata ovog procesa;**
 - **Konvencionalno rešenje – Automatic Guided Vehicles (AGV);**
 - **Predlog rešenja problema – Intelligent Mobile Robots (IMR);**
 - **Krajnji cilj: Autonomous Mobile Robots (AMR);**

Simultana lokalizacija i izgradnja mape (tehnološkog) okruženja

- **Simultaneous Localization and Mapping (SLAM) - Izuzetno kompleksan problem;**
 - **Predstavlja osnovu na kojoj se gradi autonomno ponašanje mobilnih robota;**
 - **Formulacija problema: određivanje položaja mobilnog robota (pozicija i orijentacija) i položaja objekata u radnom okruženju;**
 - **Matematička formulacija => Bajesov filter (Bajesovo pravilo);**
 - **Izveden u formi Kalmanovog filtera;**

Simultana lokalizacija i izgradnja mape (tehnološkog) okruženja

Rezultati

[Vuković, Miljković, 2008.]

Tabela 1						
X [m]	0.000	0.6000	0.9000	1.2500	0.8000	0.2000
Y [m]	0.4000	0.2000	0.3000	0.8000	1.2000	1.2000
Signature S	1	2	3	4	5	6

Tabela 2						
X [m]	0.0004	0.6008	0.9019	1.2568	0.8124	0.2112
Y [m]	0.4001	0.1971	0.2948	0.7879	1.1899	1.1969
Signature S	1	2	3	4	5	6

Diskusija