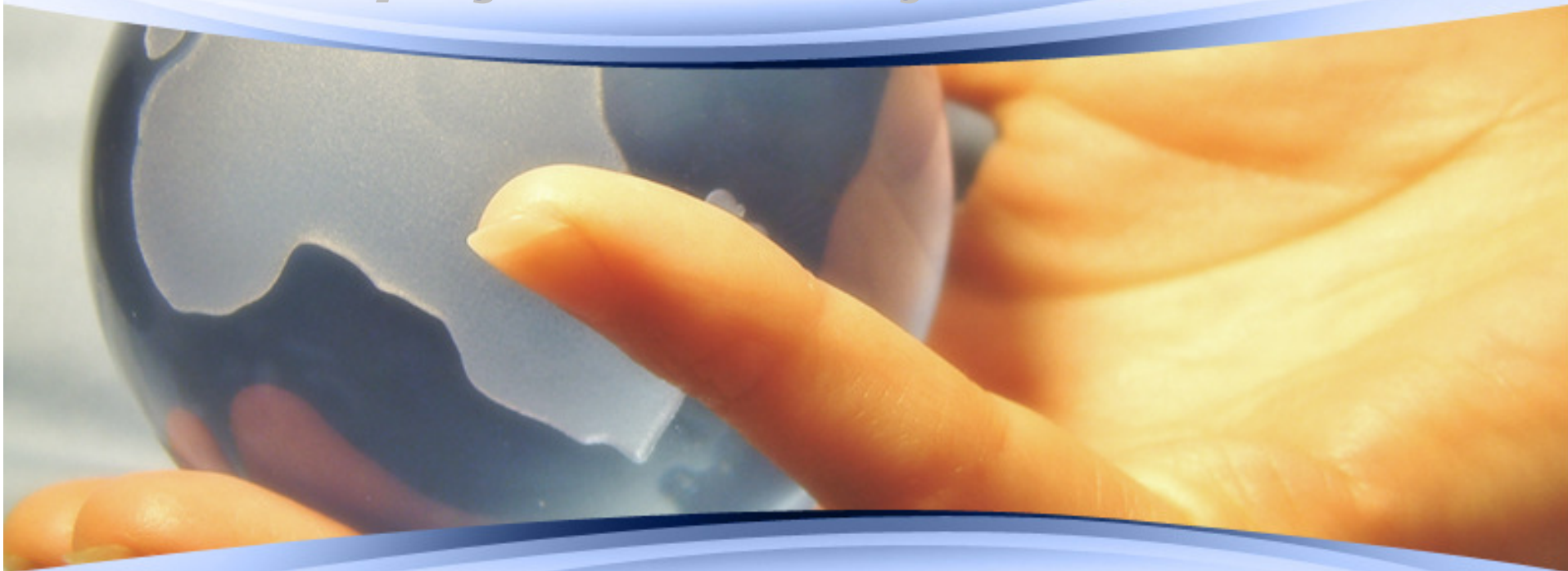


*:: Методе одлучивања ::*

# ***АТ-2: Теорија пројектовања технолошких система - варијабле одлучивања***



*Предметни наставник: проф. др Зоран Миљковић*

# Теорија пројектовања - основна дефиниција и уводне напомене



- **Дефиниција:**

- *Теорија пројектовања* инжењерских система (обухватају технолошке системе) представља научно утемељене активности са кључним циљем да се омогући изградња вештачких система чије су главне карактеристике: извођење сложених функција (нпр. флексибилност и аутоматизација); висок квалитет и поузданост; минимизација потребног материјала и енергије; и минимизација времена израде;

- **Напомене:**

- *Основа за реализацију* свих парцијалних циљева теорије пројектовања је *аутоматизација процеса пројектовања* (до данас није у потпуности остварена);
- *Основу пројектовања* чини мисаони процес са крајњим исходом *решавања проблема доношењем одлука* (пројектни задатак). Овај процес је у директној вези са појмом интелигенције пројектанта (човека) или са *вештачком интелигенцијом* људских производа (интелигентни хардверски-рачунарски системи и/или софтверски производи).

# Структура пројектовања



1. **Евалуација пројеката** обухвата: *теорију корисности, статистичке теорије доношења одлуке, метод прорачуна оптималних алтернатива- тражење оптималног решења, итд.*;
2. **Формална логика пројектовања** која обухвата интерактивну и декларативну логику (нпр. аксиоматске методе);
3. **Претраживање алтернатива** преко хеуристичких претраживача (научно заснованих вештина и метода у проналажењу нових чињеница и сазнања);
4. **Теорија структуре** (функционалне) и организације пројектовања (изражена преко блокова знања – фундаментални; оперативни; структурни и одговарајућих функција које их повезују – функције компоновања и спрезања); и
5. Представљање проблема пројектовања (**примена метода одлучивања-пројектни задатак**).

# Фазе инжењерског пројектовања



- *Концепцијско пројектовање* обухвата прелиминарно одлучивање о пројектном решењу, са циљем да се задовољи тек неколико кључних ограничења, и то на бази више алтернатива које обухватају опште одреднице, без енормних импликација на свеобухватни процес пројектовања;
- *Конструисање производа* (и читавог система) обухвата и *технологичност конструкције* (технологичност производа када је систем у питању) која представља меру успешности производње и експлоатације пројектоване конструкције (пројектовање производа и пројектовање за производњу); и
- *Конструктивна разрада детаља* (не мисли се само на конструсање машинских делова, него и нпр. пројектовање понашања интелигентног система-пројектни задатак).

# Фазе инжењерског пројектовања



- Све три фазе пројектовања имају:  
*Структуру,*  
*Одговарајуће садржаје и*  
*Стратегије за селекцију решења.*
- У фази концепцијског пројектовања постоји потреба за максималном експертношћу система базирана на комплексним блоковима знања међусобно повезаним у функционалне структуре инжењерског пројектовања.

# Функционална структура инжењерског пројектовања



Функционална структура је дата као петорка:

$$FS = \langle FB, OB, SB, \Phi, \rho \rangle$$

- **FB - скуп фундаменталних блокова знања као што су:**
  1. **Препознавање** (одвија се на три нивоа - простор реалног (објективног) света , простор перцепције и простор рефлексije);
  2. **Интелигенција** (човек-пројектант користи интуицију, креативност и знање у процесу пројектовања, а данас поред његове природне интелигенције изражена је и вештачка интелигенција која је делегирана машини (нпр. роботу);
  3. **Комуникација** између система (човека и машине, односно машине и машине) има хијерархијску структуру (на три нивоа анализе и синтезе - ниво семантике - мишљење; ниво синтаксе - редослед акција и повезивање; ниво лексике - деловање).



## Функционална структура инжењерског пројектовања

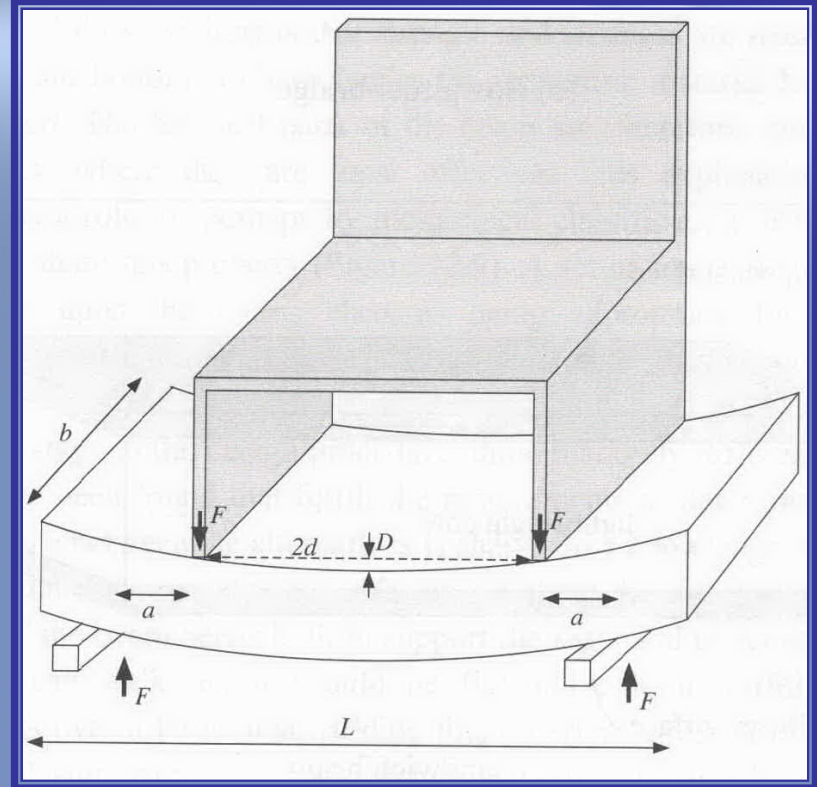
$$FS = \langle FB, OB, SB, \Phi, \rho \rangle$$

- **OB** - *скуп оперативних блокова знања* као што су: **варијабилност** објеката, проблема и решења; **репродуктивност** са способношћу система да поседује подгрупе репродуктивних објеката, процеса, карактеристика и релација; **адаптивност**; **стабилност**; **управљање**; **супервизорско учење** (машинско учење-вештачке неуронске мреже);
- **SB** - *скуп структурних блокова знања* који обухвата: **систем**; **хијерархију**; **организацију**; **базу знања** (информације и базу података); **комуникационе мреже**;
- **Φ** - *функција компоновања* која даје богатство веза између фундаменталних блокова и структурних блокова са излазом у оперативне структуре, односно  $\Phi : FB \times SB \rightarrow OB$ ;
- **ρ** - *функција спрезања* која се дефинише преко фундаменталних блокова и структурних блокова повезујући их, уз обогаћивање садржаја структурних блокова дајући ново стање, односно  $\rho : FB \times SB_{i-1} \rightarrow SB_i$ ; са крајњим циљем довођења на ниво потпуности када са фундаменталним блоковима формирају оперативне блокове.

# Пример #1: Концепцијско пројектовање – варијабле одлучивања



- Концепцијско пројектовање путничких седишта за комерцијалне авионе обухвата и селекција решења носеће греде;
- У оквиру конструисања оваког производа (посебно при конструктивној разради детаља) потребно је размотрити *крутост*, *отпорност конструкције* и *масу*;
- Дакле, носећа греда треба да задовољи следеће:
  1. *Довољну крутост* да би угиб ( $D$ ) био мали;
  2. *Довољну чврстоћу* да не би дошло до лома;
  3. *Што је могуће лакшу конструкцију*, са максималном предвиђеном тежином (сила  $F$ ) на седишту.



Три функционална захтева...



## Пример #1: Концепцијско пројектовање – варијабле одлучивања



- Три усвојена функционална захтева се могу даље разрађивати до одређивања лимита за прихватљив угиб ( $D$ ) под максималним оптерећењем силом тежине ( $F$ ), као и за масу греде;
- Лимит масе греде је тешко одредити у фази концепцијског пројектовања, јер зависи од њеног облика и материјала;
- Решење: греда ће се олакшавати колико је год то могуће, у складу са ограничењима које намећу друга два захтева;
- У пракси се примењује велики број додатних ограничења, као што су трошкови материјала, производње и запаљивост изабраног материјала.

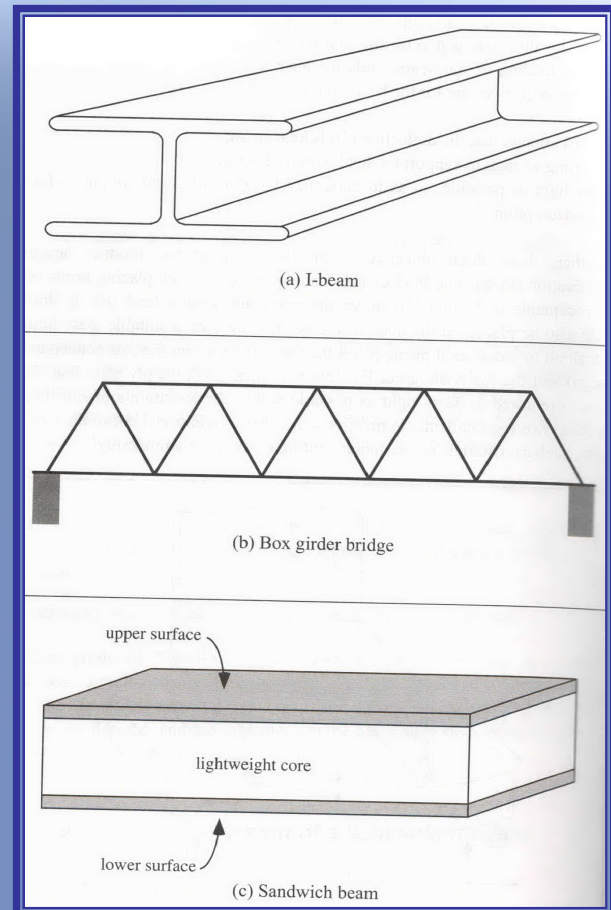
# Пример #1: Концепцијско пројектовање – варијабле одлучивања



Примена *аксиоматских метода* у форми мета правила („АКО – ОНДА” правило, са атрибутима) Применом метаправила и коришћењем вештачке интелигенције (водећи рачуна о ненарушавању аксиома), усвојена су три могућа пројектна решења носеће греде:

- a) *I-профил*,
- b) *решеткаста конструкција*, и
- c) *сендвич-структура* (користи се и за крило авиона).

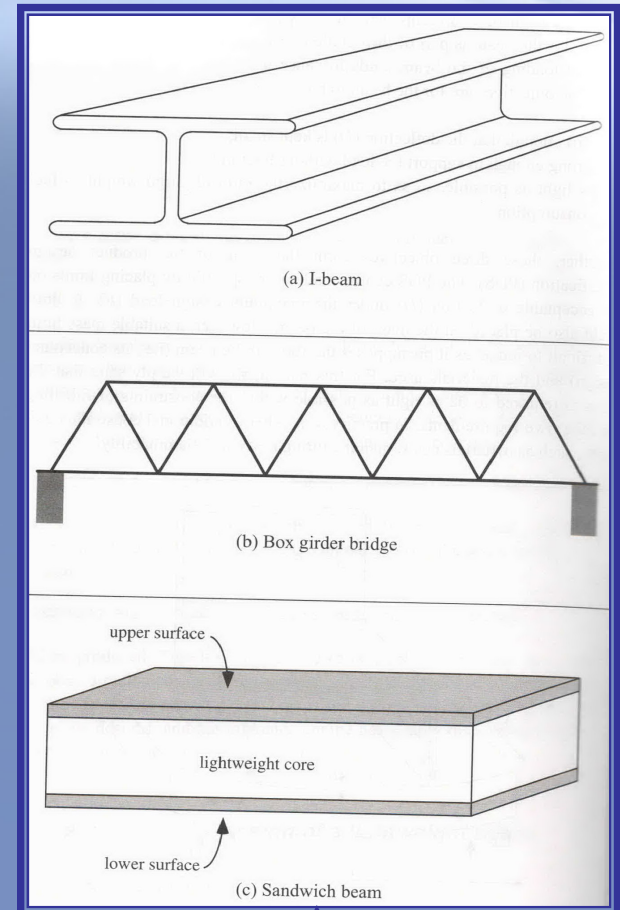
Сва три решења су пројектована тако да могу да издрже савијање под оптерећењем (сила  $F$ ), уз напомену да горњи слој греде има различите деформације-сабијање (*расподела напона*) у односу на доњи-истезање-издужење.



# Пример #1: Концепцијско пројектовање – варијабле одлучивања



- Применом метаправила, хијерархијска класификација која узима у обзир структурне параметре пројектовања греде (као што су: облик, материјал, дебљина, дужина, ширина, итд.), даје **предност решењу под с**);
- Сендвич-структура носеће греде би имала предност јер има најмању масу, уз захтевану крутост и отпорност материјала;
- Маса, крутост и отпорност греде представљају **варијабле пројектовања** које могу да квантификују перформансе финалног производа (авионско седиште), док се дебљине слојева сендвич-греде користе као **варијабле одлучивања** при селекцији коначног решења детаља (носећа греда).

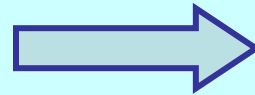


# Пример #1: Концепцијско пројектовање – варијабле одлучивања



Маса греде сходно потребној крутости је:

$$M \approx bL \left( \frac{2\rho_s fFad^2}{DE_s bt_c^2} + \rho_c t_c \right)$$



$$t_s \approx \frac{fFad^2}{DE_s bt_c^2}$$



$$t_s \geq \frac{2fFa}{bt_c (E_s E_c G_c)^{1/3}}$$

$M$  – маса греде;

$b, L, a, d$  – мере дефинисане на слици горе;

$F$  – сила тежине;

$D$  – угиб;

$f$  – фактор сигурности;

$t_s, \rho_s, E_s$  – дебљина, густина и Јунгов модул еластичности површинских слојева („upper surface” и „lower surface”);

$t_c, \rho_c, E_c$  – дебљина, густина и Јунгов модул еластичности средишњег слоја („core surface”);`

## Пример #1: Концепцијско пројектовање – варијабле одлучивања



- Сходно претходној анализи, *за познати избор материјала сендвич-греде* (примарни-алуминијум, секундарни - PVC пена и везивно средство), *за дефинисане мере греде* (коришћењем нпр. методе коначних елемената), *за максимални угиб  $D$  под дејством силе тежине  $F$* , могу се одредити оптимални, јединствени парови *варијабли одлучивања*, тј. *дебљина слојева  $t_s$  и  $t_c$*  које одговарају минималној маси носеће греде, као кључном функционалном захтеву;
- Дакле, од *концепцијског пројектовања до пројектовања на нивоу детаља*, могу се одредити *варијабле одлучивања* које се користе за остваривање коначне селекције алтернатива и одлука, и то: *избор свих слојева сендвич-греде са аспекта материјала, дебљине и методе повезивања у компактну целину*;
- *Међу одлукама постоји веома јака интеракција*, са израженим процесом евалуације и оптимизације селектованог решења, који је базиран на горњим једначинама и мора да, при анализи, узме имплицитно у обзир још неке претпоставке и апроксимације (нпр. утицај обима производње, животни век производа, итд.).

## Пример #2: Нови приступ у пројектовању технолошких процеса



**Деф. (ТМО):** *Технолошки систем је* обухваћен производним системом и садржи скуп чинилаца (за интелигентни технолошки систем је то скуп агената) у оквиру којих се врши трансформација (преко технолошког процеса) полуфабриката у готове делове, подсклопове и склопове.

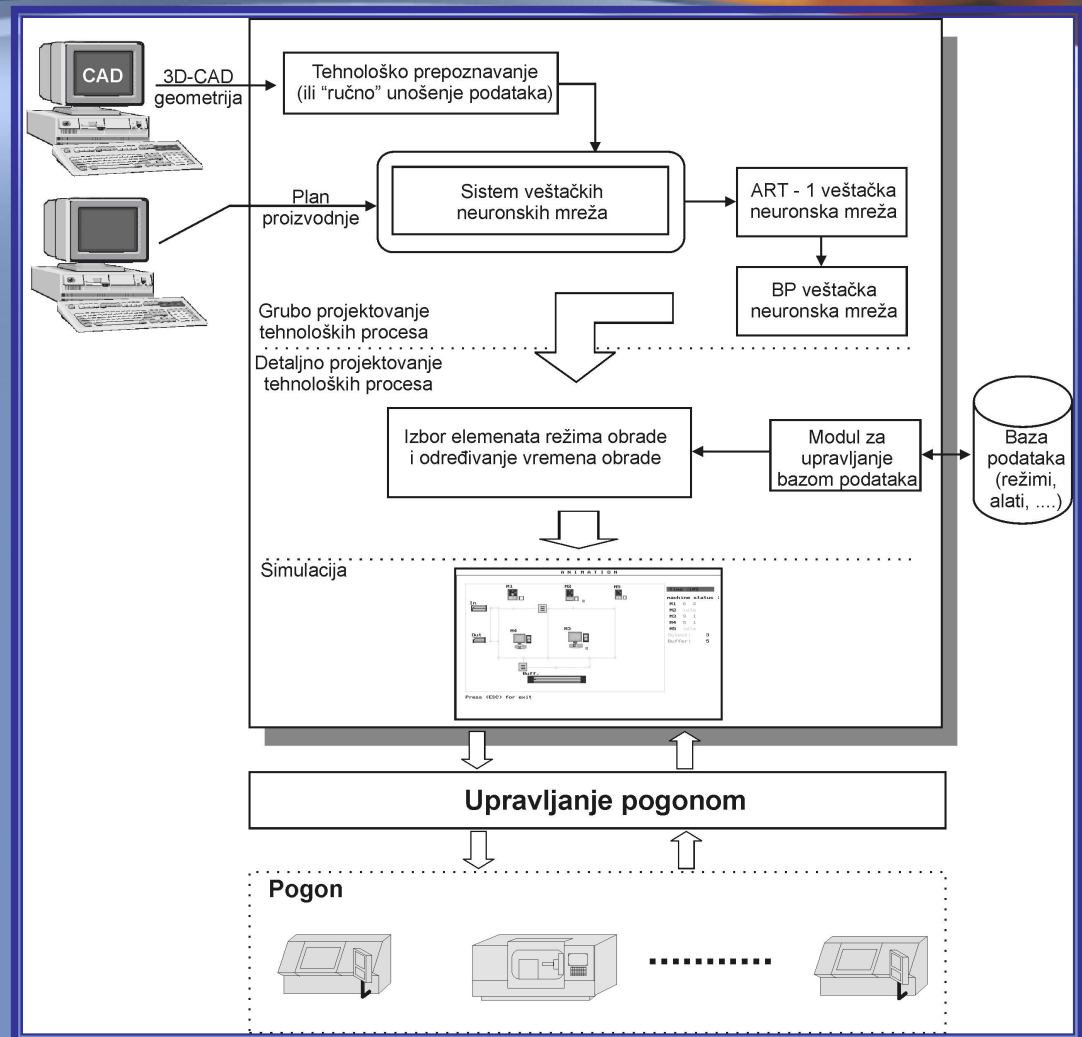
- Савремени услови производње у домену *пројектовања технолошких процеса* и управљања производњом захтевају **флексибилност** и **прилагодљивост**;
- Концепт интегралног система за пројектовање технолошких процеса и управљање производњом подразумева могућност директног преузимања пројектних информација из CAD система путем **модула за технолошко препознавање, грубо и детаљно пројектовање технолошких процеса** и **пратеће базе података са подацима о режимима обраде**;

# Пример #2: Нови приступ у пројектовању технолошких процеса



## Архитектура интегралног система за пројектовање технолошких процеса

1. Модул за технолошко препознавање,
2. Модул за грубо пројектовање технолошких процеса,
3. Модул за детаљно пројектовање технолошких процеса,
4. Модул за управљање базом података,
5. Модул за симулацију



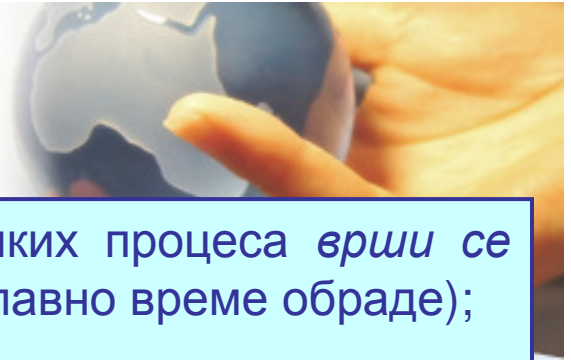
# Архитектура интегралног система за пројектовање технолошких процеса



- Модул за грубо пројектовање технолошких процеса обухвата **систем технолошког препознавања, систем планирања производње и систем вештачких неуронских мрежа**;
- Систем технолошког препознавања издваја бинарни вектор који дефинише типске технолошке секвенце за одговарајући машински део;
- Генерисани бинарни вектори представљају скуп узорака за обучавање ART-1 вештачке неуронске мреже (*идентификује њихову геометријску и технолошку сличност*);
- Када су издвојене групе делова поступак грубог пројектовања технолошких процеса се наставља кроз учење вештачке неуронске мреже са простирањем грешке уназад ("backpropagation" – BP мрежа);
- BP мрежа одређује редослед захвата за сваку од издвојених група машинских делова;
- Дакле, модул за грубо пројектовање технолошких процеса има задатак да, коришћењем вештачке интелигенције, одреди за сваку групу, редослед обраде;



# Модул за детаљно пројектовање технолошких процеса и модул за управљање базом података



- У оквиру модула за детаљно пројектовање технолошких процеса врши се избор режима обраде (корак, број обрта, број пролаза и главно време обраде);
- Избор режима се врши из табела препоручених режима са крајњим исходом решавања проблема доношењем одлука – ТМО.

Redni broj:

Tip držača:

κ:

κ1:

Oznaka tehnološkog postupka:

Tip proizvodnje:

Vrsta polufabrikata:

Tačnost:

Ukupna dužina izratka:

TP dodaci za obradu

Red br površine	Prečnik	Vrsta obrade	Završna obrada	δ1	δ2	δ3
10	20	Poprecna sp	Gruba	1,5	0	0
20	35	Poprecna sp	Gruba	1,5	0	0
30	20	Uzdruzna sp	Fina	3	1,2	0
40	35	Uzdruzna sp	Fina	3	1,3	0

Record: 1 of 4

Избор полуфабриката

Širina noža za odsecanje:

Max. spoljašnji prečnik:

Prečnik pripremkа:

Dužina pripremkа:

Oznaka tehnološkog postupka:

Rezimi - zahvati

Operacija:  Zahvat:

Opis zahvata:

Metod obrade:  Tip zahvata:

Oznaka površine koja se obrađuje:

Podaci o alatu

κ:  κ1:

r:  Materijal alata:

Režim obrade

Kvalitet obrade:  Ra:

Dubina rezanja:  Broj prolaza:

Korak:  Materijal dela:  Tvrdoca:  Brzina rezanja:

Oznaka mat. al.:  Obradni sistem:  Postojanost:  Kt:

Broj obrta:  Stand. za br obrta:  Broj obrta:  Stand za korak:

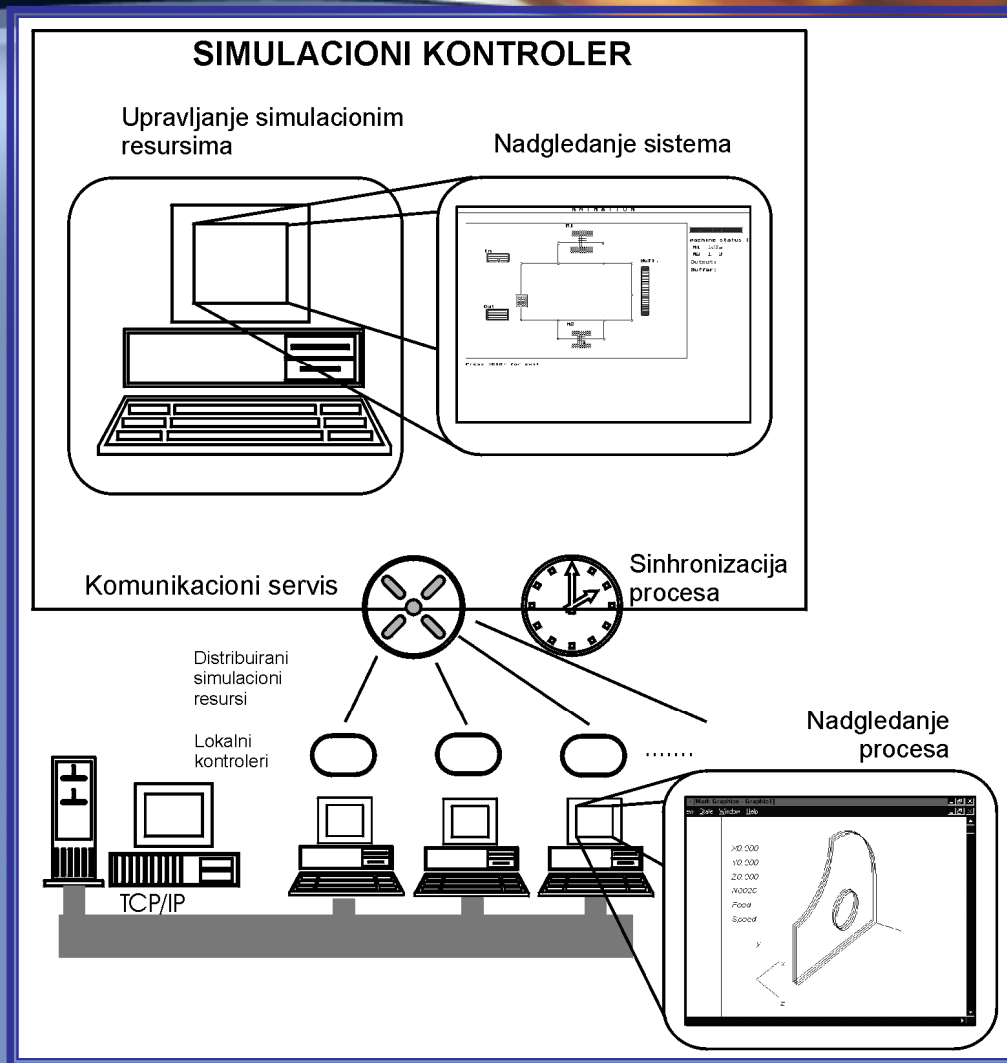
Korak:  Duzina rezanja:  Glavno vreme:

# Модул за симулацију

## FLEXY



- Симулациони систем *FLEXY* за омогућује генерисање виртуалног погона на основу података из погона и генерисаних технолошких поступака;
- Систем виртуално прихвата све управљачке варијанте које се могу појавити при обради и омогућује анализу целокупног технолошког процеса, али и даје основе за оптимизацију технолошких поступака како би се у простору претраживања доносиле оне „најбоље” или оптималне одлуке, сходно изабраним критеријумима одлучивања.



# Архитектура интегралног система за пројектовање технолошких процеса - закључак



- Приказана архитектура система треба да допринесе *унапређењу информационе логистике* у области пројектовања технолошких процеса и управљања производњом и заснива се на интеграцији пројектовања технолошких процеса и управљања производњом кроз развој и примену кооперативних агената (за интелигентни технолошки систем интелигентних агената) - стални правац развоја *Катедре за производно машинство* (MSc и PhD радови).
- У раним фазама пројектовања технолошких процеса узимају се у обзир:  
*планови производње,*  
*рокови и*  
*подаци о капацитетима.*
- Fino планирање и терминирање заснива се на аквизицији препоручених режима обраде, подацима из погона и резултатима дистрибуиране симулације.

***Хвала на пажњи!***



***Питања?***

*Проф. др Зоран Миљковић*

*:: Методе одлучивања ::*