

Универзитет у Београду – Машински факултет
Дипломске академске студије
шк.год. 2009/2010
Интелигентни технолошки системи
(ПРО220-0131)



АТ-5: Примери примене интелигентних технолошких система у 21. веку

проф. др Зоран Миљковић и проф. др Бојан Бабић

Увод

- **Интелигентни технолошки системи - (ИТС)**
- **Intelligent Manufacturing Systems – (IMS)**

Напомене => ИТС су системи који могу да се прилагоде промењљивим условима технолошког окружења и пројектним захтевима, са крајњим циљем производње различитих врста производа без утицаја (или са минималним утицајем) оператера.

Подразумева развој и имплементацију парадигми вештачке интелигенције у технолошким системима.

Примери примене ВИ у технолошким системима

- *Интелигентни индустријски роботи* (преко милион инсталираних стационарних индустријских робота у производним системима):
- Примена => у процесу заваривања (електролучно, тачкасто); сечење метала ласером и воденим млазом; површинска заштита (лакирање и фарбање), итд.
- *Технолошко препознавање* (део архитектуре интегралног система за Пројект. Техн. Процеса и управљање производњом):
- Примена => идентификација типских технолошких форми, итд.



Пример технолошког система

- Фабрика металних производа (ФМП)
- Производно оријентисана компанија
- Израда металне амбалаже за прехранбену и хемијску индустрију



- ФМП – пример планског инвестирања

- **ФМП** дужи низ година **инвестира у побољшање постојећих производних капацитета**. Менаџмент компаније је током претходних година плански улагао значајна новчана средства у нове технологије управо ради *проширења производног програма компаније и испуњења основних захтева клијената*.

- **Резултати улагања** => одржање компаније на тржишту лименки у ширем обиму производње, освајања нових производа, а самим тим и тржишта.

Инвестирање у производњу

Линија за производњу вучених лименки – линија „Л7”



... вредност инвестиције: пар милиона...

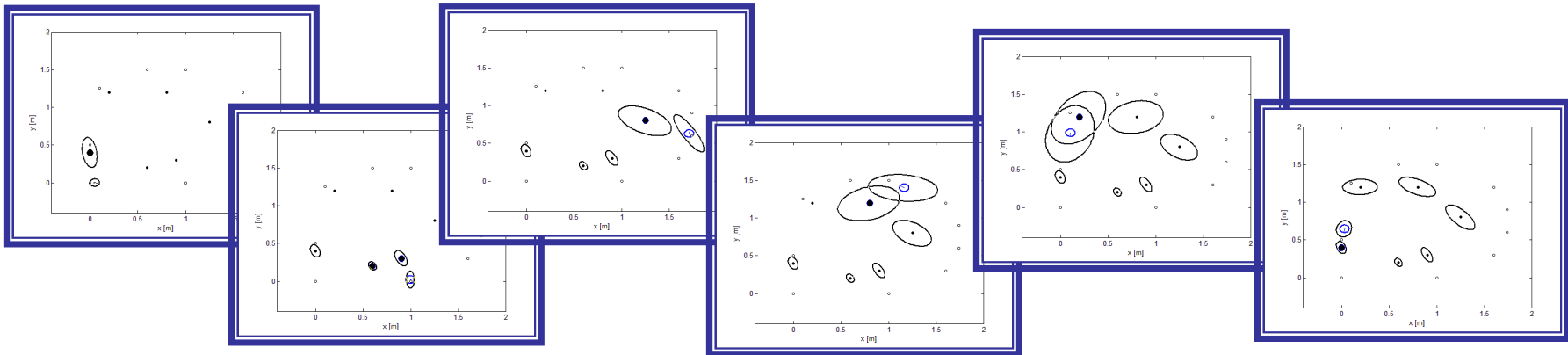
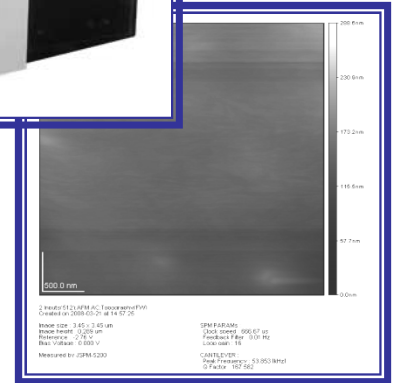
Инвестирање у производњу (проблеми)

- Планска улагања у производне капацитете компаније *не морају* увек да имају и *постављени циљ за коначни исход...*
- ***Коначан исход = f(различитих фактора)***
=> старост постојећих машина, ремонтни период, обученост производних радника и инжењера, захтеви тржишта, итд.

Правци истраживања

1. Развој нових метода анализе у домену инжењерства површина базираних на фракталној геометрији и вештачким неуронским мрежама у циљу предикције квалитета обрађене површине лименке на основу параметера обраде;

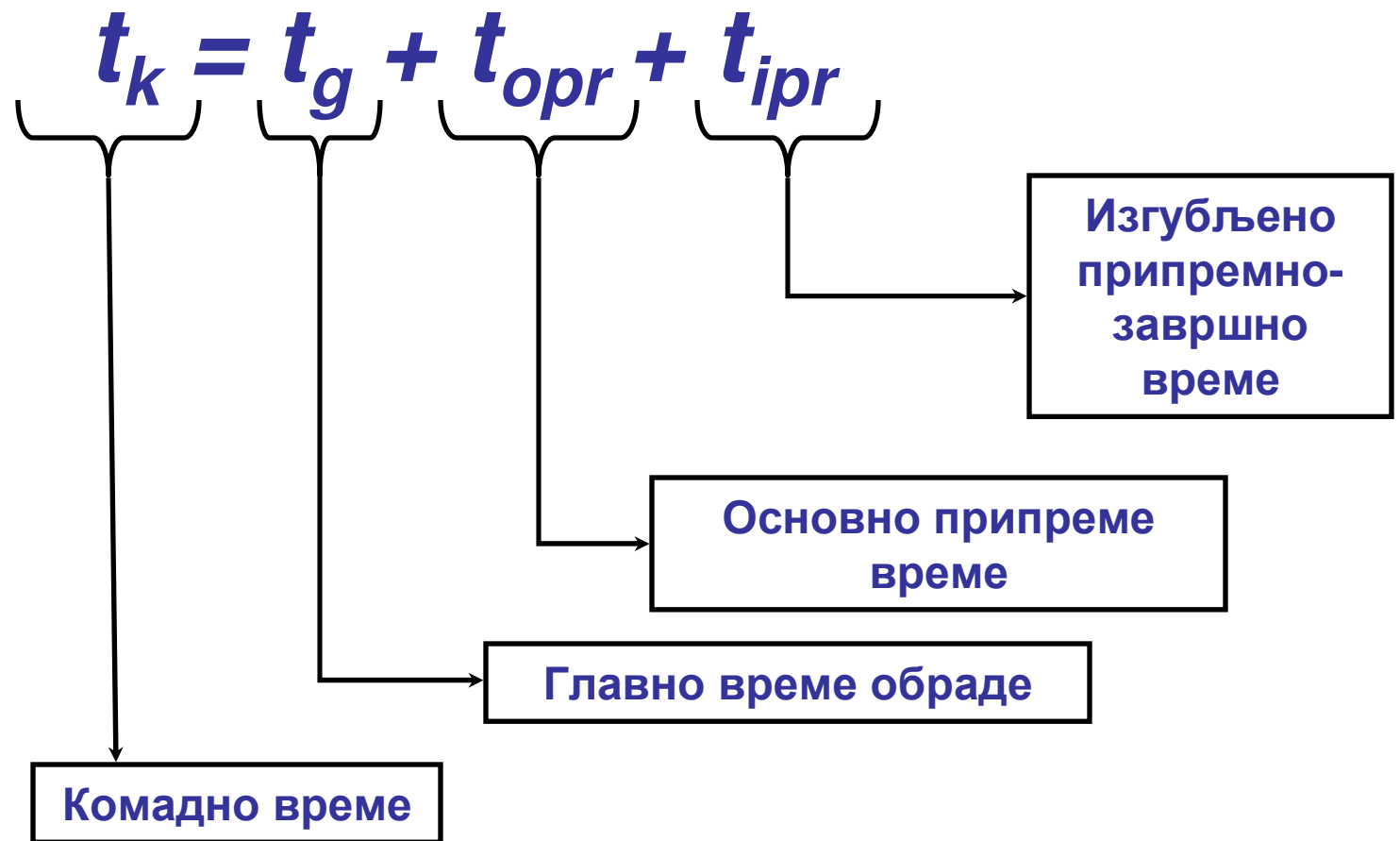
2. Развој напредних метода локализације и изградње мапе технолошког окружења у циљу инсталације интелигентних индустријских мобилних робота у домену унутрашњег транспорта репроматеријала, сировина и готових делова.



Спроведене активности - први корак примене ИТС

- Избор репрезентативних производа из производног програма компаније АД ФМП сходно актуелном производном плану;
- Снимање рада производних линија изабраних репрезентативних производа и анализа посматраних технолошких система;
- Идентификација основних типских технолошких операција;
- Дефинисање структуре укупног технолошког времена типских технолошких операција;
- Анализа временских норматива типских технолошких операција;
- Терминирање производње на основу временских норматива одређених методом снимања;
- Пројектовање технолошке документације за изабране производе.

Структура укупног технолошког времена



Структура укупног технолошког времена

$$t_u = \underbrace{\sum_{i=1}^{N_M} t_{pripM(i)} + t_{izgprip}}_{\text{Terminiranje proizvodnje i planiranje potreba shodno zahtevima}} + \underbrace{\sum_{k=1}^{N_o} (t_g + t_{pom})_k + \underbrace{t_{pom}}_{t_{prip} + t_{zavr}} + t_{izgproiz}}_{\text{Vrednost definisane metodomsnimanja}}$$

Vrednost definisane metodomsnimanja

Упоредни приказ технолошких времена израде једне лименке – линија „ЛЗ”

РБ	Параметар	Вредност
1	Технолошко време израде једне лименке:	287.316 s
2	Време потребно да се од једног припремка добије лименка (мерено директно на линији):	280 s
3	Технолошко време производње једне лименке без урачунатог транспорта до погона и осталих помоћних активности:	287.263 s
4	Идеализовано технолошко време (линијско време – време које обрадак проведе на линији):	189.5 s
5	Изгубљено време:	90.5 s

≈ 32 %

Упоредни приказ технолошких времена израде једне лименке – линија „ЛЗ”

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

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

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

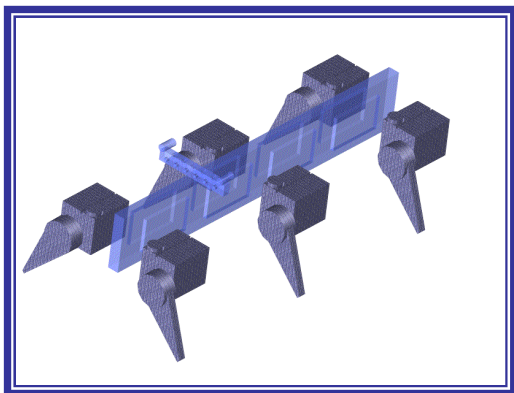
$$T_{\text{norme}} \approx \underline{06:00:00}$$

Технолошки процес је оптимизиран...

АУТОНОМНИ МОБИЛНИ РОБОТ – ИНСЕКТ РОБОТ

Деф. „Мехатроника је синергетична комбинација машинства високе тачности, електронског управљања и информационих система при пројектовању производа и процеса”;

Инжењерска област мултидисциплинарног карактера и базирана је на систем анализи, моделирању и управљању (индустријски роботи, мобилни роботи, персонални роботи, итд.);

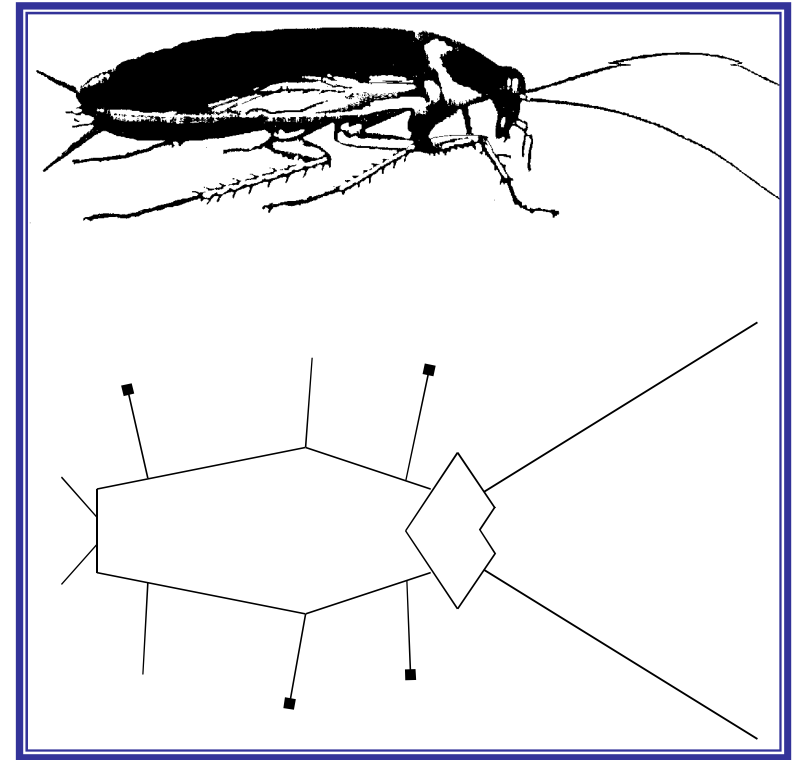


Две врсте интеграције:

1. Интеграција компонената (хардверска интеграција);
2. Интеграција преко процесирања информација (софтверска интеграција).

Нови приступ роботици – инсект робот

- Нови мехатронски концепт: *аутономност при одлучивању, једноставан слојевит управљачки систем, интегрисане сензоре и актуаторе, све мању величину и знатно нижу цену;*
- Примена инсект робота у индустрији: *првенствено у електронској индустрији;*
- Прекид у електричном току, инсект робот има задатак да утврди локацију прекида (мерењем кондуктивности полупроводника) и на месту прекида би извршио повезивање прекинутог тока;
- Инсект робот од тог тренутка постаје саставни део штампане плоче.

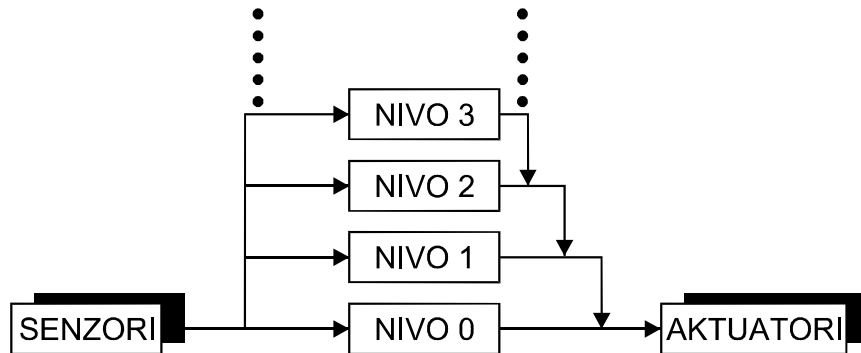


- Неопходно је развити нове технологије за израду: *микросензора, интелигентних управљачких система, актуатора, извора енергије и система за интеграцију.*

Нове технологије

- Микросензори: омогућују инсект робота опажање околине.
 - За креирање интегрисаног микроробота потребно је да микросензори буду компатибилни са IC (*Integrated Circuit*) технологијом => минијатурно и јефтино „паковање”. На тржишту је расположив читав низ микросензора, од хемијских, преко инфрацрвених, оптичких сензора до минијатурних CCD камера;
- Интелигентан управљачки систем је заснован на неуро-контролерима или пак на коначним аутоматима;
- Актуатори су базирани на микромоторима и минијатурним механизмима.
 - Микромотори раде на електростатичком принципу или на пиезоелектричном. Електростатички мотори користе силиконску технологију (елементи) који не прелазе габаритну величину од 150 μm и могу бити линеарни и обртни;
- Енергетски извори инсект робота су: соларне ћелије и батерије (морају бити веома лаке).
- Захваљујући систему за интеграцију свих описаних елемената у тзв. „*on board*” чип, драстично је смањен број међусобних веза, чиме је поред компактности доста постигнуто и у погледу минимизирања величине робота и његове масе.

Декомпозиција интелигентног управљачког система аутономног мобилног робота



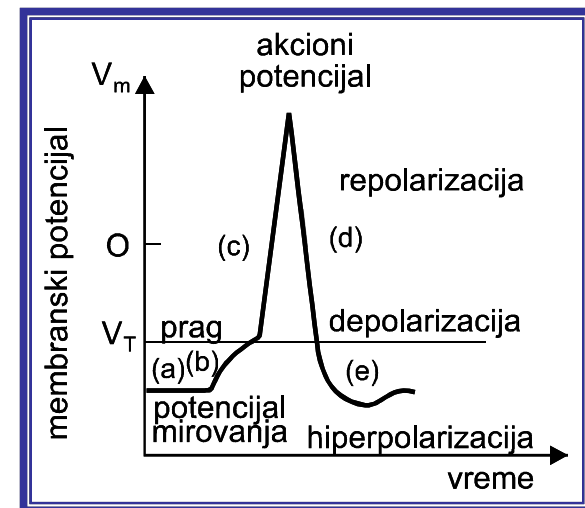
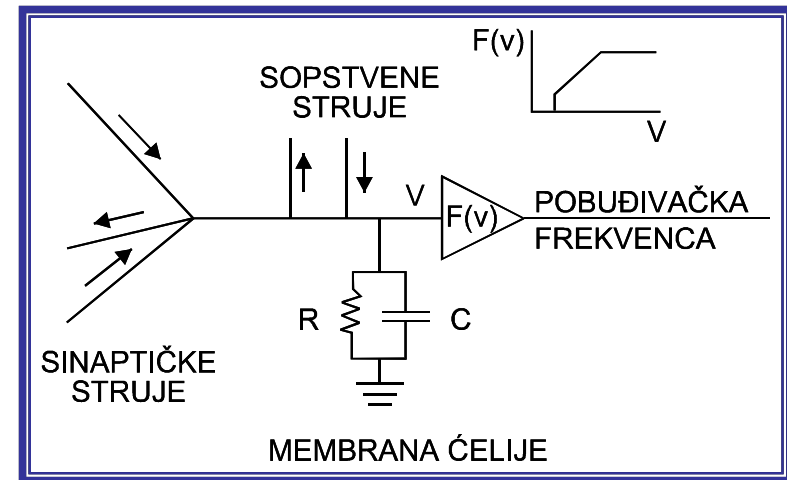
- Декомпозиција интелигентног управљачког система АМР на независне модуле понашања;
- Кључна идеја: изградити слојевит управљачки систем.

Prof. Rodney Brooks (MIT) је такав систем управљања назвао **архитектура укључивања** ("subsumption architecture"), јер су практично сви нивои укључени у управљање.



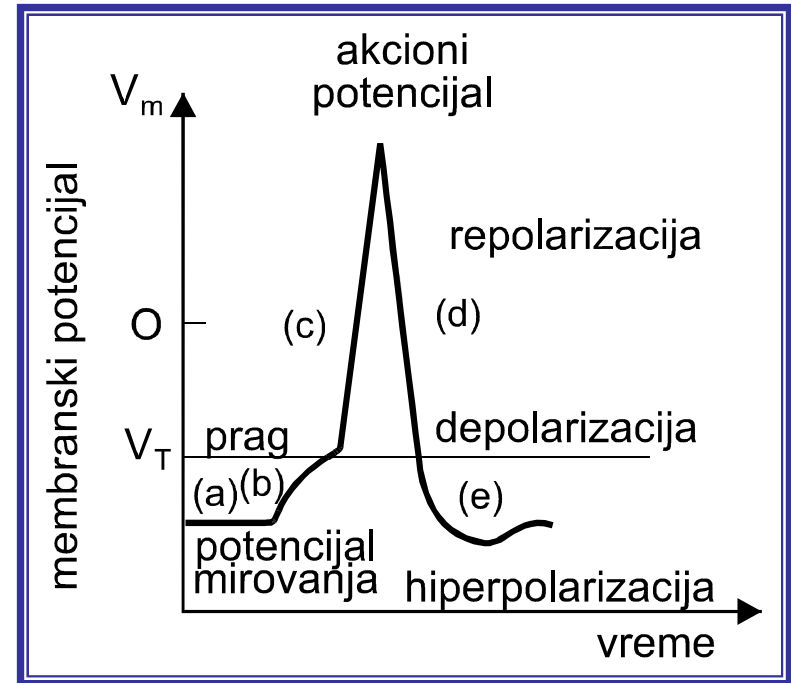
Неуронски управљачки систем инсект робота

- Неуронски модел инсект робота обезбеђује основу за развој вештачког неуронског система (Artificial Neural System - ANS; види AT-3);
- Заснован на принципима хетерогених неуронских мрежа, уз обезбеђивање реализације функција и интелигентног понашања AMP;
- Репрезентује екситациону (побуђивачку) фреквенцу неуронске ћелије као нелинеарну функцију улазног потенцијала;
- Потенцијал мировања нервне ћелије је -60 mV (a), да деполаризација ћелије (b) може бити „експлозивна“ (c), да би одмах затим процес реполаризације (d) био настављен у врло кратком временском интервалу, како би на крају потенцијал тежио нормализацији (e).



Неуронски управљачки систем инсект робота- наставак

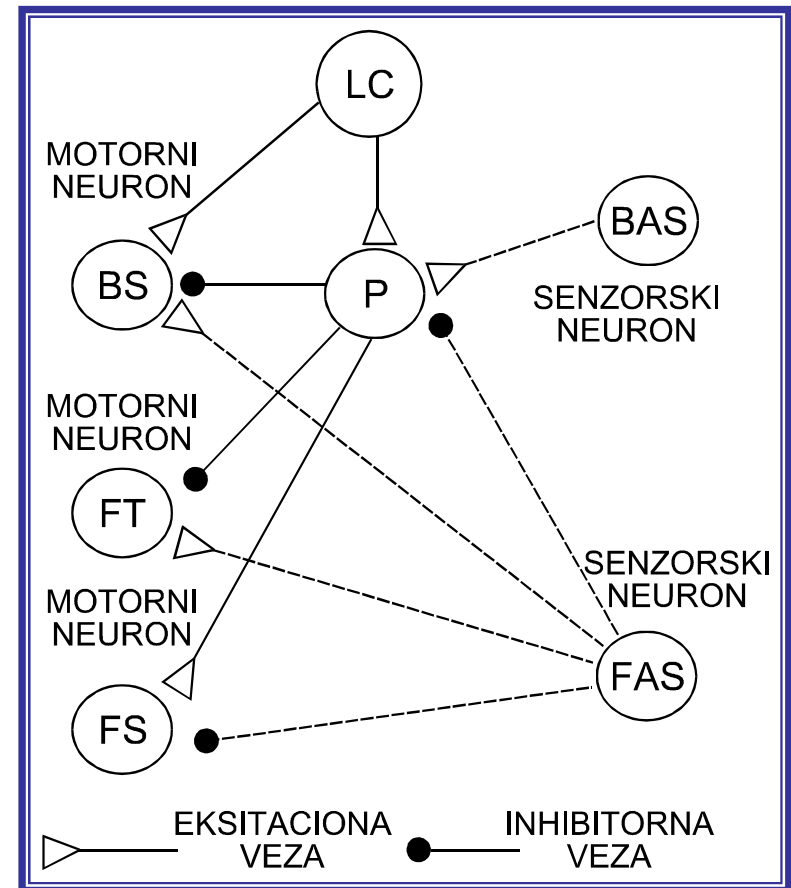
- Хиперполаризација смањује способност нервне ћелије да генерише акциони потенцијал, што значи да има *инхибиторни ефекат*, док деполяризација повећава ту способност, па је *екситациона*;
- Акциони потенцијал неурона почиње променом потенцијала мировања, његова вредност на прагу деполяризације V_T ћелије постаје импулсивна и веома позитивна (под c), траје кратко и враћа се на ниво потенцијала мировања, да би затим, у кратком временском интервалу, следећи акциони потенцијал био генерисан.



*Промена мембранског
потенцијала за време
генерисања акционог
потенцијала*

Неуронски локомоциони контролер

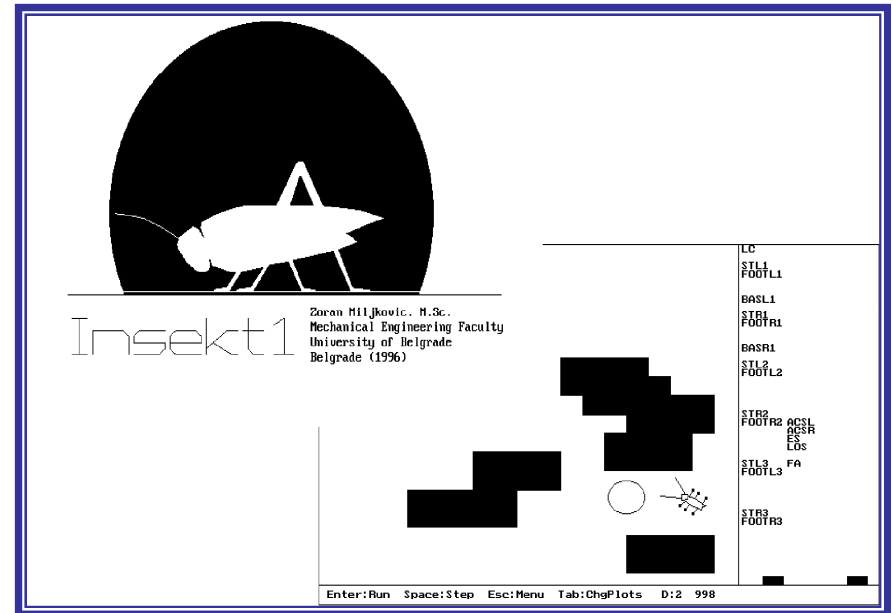
- Координација покрета свих шест ногу робота;
- Локомоциони контролер је робустан, тако да мале сметње ходу робота, попут колизије са објектима из околине, не могу да га озбиљно угрозе;
- Неурони на левој страни шеме контролера су моторни неурони (управљају кретањем ногу инсект робота) док су неурони на десној страни сензорски неурони;
- P је „пејсмејкер“ неурон (побуђивачка фреквенца варира ритмично), а LC је командни неурон који користе сви контролери рада ногу инсект робота;
- Троуглови су екситационе везе, а црни кругови инхибиторне везе.



- Основни централни патерн-генератор је приказан пуним линијама, а испрекидане линије репрезентују сензорске повратне везе (неке везе, попут FAS-BS, FAS-FT, FAS-FS укључују и рефлексе).

Симулација рада инсект робота

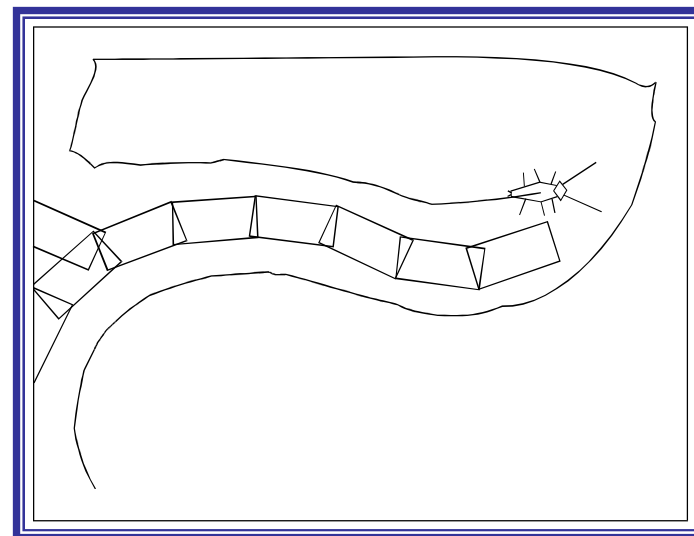
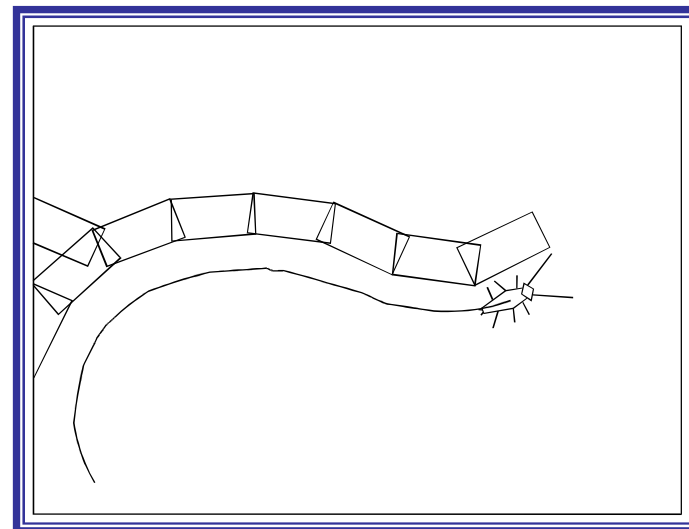
- Свака од примитивних функција (представља један вид интелигентног понашања *инсект робота*);
- Остварује се одговарајућим механизмом неуронских контролера, који су у међусобној вези, јер нпр. хаотично кретање *инсект робота* и кретање дуж ивице, имају кохерентан ниво заједничког понашања;
- Принцип декомпозиције интелигентног понашања *инсект робота* у паралелном поретку (*архитектура укључивања*) и уједно одлучивања је реализован;
- За свако индивидуално понашање робота развијен посебан неуронски контролер, што значи да не постоји централизован управљачки систем.



- Симулациони програмски пакет **ИНСЕКТ** је развијен на основама које су поставили *Pat* и *Greg Williams*;
- Базиран на хетерогеним вештачким неуронским мрежама. урађен је у програмском језику *TURBO C*;
- У односу на основни софтвер уведени су и креирани нови неурони и неуронске мреже.

Опис рада

- Кретање дуж ивице може да искључи хаотично кретање преко инхибиторне везе између свог кључног неурона и кључног неурона контролера за хаотично кретање;
- Код локомоционог контролера командни неурон *LC* управља и брзином кретања робота;
- Овај командни неурон може да се допуни модификованим неуронима *LCS* и *LCF* који имају задатак да зауставе и поново започну кретање робота, (у зависности од других активности које се у оквиру укупног понашања *AMP* одвијају);
- Приликом „истраживања“ окружења *инсект робот* прати објекте кретањем дуж ивице са десне (са леве стране), те је самим тим унутар контролера за кретање дуж ивице активиран леви или десни тактилни, сензорски неурон (антене – лева или десна) који одређују статус моторних, актуаторских неурона.

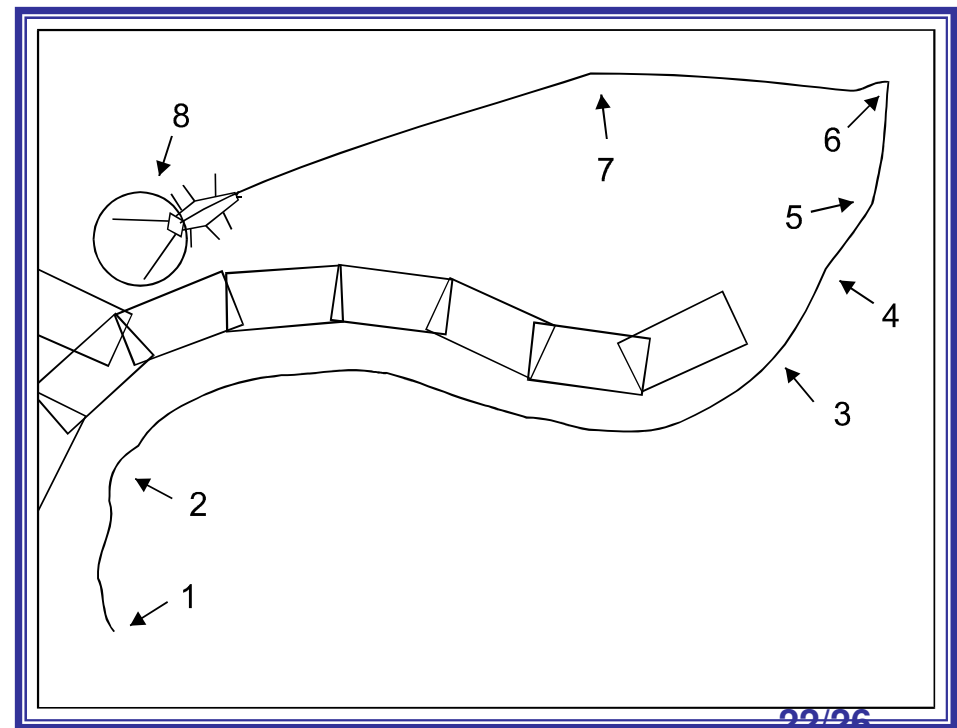


Путања кретања и вештачки неуронски систем

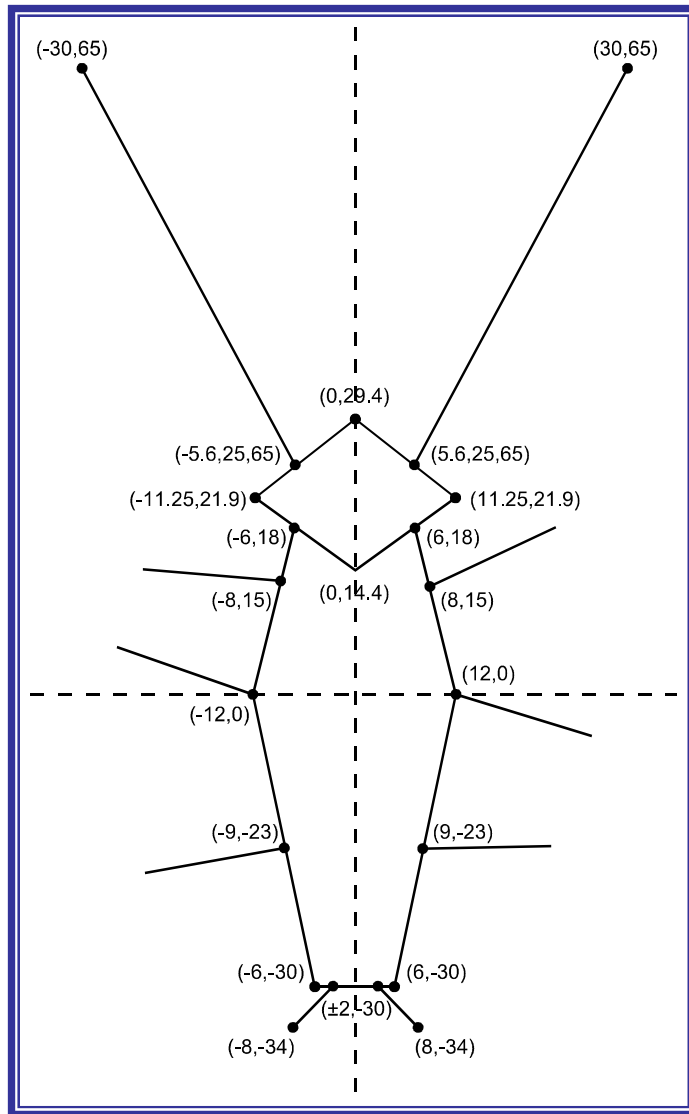
- Комплетан вештачки неуронски систем (AMS) *инсект робота* садржи 78 неурона и 156 веза (постоји могућност проширивања);
- Пример реализације интелигентног понашања => једноставан проблем „истраживања“ околине, са крајњим циљем проналажења локације за извршење радног задатка монтаже-регенерације чипа, унутар радног простора *инсект робота*;

- Робот почиње кретање из позиције (1), лаганим померањем у (2) почиње да прати објекат кретањем дуж његове ивице, а у (3) када губи контакт са њим закреће се тражећи евентуално нови додир са објектима из окружења (4);

- Слободним кретањем („лутањем“) из (5) се креће уз ивицу зида преко (6) да би у (7) напустио ивицу зида, јер је препознавањем уочена позиција (8) на којој ће се извршити радни задатак монтаже-регенерације чипа.



Пример пројектоване структуре



- Дужине ногу су 17, 15 и 17 [cm] за предње, средње и задње ноге, респективно;
- Угао ротације у зглобу сваке ноге је лимитиран у границама $[\pi/5, 0]$, $[\pi/12, -\pi/12]$ и $[\pi/12, -\pi/8]$ радијана за предње, средње и задње ноге, респективно;
- Према конвенцији, угао ротације ноге је једнак 0, када је она нормална на тело робота, позитиван је угао у смеру кретања казаљке на сату за ноге на левој страни тела робота, а за ноге на десној страни тела је позитиван угао у супротном смеру кретања казаљке на сату;
- Тежиште целе структуре робота се налази у координатном почетку;
- Статичка стабилност робота је одређена положајем тежишта, у смислу да ли се оно налази или не, унутар полигона који формирају ноге које у положају на тлу представљају ослоњце структуре робота.

Неуронски параметри

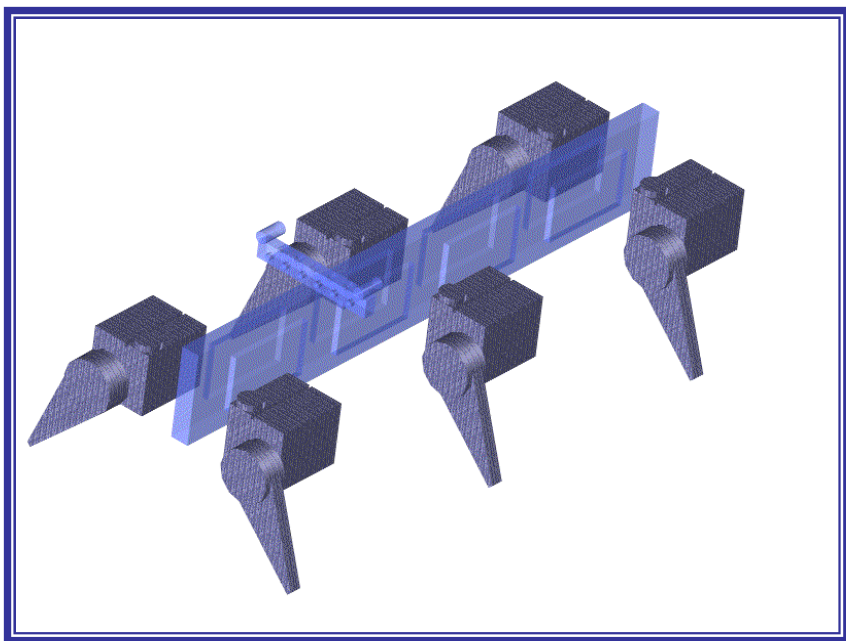
- Сваки неуронски модел чине следећи параметри:
 - мембранска проводност (G мембране),
 - мембранска капацитативност (C мембране),
 - минимална побуђивачка фреквенца (F_{min}),
 - напонски праг (V_T) и појачање.
- Комплекснији неуронски модели (попут `racemaker_a`) имају додатне параметре као што су:
 - сопствена струја I_L и I_H (low – ниска, high – висока) и
 - параметри регулације T_L и T_H .
- Сензорски неурони имају такође параметар сопствене струје $I_{senzora}$, чија је величина у функцији од интензитета неке физичке вредности. Веза између неурона A и B је означена симболички $A \rightarrow B$, а тежински однос те везе је дат у nA (nano ampere, $1nA = 10^{-9}A$);
- Сложенија веза, у којој је нпр. неурон C у синаптичкој вези са A , а који је у вези са B , дата је симболички преко $C \rightarrow (A \rightarrow B)$.

Неуронски параметри - наставак

<u>Неурон LC</u> G мембране: $0.1 \mu S$ C мембране: $75 \mu F$ $V_T: -3 \text{ mV}$ $F_{min}: 0.25$ Појачање: 0.1 mV^{-1}	Расетакер – неурон P G мембране: $0.5 \mu S$ $I_x: 20 \text{ nA}$ C мембране: $10 \mu F$ $T_x: 75 \text{ ms}$ $V_T: 10 \text{ mV}$ Појачање: 0.1 mV^{-1} $I_L: -10 \text{ nA}$	Моторни неурон BS G мембране: $0.5 \mu S$ C мембране: $10 \mu F$ $V_T: 0 \text{ mV}$ Појачање: 0.1 mV^{-1}	Моторни неурон FT G мембране: $0.5 \mu S$ C мембране: $10 \mu F$ $V_T: 0 \text{ mV}$ Појачање: 0.1 mV^{-1}
<u>Моторни неурон FS</u> G мембране: $0.5 \mu S$ C мембране: $10 \mu F$ $V_T: -2 \text{ mV}$ Појачање: 1 mV^{-1} Статус стопала: АКО је побуђивачка фреквенца > 0 ТАДА је стопало на тло доле ИНАЧЕ је стопало горе.	<u>Сензорски неурон BAS</u> G мембране: $0.5 \mu S$ C мембране: $5 \mu F$ $V_T: 5 \text{ mV}$ Појачање: 1 mV^{-1} $I_{сензор}$: АКО је угао ротације ноге $\leq$ максималном углу ТАДА је 10 nA ИНАЧЕ је 0 nA.	<u>Сензорски неурон FAS</u> G мембране: $0.5 \mu S$ C мембране: $5 \mu F$ $V_T: 5 \text{ mV}$ Појачање: 1 mV^{-1} $I_{сензор}$: АКО је угао ротације ноге $\geq$ максималном углу ТАДА је 10 nA ИНАЧЕ је 0 nA.	Везе између неурона $LC \rightarrow BS: 5 \text{ nA}$ $LC \rightarrow P: 10 \text{ nA}$ $P \rightarrow BS: -10 \text{ nA}$ $P \rightarrow FT: -4 \text{ nA}$ $P \rightarrow FS: 10 \text{ nA}$ $BAS \rightarrow P: 10 \text{ nA}$ $FAS \rightarrow P: -15 \text{ nA}$ $FAS \rightarrow BS: 10 \text{ nA}$ $BAS \rightarrow FT: 10 \text{ nA}$ $FAS \rightarrow FS: -15 \text{ nA}$

Хвала на пажњи!

Питања?



:: ИТС ::