

# МЕТОДЕ ОДЛУЧИВАЊА

## АТ-3 Хибридни интелигентни технолошки системи

# ИНТЕЛИГЕНТНИ ТЕХНОЛОШКИ СИСТЕМИ

### Дефиниција

„Интелигентни технолошки систем<sup>\*</sup>) (ИТС) је највиша класа флексибилних технолошких система која је остварила синергију вештачке интелигенције и компјутерски интегрисаних технологија, са циљем да систем има могућност реализације активности у неодређеном технолошком окружењу, уз перманентан пораст вероватноће успешног понашања”.

### Напомене:

- Основа за реализацију свих парцијалних циљева ИТС се налази у компјутерској „снази” система;
- Основу пројектовања и реализације ИТС чине комплексни алгоритми (нпр. машинског учења) које систем користи за процесирање сензорских улазних информација, уз подршку софистицираних компонената система (агената);
- Информације и величине (стања система) од значаја, ИТС мора да „чува” (меморише) због успешности будућих одлука при остваривању интелигентног понашања агената.

### Дефиниција структуре ИТС

Дакле, *вештачка интелигенција* (AI-Artificial Intelligence) је, у првој фази развоја интелигентних технолошких система, коришћена преко инжењерства знања (експертни системи), док је данашњи развој ИТС оријентисан на адаптивно процесирање информација коме превасходно припадају вештачке неуронске мреже. Од осталих интелигентних формализованих методологија одређену заступљеност у **хибридним интелигентним технолошким системима** имају *fuzzy* системи и генетички алгоритми, који су готово увек у спрези са вештачким неуронским мрежама.

Друга кључна синергијска компонента ИТС је скуп *компјутерски интегрисаних технологија* (КИТ) који чине елементи: *пројектовање производа применом компјутера* (CAD-Computer Aided Design), *пројектовање технологије применом компјутера* (CAM-Computer Aided Manufacturing), *планирање и управљање производњом применом компјутера* (CAPP-Computer Aided Process Planning) и *флексибилни технолошки систем* (FMS-Flexible Manufacturing System). Флексибилни технолошки систем (ФТС-српски акроним) чине: машине алатке (МА), индустријски роботи (ИР-стационарни и мобилни) и компјутери-К (уз МА и ИР, као и надређени у оквиру управљања ИТС преко комуникационо-информационе мрежне структуре).

Ако се синергијски спрегну сви ови елементи са вештачком интелигенцијом, онда коначни логичко-структурни израз за ИТС гласи:

$$\text{ИТС (AI} \wedge \text{КИТ (CAD} \wedge \text{CAM} \wedge \text{CAPP} \wedge \text{FMS(МА} \wedge \text{ИР} \wedge \text{К))})$$

Ова структура је истовремено и хијерархијска, која обухвата вертикалну и хоризонталну аутоматизацију технолошког система. Вертикална аутоматизација обухвата информационе садржаје ослоњене у великој мери на AI, док хоризонтална аутоматизација повезује елементе система у веће компоненте КИТ, што ће се у извесној мери изучавати у овом курсу.

Интелигентни мобилни роботи као интегративни део, шире CIM система (Computer Integrated Manufacturing), и уже ИТС (пројектни задатак), већ су достигли такав ниво развоја да се могу имплементирати у аутоматизоване фабрике. Неопходно је, у следећем кораку увођења и примене у ИТС, извршити потпуну хардверско-софтверску интеграцију ових интелигентних агената (пројектни задатак).

<sup>\*</sup>) Од самог почетка, када је **P.Owen** у свом раду „*Observation on the Effects of the Manufacturing System* (1815.)” увео појам технолошког система, па до краја седамдесетих година 20. века када је **Dr. Hatvany** промовисао идеју о ИТС публиковану у раду „*Advanced Manufacturing Systems in Modern Society* (1982.)”, прошло је више индустријских револуција и скоковитих успона у научном и стручном развоју производног инжењерства.

## Значај развоја ИТС

Развој нових генерација производа подразумева да технолошки (а и производни) системи у 21. веку треба да имају већу флексибилност при пројектовању производних технологија, и то у фази планирања и пројектовања технолошких процеса, као и приликом управљања технолошким процесима. Да би се то остварило, неопходно је да се претходно изврши интеграција софтверске и хардверске архитектуре технолошких система. Производне технологије још увек нису оствариле то стање интеграције. Интензиван развој крајем осамдесетих и током деведесетих година 20. века, који је дефинитивно успоставио и нову област истраживања у производном инжењерству-*Интелигентне технолошке системе*, указује на позитиван тренд у правцу остваривања нових производних технологија у 21. веку. У данашњи ИТС је уграђена изузетна способност машинског учења, универзалне апроксимације и адаптације, што ће бити коришћено у овом курсу кроз развој интелигентног понашања мобилног робота (примена метода одлучивања базираних на вештачкој интелигенцији) у изабраном окружењу.

Интелигентни индустријски роботи, који „разумеју“ технолошки задатак и околину, су данас у свету предмет интензивних истраживања и саставни су део *интелигентних технолошких система*. Ово се пре свега односи на развој нове генерације управљачких и сензорских система, посебно система препознавања и алгоритама учења. Развојем оваквих система индустријских робота омогућава се њихова ефикаснија примена на постојећим задацима, али и проширују области примене на комплексне технолошке задатке који до сада нису, или не у потпуности, били погодни за роботизацију. Посебно треба нагласити да предвиђања компетентних истраживачких центара у Јапану (*Nagoya University*), Европи (*Swiss Federal Institute of Technology*) и С.А.Д. (*MIT*) указују на то да ће већ у првој деценији 21. века бити успостављен концепт интелигентних индустријских робота, који имају остварену способност расуђивања, односно учења. Истраживачки резултати водећих лабораторија *MIT*-а, попут *Artificial Life Laboratory* (**Prof. Rodney Brooks**), недвосмислено потврђују да је данашњи степен развоја вештачке интелигенције у роботизици на нивоу интелигенције предшколског детета, што је у потпуном складу са предвиђањима, при чему се у том контексту посебно истиче *аутономност* робота, као кључна особина која се остварује кроз нове управљачке стратегије.

Код нас, а и у свету, су стално биле и биће присутне дилеме, па и расправе о томе *како управљати индустријским роботима?* Ако се проблем управљања ограничи на технолошки задатак манипулације, који подразумева адекватно позиционирање и оријентацију врха робота према објектима у његовом радном окружењу, онда је у литератури давно предложен инжењерски концепт који се заснива на поступку декомпозиције који подразумева одржавање функционисања система индустријског робота у условима како малих, тако и великих (снажних) поремећаја. Ова тврдња води ка таквој управљачкој стратегији, која би могла да одговори на нагле измене радних режима услед поремећаја различитог карактера (почетни услови, параметарска варијација и сл.). Наиме, намеће се поступак који би се ослањао на тзв. *оптималне перформансе система*, јер би скуп оптималних трајекторија за различите почетне услове морао да буде напуштен у условима одржавања функционисања система у ширем опсегу поремећаја. Данашњи степен развоја брзих и моћних процесора омогућава генерисање управљачке стратегије и у оваквим условима и случајевима високе димензионалности система аутономног индустријског робота.

Претпоставља се да данас око 1 000 000 индустријских робота ради у производним погонима широм света, од којих преко 500 000 у Јапану. За многе области примене, неодређеност позиције и оријентације објеката у радном окружењу индустријског робота представља озбиљан управљачки проблем. Једна од алтернатива за остваривање *аутономног адаптивног понашања* индустријског робота, приликом решавања те неодређености, је везана за коришћење визуелне повратне спреге и хијерархијског интелигентног управљања. Важно је напоменути да је у Јапану (*Nagoya University*) зачета идеја развоја система хијерархијског интелигентног управљања, кроз примену вештачких неуронских мрежа у функцији **хибридног неуроморфног и симболичког управљања** аутономним индустријским роботом. Хијерархијски интелигентни управљачки систем који је успостављен, представља хибридан варијанту спреге неуронских мрежа и мета-знања. Тада се, потпуно нова стратегија веома разликовала од традиционалног хијерархијског управљања, јер су неуронске мреже употребљене и за учење у временски дугом периоду, али и за временски кратак период *адаптације* динамичког процеса. Практично су неуронске мреже искоришћене, у спрези са мета-знањем, за хијерархијску управљачку структуру са способношћу *препознавања и планирања* при реализацији управљачке стратегије. Хијерархијски ниво препознавања користи неуронске мреже у функцији доношења одлука (пројектни задатак), на основу њиховог претходног обучавања помоћу

обучавајућих скупова узорака, у циљу трансформације различитих сензорских података-информација од нумеричког у симболички облик. Затим се, на другом хијерархијском нивоу планирања, реализује неки од могућих задатака попут манипулације објеката роботом, тако што се планира сам задатак, трајекторија, сила или нека друга перформанса таквог мехатронског система. Овакав систем хијерархијског интелигентног управљања укључује у управљачку стратегију и *сензитивност* и *вештину* за реализацију манипулације објеката помоћу робота. Тако, активности на *нивоу учења* омогућавају и расуђивање на основу чињеница утврђених на бази сензорских информација, како би се касније могла остварити управљачка стратегија и апроксимативно управљање за серво контролер на *нивоу адаптације*. Осим тога, треба истаћи и то да, сензорске и перцептивне могућности аутономног индустријског робота, захтевају често и учешће оптимизационих критеријума, при чему вештачке неуронске мреже настоје да остваре боље перформансе система, и оптимално решење проблема управљања.

Интелигентно управљање аутономним индустријским роботом, који користи нпр. камеру као екстерни сензор, данас подразумева примену вештачке интелигенције. Сходно објашњењима која су претходно дата, концепт интелигентног управљања има неколико сродних праваца развоја, који се међусобно разликују, али у последње време и интензивно допуњују. Тако су данас препознатљиви правци базирани на *fuzzy* логици, вештачким неуронским мрежама, генетичким алгоритмима и, ретко, експертним системима, као и све чешће, хибридним системима који обједињују добре стране поменутих праваца развоја вештачке интелигенције. Коришћењем екстерних сензора (нпр. камере), интелигентан индустријски робот може да оствари *адаптивно понашање*: он је способен да се флексибилно прилагоди променама у сопственом окружењу и да изврши интелигентне технолошке задатке попут *препознавања* и *идентификације објеката*, њихове *манипулације*, као и *технолошку операцију монтаже* или *електролучно заваривање*.

Дакле, развој ИТС је оријентисан у више праваца, при чему се у овом курсу тежиште поставља у домен одлучивања при интелигентном (адаптивном) понашању мобилног робота у изабраном окружењу. Да би се до краја разумео развој ИТС неопходно је анализирати његове карактеристике и посебно удео вештачке интелигенције при пројектовању *аутономних технолошких јединица* у које недвосмислено спада интелигентни мобилни робот (подразумева се да су то интелигентни агенти).

## **Карактеристике ИТС**

**J.S.Albus** (1991. у свом раду „*Outline for theory of intelligence*“) је дефинисао интелигенцију као *способност система да адекватно делује у неодређеном окружењу, где предвиђена акција треба да повећава вероватноћу успеха, обезбеђујући остваривање подциљева који подупиру реализацију ултимативног циља датог система*. За ИТС су ти циљеви, као и критеријуми одлучивања о њиховој реализацији, одређени од стране пројектаната, уз подршку програмера и оператера.

*Albus* је такође, на бази предвиђања развоја компјутерских могућности и акумулираног знања које се односи на понашање агената ИТС у неодређеном окружењу, исправно дефинисао четири елемента интелигенције система, а они пре свега карактеришу компоненте ИТС, и то су:

- Процесирање сензорских информација;
- Моделирање система кроз хардверско-софтверску интеграцију интелигентних агената;
- Оцењивање стања система, еволутивност- емпиријско одлучивање;
- Генерисање интелигентног понашања система.

Сходно овим карактеристикама компонената ИТС, данашњи интелигентни системи у производним технологијама подразумевају аутономно учење и могућност адаптације на неодређености у радном окружењу, како би такав ИТС могао да одговори на све комплексније задатке који му се у индустријским условима намећу. На основу ових кључних елемената који карактеришу ИТС и ослањајући се на њихову интеграцију, сва истраживања указују на то да се вештачке неуронске мреже, на имплицитан или експлицитан начин, успешно користе за моделирање интелигентних система у производним технологијама, попут аутономних индустријских робота за које ће се у наставку дати неопходна појашњења.

### **Аутономност робота**

Амерички Институт за роботе (Robot Institute of America - RIA) је дефинисао **робот** као *репрограмабилни мултифункционални манипулатор пројектован да помера материјал, делове, алате или специјалне уређаје коришћењем различитих програма кретања при извршавању различитих задатака*. У овој дефиницији фигуришу две кључне речи *репрограмабилан* и *мултифункционалан* (флексибилан). То значи да је робот машина која може да се поново програмира у функцији новог задатка, а и да је у стању да флексибилно прилагоди своју намену тим новим задацима. Међутим, иако сличну дефиницију нуди и ИСО стандард, има размишљања која указују на то да постоје и други системи који имају овакве карактеристике а нису роботи, што говори о недоследности ових дефиниција. Зато је данас веома тешко дати потпуно јасну дефиницију робота, али би се уопштено могло рећи да је робот активан вештачки систем, чије је окружење физички свет са којим је у сталној интеракцији. Овим дефиницијама, с обзиром на данашњи степен развоја робота, недостају кључне речи као што су *интелигентан* и *аутономан*, које се разматрају и објашњавају у овом курсу.

Ако се уведе атрибут *аутономан*<sup>1)</sup> до дефиниције робота је још теже доћи. Може се рећи да је **аутономан** онај **робот** који **може да доноси самосталне одлуке** у ограниченом домену, при реализацији задатка, на основу управљачке стратегије базиране на претходном учењу, коришћењем повратних веза које остварује помоћу сигнала од сензора. Постоје аналогије са природним системима који уче на основу сопственог искуства, тако да се данас сматра резонским, приступ који вештачком интелигентном систему – роботу обезбеђује иницијално знање и спознају окружења, са могућношћу учења кроз еволутивну надградњу серво-управљања. То значи да се за **аутономан робот** може рећи да је „**свестан себе и окружења**”. Да би се разумела сврха увођења атрибута *аутономан*, неопходно је нагласити да робот можемо сматрати аутономним ако и само ако доноси правилне и правремене одлуке о својим акцијама у складу са реалним окружењем. Реално окружење поседује својства која битно утичу на интеракцију са аутономним роботом.

Та својства су:

- *Реално окружење је изван или на граници доступности сензора*. Сензори нису довољно савршени, тако да могу извршити мерење и/или перцепцију у окружењу само ако су довољно близу.
- Реално окружење је *недетерминистичко*, посматрано кроз аспект рада робота. То значи да робот мора да буде у стању да ради у неуређеној средини.
- Реално окружење *није епизодно*, јер се ефекти у њему мењају у току времена. Робот мора зато да решава проблеме секвенцијално и да учи.
- Реално окружење је *динамичко*. Зато, робот би требало да зна када је потребно одложити одлуку о некој акцији, а када је боље реаговати одмах.
- Реално окружење је *континуално*, у погледу стања и акција која произлазе од континуалности физичких система и процеса. То условљава специфичан скуп могућих акција, што подразумева развој посебних управљачких алгоритама за учење робота. Ретке су ситуације у којима је реално окружење *дискретно*. Постоје само могућности да се код једноставнијих проблема реално окружење дискретизује, као што је случај са дигитализованом сликом добијеном од камере, где се могу одредити дискретне вредности осветљености објеката у сцени.

Дакле, аутономан индустријски робот би, у интеракцији са реалним окружењем, морао да има реализоване следеће способности: *манипулативност*, *комуникативност*, *локомоцију*, *сензитивност* и *расуђивање*. Ове способности су еволуирале у протеклом периоду развоја робота, што се види у табели у наставку.

Код аутономних индустријских робота, са аспекта развоја управљачких алгоритама, веома важне способности робота представљају *сензитивност* и *расуђивање*. У спроведеним истраживањима (З.Миљковић-књига), те способности аутономних робота су развијане и тестиране кроз примену камере – сензора и машинског учења на бази вештачких неуронских мрежа. Да би се разумео развој управљачких алгоритама за аутономне индустријске роботе који поседују поменуте способности, неопходно је објаснити атрибут аутономан у контексту његовог управљачког система. Аутономност

---

<sup>1)</sup> Реч „аутономан” може да се тумачи и као „није под доследним управљањем од стране човека-оператера”.

робота је пре свега заснована на реализацији његових управљачких функција, које представљају тако укомпонован скуп хардверских и софтверских компонената да се, без спољашње интервенције, у дужем временском периоду могу извршавати постављени задаци, као што је *манипулација препознатим објектима*. Управљачки систем аутономног робота подразумева висок ниво адаптације према променама у његовом реалном окружењу. Да би се то остварило користе се методе као што су:

- a) *алгоритамско-нумеричке методе*, базиране на идентификацији и естимацији, и
- b) *методе засноване на одлучивању*, које користе технике вештачке интелигенције.

Преглед функционалних способности аутономних индустријских робота

SPOSOBNOST	Pre 1990.	1990-tih	Posle 2000.
<b>Manipulativnost</b>			
Sa aspekta industrijskih alata	—————		
Sa aspekta antropomorfности	.....	—————	
<b>Komunikativnost</b>			
Jednosmerna (ka robotu)	—————		
Dvosmerna		.....	—————
<b>Lokomocija</b>			
Po šinama	—————		
Pomoću točkova	—————		
Po stazi	—————		
Pomoću nogu		.....	—————
<b>Senzitivnost</b>			
Kompjutersko gledanje		.....	—————
Zvuk		.....	—————
Taktilnost (dodir)		.....	—————
Miris,boja	—————		
<b>Rasuđivanje</b>			
Preko izolovanih činjenica	—————		
Preko baze podataka	.....	—————	
Preko baze znanja		.....	—————
Sopstvenim učenjem		.....	—————

..... početak primene  
 ————— široka primena

Комплексни управљачки проблеми који се јављају код аутономних робота условљавају да се, коришћењем метода заснованих на одлучивању и примени техника вештачке интелигенције, оствари еволуција интелигентних управљачких функција аутономног робота. То значи да се, за разлику од конвенционалних управљачких функција, код интелигентних управљачких функција еволутивним поступком, применом вештачке интелигенције, обезбеђује идентификација и естимација стања система аутономног робота, како би се коришћењем емпиријског управљачког алгоритма комплексни управљачки проблем успешно решио и задатак робота реализовао са највећом могућом вероватноћом. Важно је да се нагласи и то да је за остварење тих интелигентних управљачких функција апсолутно неопходно да аутономни робот континуирано учи и да може да се адаптира новонасталом стању. Вештачке неуронске мреже, као погодна техника вештачке интелигенције, успешно се користе у ове сврхе, јер је њихова изражена особина управо машинско учење. Формализовани приступ реализацији интелигентних управљачких функција за аутономни робот је могуће остварити на више начина, при чему је један од најпогоднијих везан за хијерархијски, слојевити вид управљања. Хијерархијско интелигентно управљање за аутономни робот подразумева модеран хардверско-софтверски повезани скуп компонената које у међусобној интеракцији, кроз више нивоа одлучивања, реализују аутономност робота у погледу његовог успешног адаптирања променама у реалном окружењу и самосталног одлучивања о акцијама које ће при извршавању постављеног задатка спроводити у дужем временском периоду. На основу изложеног јасно је да аутономан робот мора да има дефинисан циљ, који остварује кроз сталну интеракцију са окружењем преко повратних веза, уз пуну одговорност за реализоване акције.

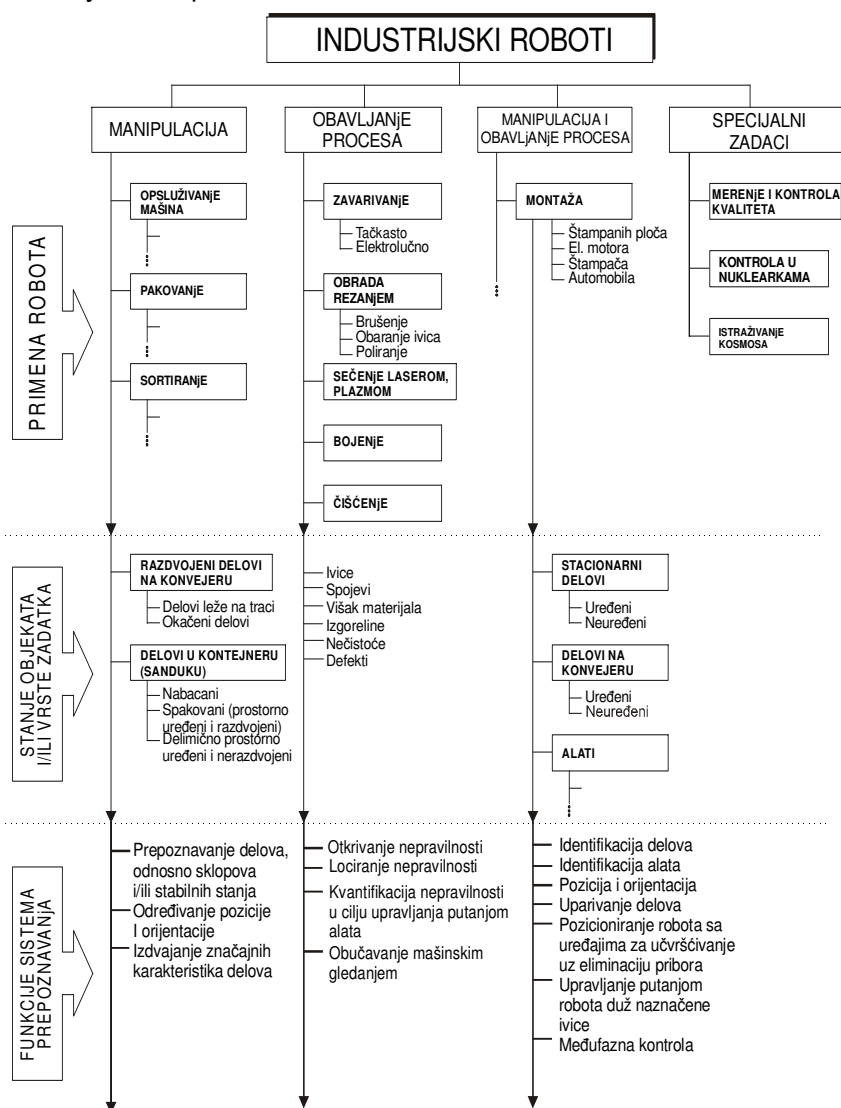
### Класификација и примена индустријских робота

Класификација индустријских робота са аспекта функција и примене обухвата четири основне групе технолошких задатака: *манипулациони*, *процесни*, *комбиновани* и *специјални* задаци. За аутономне роботе је задржана ова основна класификација, с тим што се наглашава њихова особина *локомоције*, јер има примена код којих је поседовање мобилних оса неопходно (нуклеарна постројења, истраживање свемира, сервисни роботи, *унутрашњи транспорт* у ИТС, итд). За

аутономне роботе важи иста констатација као и за индустријске роботе, а то је да ниво примене не прати ниво развијености, иако је развијени ниво интелигенције такав да су аутономни роботи већ лабораторијски тестирани и за сложене задатке. Разлози за то су историјске, културолошке и технолошке природе. Цена периферије је такође ограничавајући фактор и због њене „неинтелигенције“ тренд развоја и примене је усмерен ка *интелигентним технолошким системима*, којима неспорно припадају аутономни роботи. Иначе, производни програми се данас интензивно мењају, тако да је потреба за ИТС све израженија, јер су конвенционални технолошки системи круто конципирани, најчешће без укључивања вештачке интелигенције за решавање технолошких проблема, тако да се аутоматизација (хоризонтална) своди на примену једноставнијих машинских система.

Функције система препознавања као критеријуми за класификацију, дате на слици у наставку, могу се свести на пет основних, као и њихове комбинације потребне за поједине класе задатака:

- препознавање делова и/или стабилних стања,
- одређивање позиције и оријентације,
- издвајање и лоцирање значајних карактеристика делова као просторних референци,
- инспекција/контрола, и
- управљање путањом робота.

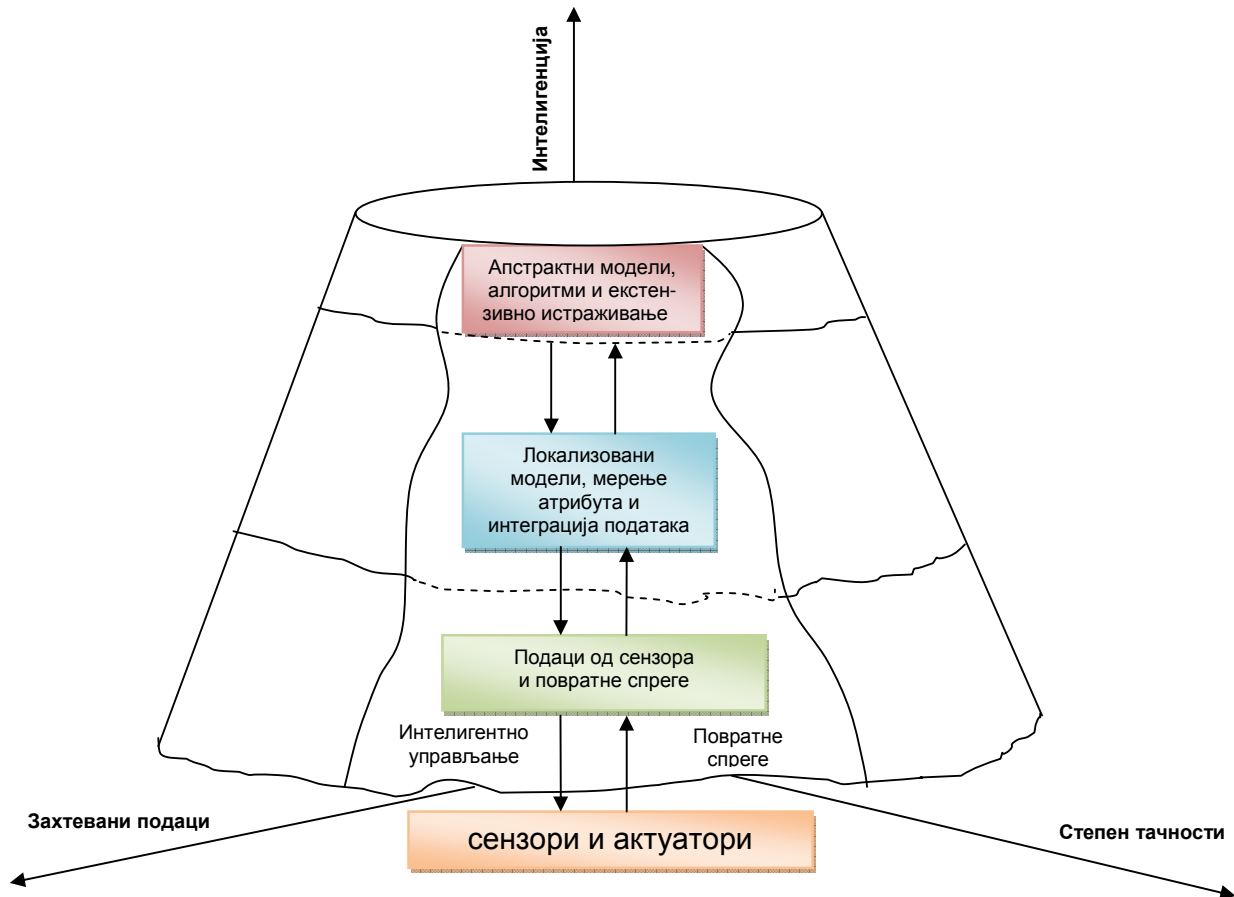


#### Класификација индустријских робота са становишта функција система препознавања

За технолошки задатак манипулације уопште и у монтажи, издвојене су функције система препознавања које директно утичу на реализацију тих задатака. У том смислу најбитније су: препознавање делова и/или стабилних стања; идентификација делова; одређивање позиције и оријентације делова; издвајање значајних карактеристика делова и позиционирање енд-ефектора робота у односу на препознати део.

## Технолошки системи и стратегије одлучивања

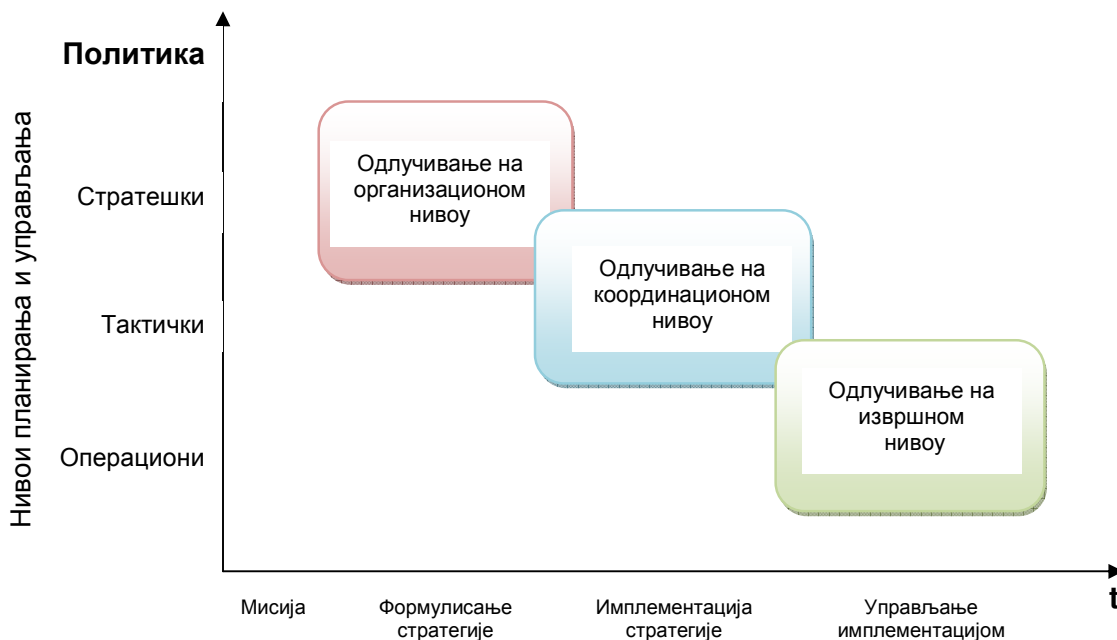
Комплексност процеса одлучивања, у домену пројектовања технолошких система, подразумева утврђивање великог броја алтернативних решења, тако да је било неопходно увести одговарајуће технолошке стратегије које су током претходних реализација давале најбоље резултате (током дужег низа година еволуција технолошких система и поступака је била веома динамична). У препознатљиве стратегије спадају: *масовна производња*, *минимизација трошкова производње*, *аутоматизована производња коришћењем специјализоване опреме*, *концепт „just in time“*, *флексибилна производња* и *концепт интелигентне производње* (CIM, ИТС, TQM-Total Quality Management, итд.). Да би се остварио *концепт интелигентне производње* неопходно је било одредити хијерархијске нивое (одлучивања) у производњи (доњи-*извршни*; средњи-*координациони*; горњи-*организациони*), који су представљени сликом у наставку.



Ток информација, података и знања кроз хијерархијске нивое

Ток који је приказан горњом сликом представља интеракције између хијерархијских нивоа, а уочљиво је да се на нижим нивоима примарно очекује тачност вишег ранга и значајније већи скуп захтеваних података-информација, док је на вишим нивоима изражена потреба за екстензивним истраживањем базираним на интелигенцији (код ИТС вештачкој), сходно великом броју алтернативних акција у тражењу оптималног решења. Овај курс разматра развој ИТС кроз примену метода одлучивања, те је неопходно прво дефинисати **машинску интелигенцију** као основу за одлучивање и предуслов за успешно тражење оптималног решења. Дакле, *машинска интелигенција (I)* се може дефинисати као *сет правила у оквиру базе података о догађајима (D)* и/или као *алгоритам машинског учења ослоњен на експериментисање, узорковање и тренирање вештачког система* (машина алатка, индустријски робот, итд.), *који имају за циљ да обезбеде несметани ток знања (R) кроз систем*. Како је за процес одлучивања од највећег значаја одређивање критеријума за доношење одлуке, вештачки систем (у овом курсу је то мобилни робот) који поседује машинску интелигенцију мора да оствари пораст ентропије интелигенције (ентропија-мера учестаности јављања некоег догађаја у систему, односно мера вероватноће у затвореном, изолованом систему) за познату базу података о догађајима  $H(I/D)$ , а да смањи ентропију догађаја  $H(D)$ , уз очување потребне ентропије нивоа знања  $H(R)$ . Овај концепт је уграђен као основа за

методу одлучивања која ће овим курсом бити представљена преко система вештачких неуронских мрежа у домену машинског учења мобилног робота као интегративног дела ИТС. Да би се овај концепт потпуно довео у контекст успостављених хијерархијских нивоа (одлучивања) у производњи, потребно је спрегнути планирање и управљање производњом с једне стране са стратегијама одлучивања у производњи с друге стране, што је показано на слици у наставку.



Одлучивање у производњи ↔ планирање и управљање

Примери типичних активности одлучивања производног менаџмента на организационом нивоу укључују:

- позиционирање производа на тржишту
- пројектовање тих производа, као и технолошких процеса производње
- планирање капацитета, одлуке о локацији производње и дистрибуцији
- дугорочну процену тржишта
- развојну политику људских ресурса

Активности одлучивања на координационом нивоу обухватају:

- формирање фамилија машине-делови
- планирање процеса (пословних, производних, технолошких, обрадних)
- пројектовање залиха
- терминирање производње

Активности одлучивања које се очекују на извршном нивоу налажу:

- инспекцију и тестирање
- мониторинг процеса и адаптивно управљање
- анализу грешака и дијагностику

Све горе наведене активности у процесу одлучивања, када је производња у питању, отварају неке од опште познатих технолошких проблема који се успешно решавају применом техника производног инжењерства, операционих истраживања и инжењерског менаџмента, које се данас могу свести на заједнички садржалац исказан преко **интелигентних технологија**, обухваћених научном дисциплином под називом **вештачка интелигенција** (примена у овом курсу-развој ИТС).