



# АТ- 4: Вештачка интелигенција и одлучивање

*Проф. др Зоран Миљковић*

# Шта је интелигенција?

- **Интелигенција** је способност размишљања, разумевања и учења коришћењем инстинкта, са циљем да се решавају проблеми и доносе одлуке.
- **Да ли компјутери могу да буду интелигентни и да ли машине могу да мисле?**
- Научноистраживачка област => ВЕШТАЧКА ИНТЕЛИГЕНЦИЈА.

# Вештачка интелигенција – увод и дефиниција

- **Деф:** *Вештачка интелигенција* (машинска интелигенција) представља способност емулирања (опонашања, имитирања, угледања) или дуплирања могућности сензорског процесирања и доношења одлука унутар компјутерског система.
- **Напомене:**
  - Интелигентни системи (ИС) базирани на примени вештачке интелигенције (*AI-Artificial Intelligence*);
  - ИС способни да уче и да се адаптирају => понашају се **аутономно**;

# Историјски преглед развоја

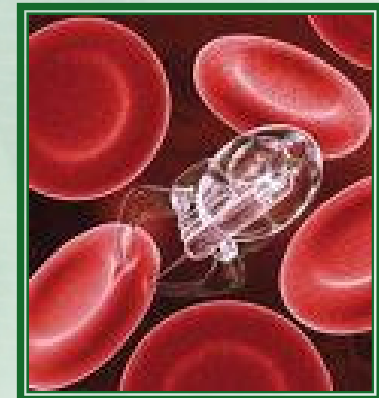
Период	Кључни догађај
Прапочетак (1937.), Manchester Univ. Велика Британија	<i>Alan Turing</i> , Концепт универзалне рачунарске машине.
Почетак (1943.), Columbia Univ. U.S.A. ENIAC-EDVAC компјутери (1941-1945.), Princeton Univ. U.S.A.	<i>McCulloch, Walter Pitts</i> , Модел вештачких неуронских мрежа.  <i>John von Neumann</i> , Manhattan пројекат нуклеарне бомбе.
Хеуристички приступ у тражењу решења (1950.), Princeton Univ. U.S.A.	<i>Claude Shannon</i> , Програмирање компјутера за шаховску игру.
Први неуро-компјутер (1951.), Princeton Univ. U.S.A.	<i>Marvin Minsky, Dean Edmonds &amp; John von Neumann</i>
Летња радионица (1956.), Dartmouth College U.S.A.	<i>John McCarthy, Marvin Minsky, Claude Shannon</i> , Машинска интелигенција, вештачке неуронске мреже и теорија аутомата. Дефинисана област: <i>вештачка интелигенција</i> .
Период уздицања области AI (1956.-1958.), MIT U.S.A.	<i>John McCarthy, LISP</i> – програмски језик. <b>Advice Taker</b> - програм за генерисање решења проблема, нпр. транспорта до аеродрома; први програм базиран на презентирању знања.
Развој вештачких неуронских мрежа, (1960. – данас) Теорија <i>fuzzy</i> скупова (1965.–данас) Berkeley Univ. U.S.A.	<i>Widrow, Hopfield, Kohonen, Rumelhart&amp;McClelland, Grossberg, Haykin, Kosko</i> , Паралелно дистрибуирано процесирање сигнала. <i>Lofti Zadeh, Mamdani, Sugeno, Kosko</i> , <i>Fuzzy</i> скупови, логика и алгоритми.
Развој експертних система (ране 1970. до средине 1980.) Stanford Univ. U.S.A.	<i>Feigenbaum, Shortliffe, Leibowitz, DENDRAL, MYCIN, EMYCIN, PROSPECTOR, PROLOG</i> -програмски језик вештачке интелигенције.
Еволутивне стратегије (ране 1970. – данас)	<i>Rechenberg, Holland, Koza, Schwefel, Fogel, Goldberg</i> , Генетички алгоритми и програмирање; Оптимизирано претраживање.

: Вештачка интелигенција и одлучивање :

# Интелигентни системи и вештачка интелигенција

- Развој ИТС оријентисан на:  
*технолошко препознавање машинских делова, визуелну инспекцију и препознавање објеката, аутономне мобилне роботе, итд.,*
- Ови системи раде у *динамичким, нестационарним* ситуацијама расуђивања и процесирања сензорских информација у *реалном времену* (АТ-3: карактеристике реалног окружења);
- Поред комплексности појављују се проблеми везани за пут реализације решења, од иницијалног до коначног стања који се тешко остварује;
- Од модерних технолошких система се захтева *кооперативност и фузија* многих методолошки дефинисаних процедура базираних на знању, како би се остварило коначно стање, односно циљ; на овим основама је настала *нанотехнологија*.

: *Вештачка интелигенција и одлучивање* :



# Нанотехнологија

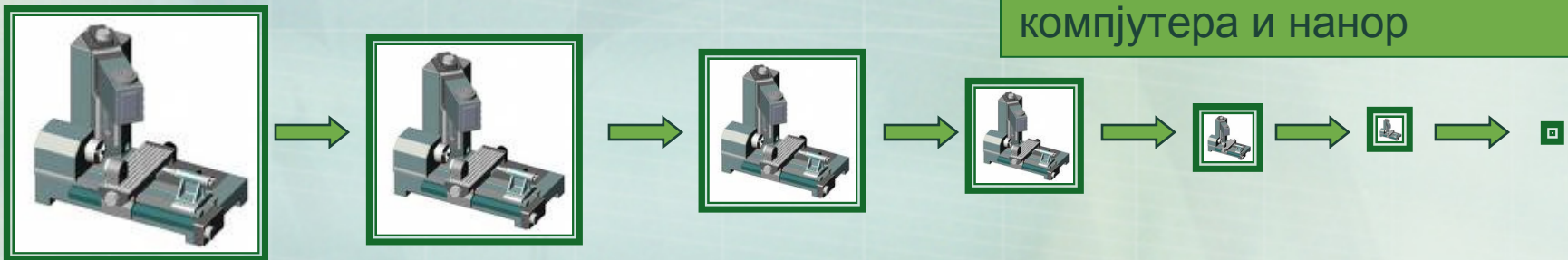
- Представља нов начин мултидисциплинарног размишљања и пројектовања;
- Развој базиран на истраживању и разумевању процеса сведених на ниво атома и молекула;

**Richard P. Feynman,**  
*„There’s Plenty of  
Room at the Bottom”,  
Engineering and  
Science, Vol.23, pp.22-  
36, 1960.*



• Концепт машина алатки које израђују мање машине алатке, да би затим те машине израдиле још мање...

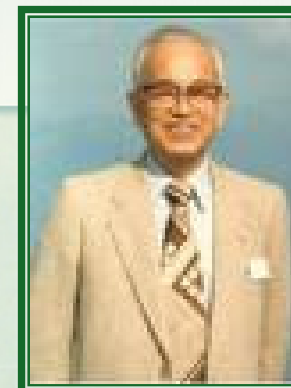
• *Feynman*-ова машина (*FM*), која подразумева обраду високе тачности у нанометарским границама и учешће минијатурних компјутера и нанор



: Вештачка интелигенција и одлучивање :

# Нанотехнологија

- Појам *нанотехнологије* је дефинисао **Norio Taniguchi** (1974. у свом раду „*On the Basic Concept of Nano-Technology*”; Proc. Intl. Conf. on Production Engineering - Japan Society of Precision Engineering, Tokyo)
- „*Нанотехнологија представља интеграционе производне технологије и машинске системе који користе могућности обраде високе тачности у домену 1 нанометра ( $1\text{ nm}=10^{-9}\text{ m}$ )*”.
- Феномен нанометарске скале референтан за научне дисциплине као што су *електроника, машинство, оптика, физика, биологија*, и др.
- Основни проблеми:
  - Постизање равнотеже између ових дисциплина у нанометарским границама;
  - Време и управљање: при одвијању процеса мора се потпуно регулисати сваки параметар, а временски одзив је дат у екстремно кратком интервалу ( $10^{-9}$  до  $10^{-11}$  sec).



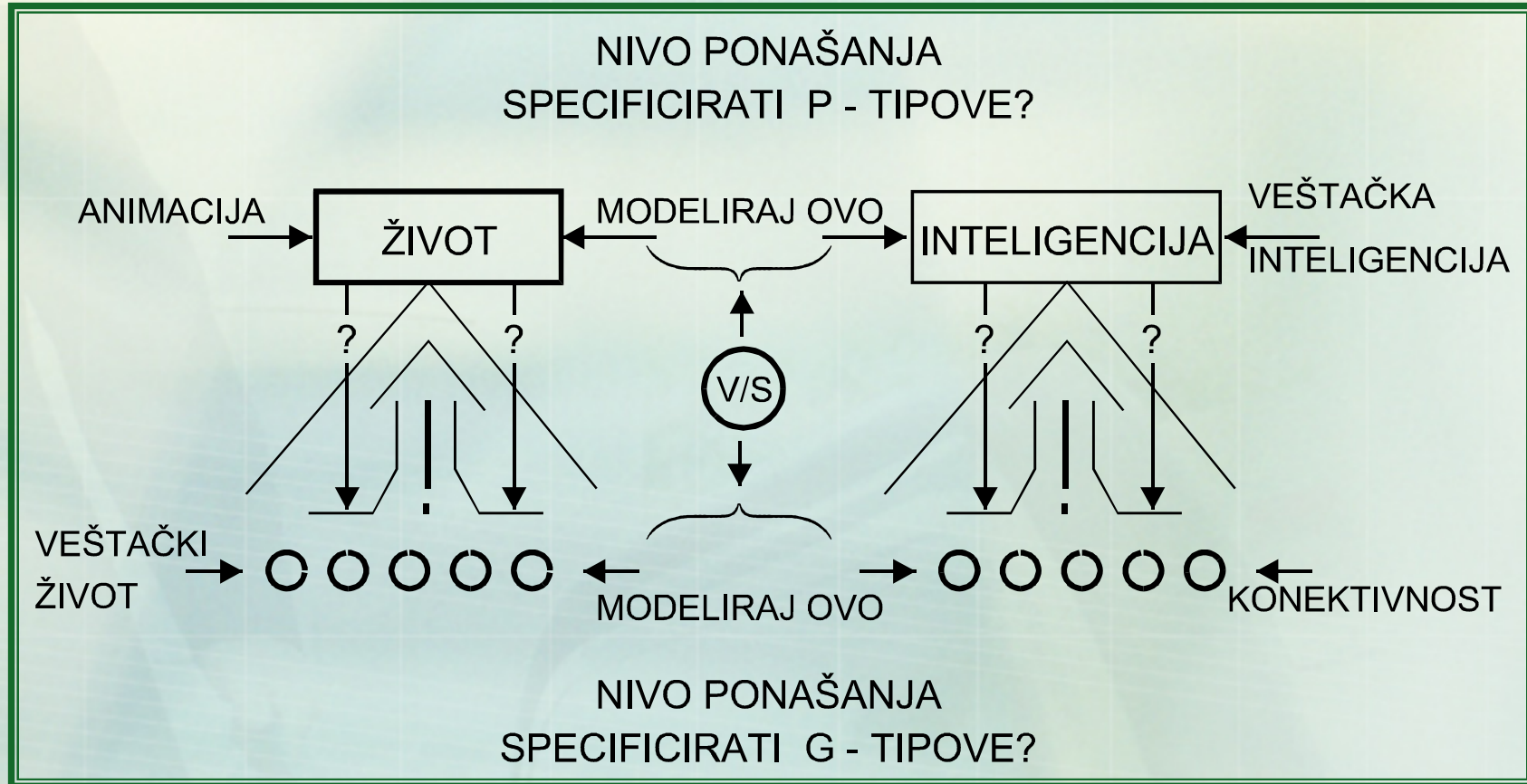
: *Вештачка интелигенција и одлучивање* :

# Вештачки живот

- Развојем нанотехнологија настала је идеја о настанку *вештачког живота*;
- ***Вештачки живот*** представља покушај развоја нове компјутерске парадигме, базиране на природним процесима који се одвијају код живих организама;
- Основу дакле чини интелигенција која је својствена човеку, али може да се користи и у контексту неког вештачког система, тако да важи следећа дефиниција:
- „*Интелигентни систем је онај који има богат простор понашања, а одређен је циљевима тог понашања*”.
- Пример: *инсект робот* као Интелигентни Аутономни Микроробот (ИАМ).



# Моделирање комплексног система-приступ „ОДОЗДО-НАГОРЕ”



G-type & P-type

: Вештачка интелигенција и одлучивање :

# Моделирање комплексног система

- Два основна појма:

- **Гено-тип (G-type);**

- G-типови у оквиру машине дати су преко спецификације саме машине;
    - У живом организму G-типови представљају комплексан скуп генетских инструкција записаних у линеарној секвенци на нуклеидној бази, формирајући при томе DNK организма

- **Фено-тип (P-type);**

- P-типови се састоје од структуре која се активира у времену, са крајњим циљем извршења паралелних дистрибуираних „израчунавања”, која су управљана скупом генетских инструкција у одређеној средини.

- Два блока који се моделирају:

- **блок живот** и
  - **блок интелигенција.**

: Вештачка интелигенција и одлучивање :

# Вештачки живот – технике моделирања

- Постоји *више могућих приступа* при коришћењу техника за креирање *вештачког живота*, које се могу искористити и за програмирање робота;
- Проблеми настају приликом трансфера програма развијених за симулацију вештачког живота у извршни облик програма за покретање стварних робота;
- Овакав вид трансфера програма подразумева *испитивање дуалности еволуције* морфологије организма и нервне система у биологији, са морфологијом и програмском структуром робота;
- Рад на стварању вештачког живота је развио технике за програмирање и управљање структура робота креираних симулацијом;

# Вештачки живот – технике моделирања

- Један од циљева приликом развоја вештачког живота је *излазак из дигиталног медија у физички оличен систем*;
- Очит конструктиван сукоб у оквиру области *вештачки живот (Artificial Life)* и *вештачка интелигенција (Artificial Intelligence)*;
- Истраживања у Лабораторији за вештачке инсекте (*Artificial Insect Laboratory* сада *Computer Science and Artificial Intelligence Laboratory - CSAIL*) на MIT-у (*Massachusetts Institute of Technology*) под руководством **Prof. Rodney Brooks**-а, указују на могућности коришћења техника за симулацију вештачког живота при развијању програма за управљање физички оличених мобилних робота;
- Кључне идеје које су тим истраживањем проверене су:



*Rodney Brooks,  
Professor of  
Robotics and AI  
at MIT*

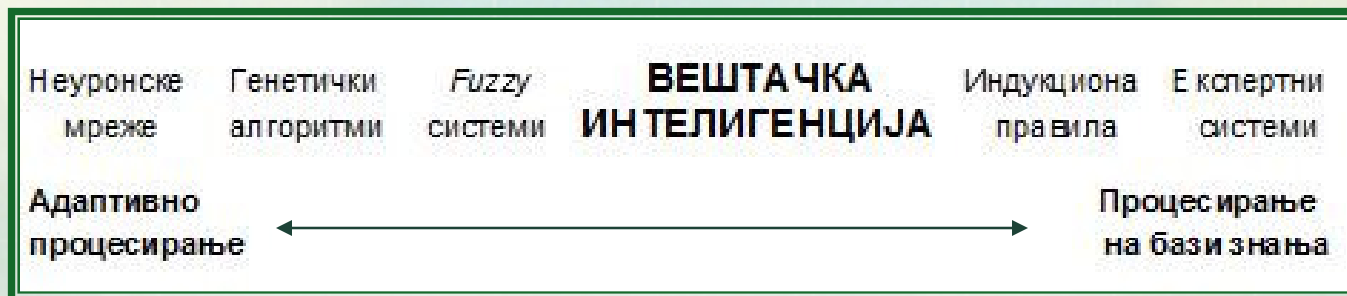
: *Вештачка интелигенција и одлучивање* :

# Кључне идеје

- За изградњу робота који су базирани на понашању према окружењу, користе се технике генетског програмирања у LISP-у;
- Сви работи захтевају елементе адаптације у реалном времену;
- Еволуција и адаптација у реалном времену су две потпуно одвојене ставке;
- Еволуција управљачке структуре треба да тече паралелно са еволуцијом морфологије робота;
- Регуларност морфолошке структуре (нпр. симетрија или понављајући облик структуре) би требало да се огледа у регуларности управљачке структуре;
- Обратити пажњу при пројектовању језика за управљање да би се минимизирало претраживање по дубини и ширини дрвета (одлучивања) корисничког програма;
- Постоје реалне методолошке опасности при коришћењу симулације као средства за тестирање.

**: Вештачка интелигенција и одлучивање :**

# Интелигентне формализоване методологије и машинско учење



Седам кључних области развоја и примене вештачке интелигенције су:

1. представљање знања
2. разумевање говорних језика
3. УЧЕЊЕ – интелигентни робот, технолошко препознавање, ...
4. планирање – решавање проблема
5. **ДОНОШЕЊЕ ОДЛУКА** – закључивање
6. **ИСТРАЖИВАЊЕ ОКРУЖЕЊА** – аутономни мобилни робот
7. **СИСТЕМИ ПРЕПОЗНАВАЊА** – камера и анализа слике

: Вештачка интелигенција и одлучивање :

# Машинско учење

- Процес промене стања неког живог организма на основу искуства тако да ново стање функционише боље у истоветној ситуацији;
- Машинско учење представља програмирање интелигентних система (рачунара, мобилних робота итд.) тако да је систем у стању да самостално донеси одлуке приликом интеракције са окружењем;
- Машинско учење укључује адаптивне механизме који омогућавају вештачком систему да учи на основу искуства, преко примера или на бази аналогije;
- Код машинског учења процес је формализован кроз математичко-алгоритамске подлоге;
- Код интелигентних система примењују се различите стратегије учења које користе *принципе вештачке интелигенције*.

: Вештачка интелигенција и одлучивање :

# Класификација стратегија машинског учења

- Заснована је на степену закључивања који се тражи код оног који учи:

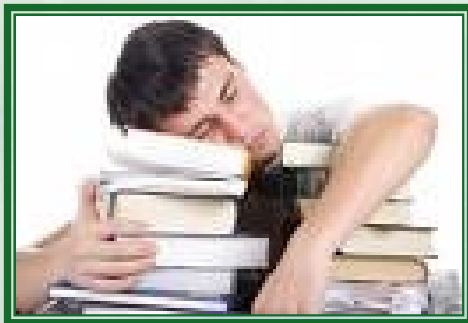
*рутинско учење,*

*учење на основу инструкција,*

*дедуктивно учење,*

*индуктивно учење,*

*учење на основу аналогије.*



## Рутинско учење

- Најнижи ниво машинског учења (и учења уопште);
- Своди се на знање које је директно уграђено у интелигентни систем;
- Додатно процесирање података није потребно;
- „учење напамет”.

: *Вештачка интелигенција и одлучивање* :



### Учење на основу инструкција

засновано на стеченом знању од учитеља или из књиге, а трансформисано је у интерни облик кроз закључке које мора да изведе ученик, строго држећи се датих инструкција.

Индуктивно учење се своди на класификацију стечених искустава у одговарајуће категорије или концепте;

- Подкатегорије: *учење кроз примере* укључује процес аквизиције, тако што се описи општег концепта закључивања, кроз скуп примера прослеђују ученику; и *учење кроз експериментисање* користи концепт који је довољно генералан да може да објасни многе позитивне примере.

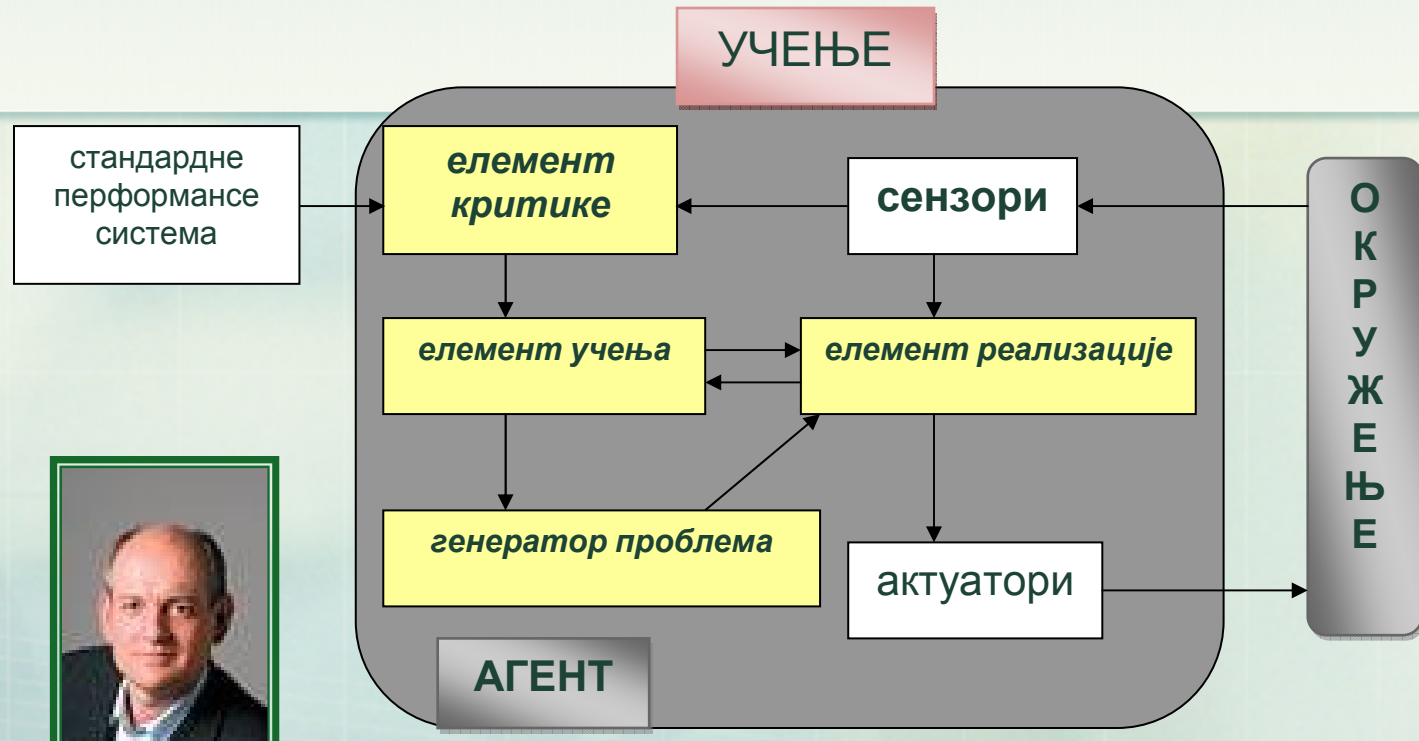
Дедуктивно учење подразумева да ученик мора да изврши трансформацију знања дедуктивним закључцима и да дође до истините оригиналне формулације.

Учење на основу аналогије комбинује дедуктивне и индуктивне видове учења;

- Први корак је индуктивно закључивање (неопходно да би се нашла заједничка подструктура између домена проблема који се решава и једног од аналогних домена који су меморисани као егзистирајућа база знања);
- Следећи корак подразумева пресликавање могућег решења из селектованог аналогног домена у домен проблема преко дедуктивне логике.

: *Вештачка интелигенција и одлучивање* :

# Општи модел учења



**S.J.Russell,**  
(Professor,  
University of  
California –  
Berkley)



**P.Norvig**  
(Google's  
Director of  
Research)



*Artificial Intelligence – A Modern Approach,  
Prentice Hall, 1996 (2<sup>nd</sup> edition 2002)*

: Вештачка интелигенција и одлучивање :

# Општи модел учења – пример аутономног мобилног робота (АМР)

- *Елемент реализације* се састоји од знања и процедура које АМР поседује при извршавању задатка истраживања окружења: *препознавање објеката, кретање у свим правцима, избегавање препрека* и слично;
- *Елемент учења* формулише циљеве, као што су *учење оптималне путање кретања, учење мапе окружења, учење о томе како заобићи препреку и како избећи колизију*;
- *Елемент критике* обезбеђује повратне информације користивши сензоре, и формулише правила која треба да укажу на погрешну акцију робота (нпр. супротан правац кретања робота);
- *Генератор проблема* се активира са предлогом: *промени руту кретања и прати ивицу зида* и види да ли је та трајекторија кретања ефикаснија.

: *Вештачка интелигенција и одлучивање* :

# Интеракција АМР-а са окружењем

- Моделирање окружења:

тројка  $\langle S, Q, W \rangle$

$S$  скуп могућих стања окружења,

$Q$  је скуп могућих излаза од АМР-а ка окружењу

$W$  је функција прелаза, односно пресликавање  $Q$  у  $S$ ;

- За фиксирано стање окружења, АМР се моделира као четворка  $\langle T, I, R, B \rangle$

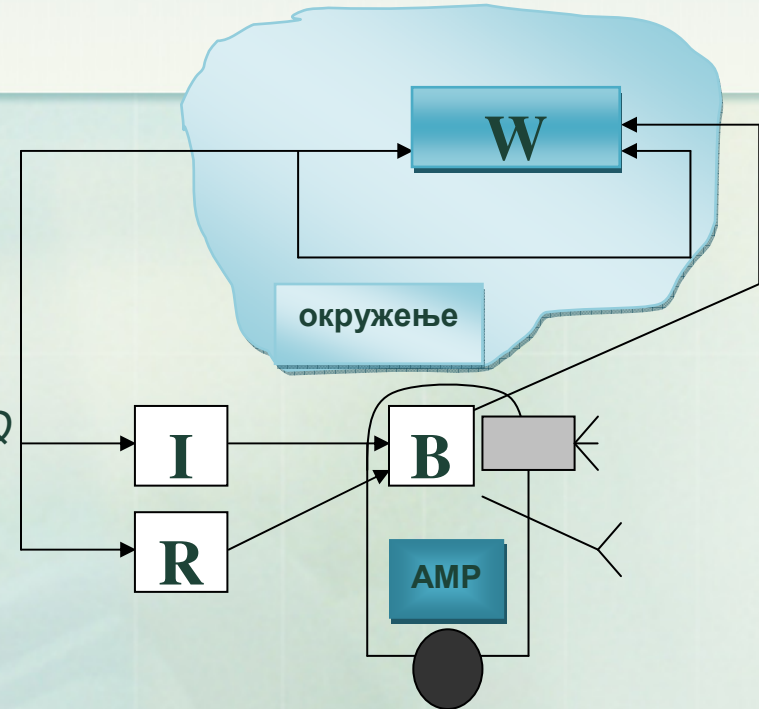
$T$  скуп могућих улаза од окружења ка АМР,

$I$  пресликавање од  $S$  ка  $T$

$R$  је функција појачања АМР-а које пресликава  $S$  у реалне вредности

$B$  је понашање АМР-а које пресликава  $T$  у  $Q$ .

: Вештачка интелигенција и одлучивање :



АМР организује сопствену интерну структуру у циљу адекватног остварења циљева у интеракцији са окружењем. Он учи!

# Машинско учење – основни видови учења

## 1. Супервизорско учење („учење под надзором“):

- улазна и излазна стања у било којој ситуацији могу одредити, јер су успостављене детерминисане релације између њих.

## 2. Несупервизорско учење („учење без надзора“).

- у току учења се не могу одредити коректна излазна стања
- морају спознати релације између његових перцепција применом супервизорског метода учења базираног на локалним информацијама и интерним правилима
- познато је и као *компетитивно учење* („competition learning“).

***Хвала на пажњи!***

***Питања?***

***: Вештачка интелигенција и одлучивање :***