



АТ- 9: Вештачка интелигенција у оквиру напредних роботских система

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 у оквиру
напредних роботских система :

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;

: Вештачка интелигенција у оквиру
напредних роботских система :

Историјски преглед развоја

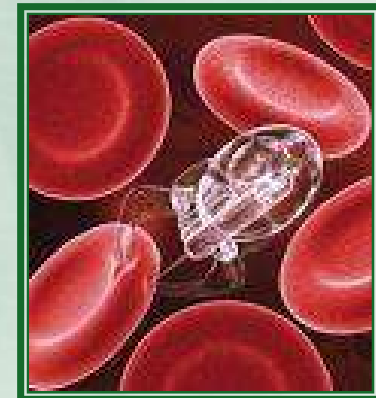
Период	Кључни догађај
Прапочетак (1937.), Manchester Univ. Велика Британија	<i>Alan Turing</i> , Концепт универзалне рачунарске машине.
Почетак (1943.), Columbia Univ. U.S.A. ENIAC-EDVAC компјутери (1941-1945.), Princeton Univ. U.S.A.	<i>McCulloch, Walter Pitts</i> , Модел вештачких неуронских мрежа. <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 & 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. Advice Taker - 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&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</i> , DENDRAL, MYCIN, EMYCIN, PROSPECTOR, PROLOG-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 у оквиру
напредних роботских система* :

Интелигентни системи и вештачка интелигенција

- Развој *Интелигентних Технолошких Система (ИТС)* оријентисан је 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* (предавање: ИТС_АТ-3: карактеристике реалног окружења);
- Поред комплексности појављују се проблеми везани за пут реализације решења, од иницијалног до коначног стања које 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 у оквиру напредних роботских система :*



Нанотехнологија

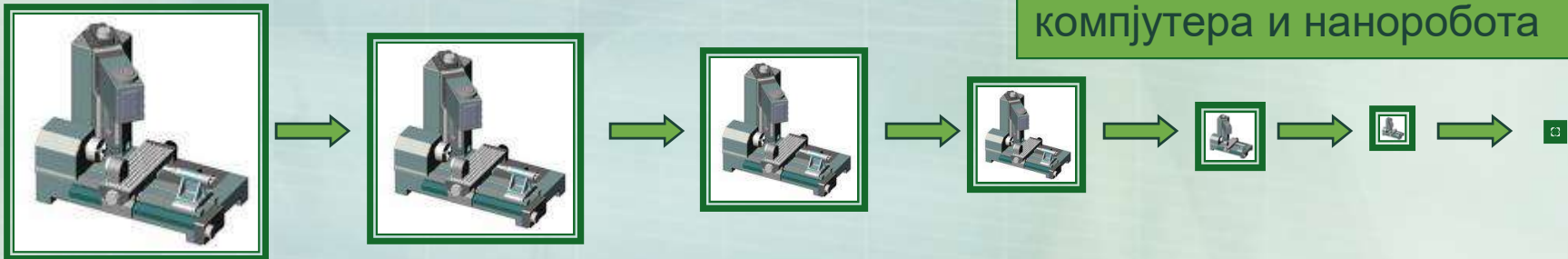
- Представља нов начин мултидисциплинарног размишљања и пројектовања;
- Развој базиран на истраживању и разумевању процеса сведених на ниво атома и молекула;

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 наноробота

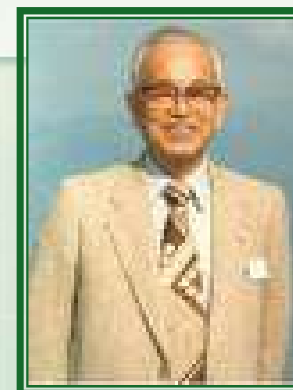


: *Вештачка интелигенција у оквиру
напредних роботских система :*

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 да се потпуно регулише сваки параметар, а временски одзив је дат у екстремно кратком интервалу (10^{-9} до 10^{-11} sec).

: *Вештачка интелигенција у оквиру напредних роботских система :*

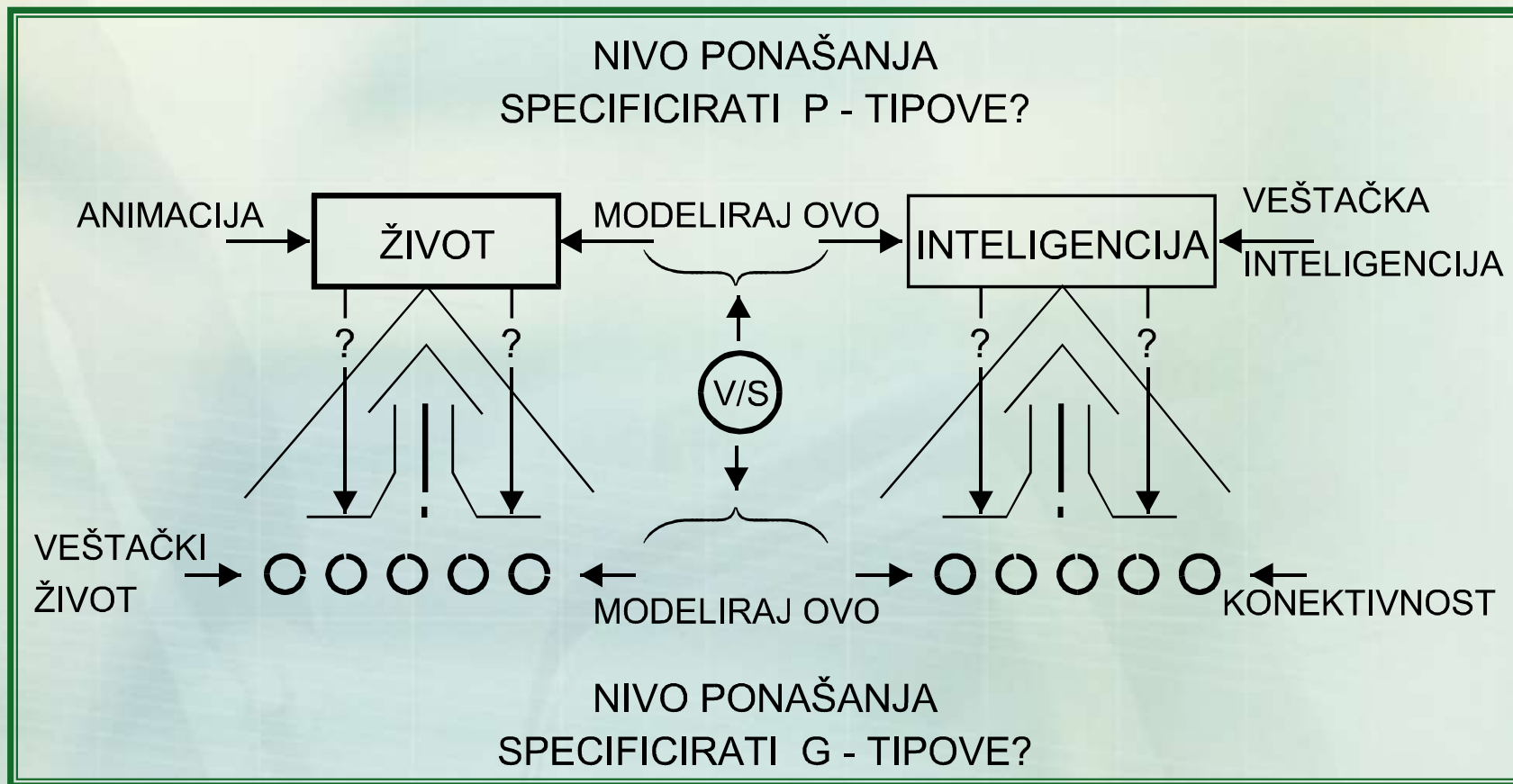


Вештачки живот

- Развојем нанотехнологија афирмисана је идеја о настанку *вештачког живота*, односно вештачких система бионичког типа;
- *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_књига З.Миљковић_монографија).

: *Вештачка интелигенција у оквиру
напредних роботских система :*

Моделирање комплексног система-приступ „ОДОЗДО-НАГОРЕ”



: Вештачка интелигенција у оквиру напредних роботских система :

G-type & P-type

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 у оквиру
напредних роботских система :*

Вештачки живот – технике моделирања

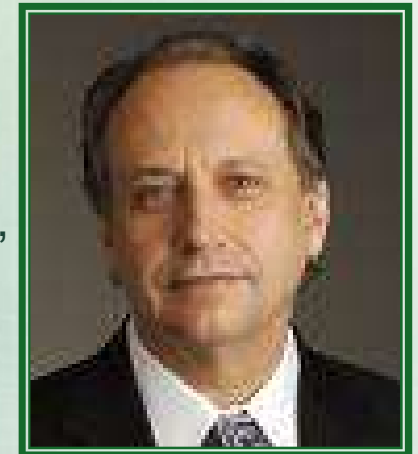
- Постоји *више могућих приступа* при коришћењу техника за креирање *вештачког живота*, које се могу искористити и за програмирање робота;
- Проблеми настају приликом трансфера програма развијених за симулацију вештачког живота у извршни облик програма за покретање стварних робота;
- Овакав вид трансфера програма подразумева *испитивање дуалности еволуције морфологије* организма и нервног 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;

: *Вештачка интелигенција у оквиру напредних роботских система :*

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 ове две области: *вештачки живот (Artificial Life) и вештачка интелигенција (Artificial Intelligence)*.
- Истраживања у некада Лабораторији за вештачке инсекте (*Artificial Insect Laboratory*), а потом *Computer Science and Artificial Intelligence Laboratory – CSAIL*, на MIT-у (*Massachusetts Institute of Technology*), под руководством **Prof. Rodney Brooks-a**, указују на *могућности коришћења техника за симулацију вештачког живота* при развијању програма за управљање физички оличених мобилних хуманоидних робота;
- Кључне идеје су тим истраживањем проверене, на значајном скупу интелигентних робота, све до данас (види о роботу Cog, MIT link: www.ai.mit.edu/projects/humanoid-robotics-group/cog/cog.html).

: *Вештачка интелигенција у оквиру напредних роботских система* :



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

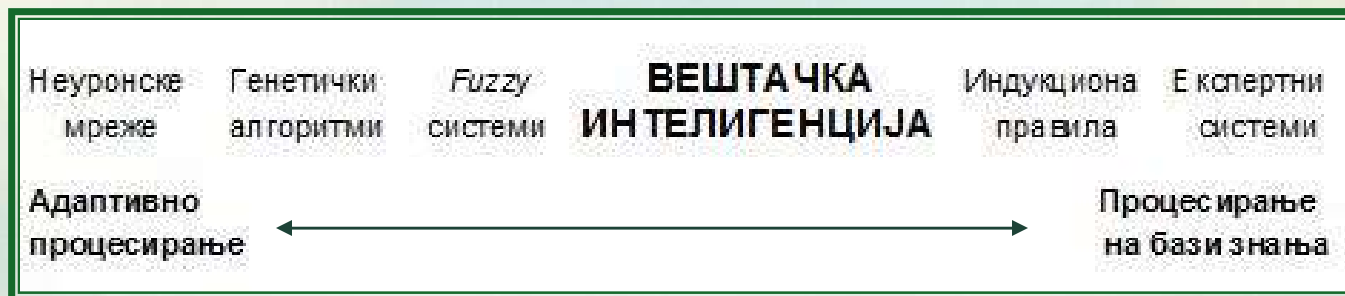
Кључне идеје

Кључне идеје које су проверене тим истраживањима:

- За изградњу робота, оријентисаних на интелигентно понашање, и то у непознатом окружењу, користе се *технике генетског програмирања* (некада у LISP-у);
- Сви ови работи захтевају елементе *адаптације у реалном времену*;
- *Еволуција и адаптација* у реалном времену су две потпуно *одвојене ставке у развоју*;
- *Еволуција управљачке структуре* треба да *тече паралелно са еволуцијом морфологије робота* (пројектни задатак у оквиру ИТС-а!);
- *Регуларност морфолошке структуре* (нпр. симетрија или понављајући облик структуре) би требало да се *огледа у регуларности управљачке структуре* (пројектни задатак у оквиру ИТС-а!);
- Потребно је да се обрати посебна пажња при пројектовању језика за управљање да би се *оптимизирало претраживање по дубини и ширини дрвета* (одлучивања) корисничког програма;
- Постоје *реалне методолошке опасности при коришћењу симулације* као средства за тестирање.

**: Вештачка интелигенција у оквиру
напредних роботских система :**

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 работи, 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 у оквиру напредних роботских система :

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 аналогије;
- 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 у оквиру
напредних роботских система :*

Класификација стратегија машинског учења

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

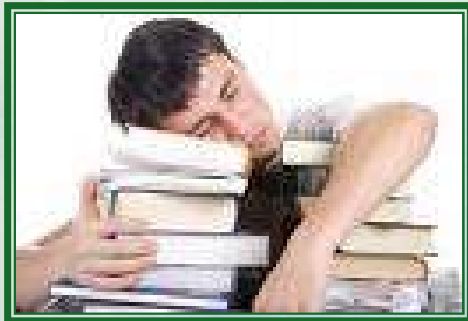
рутинско учење,

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 у оквиру
напредних роботских система :**

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 у оквиру напредних роботских система :

Општи модел учења

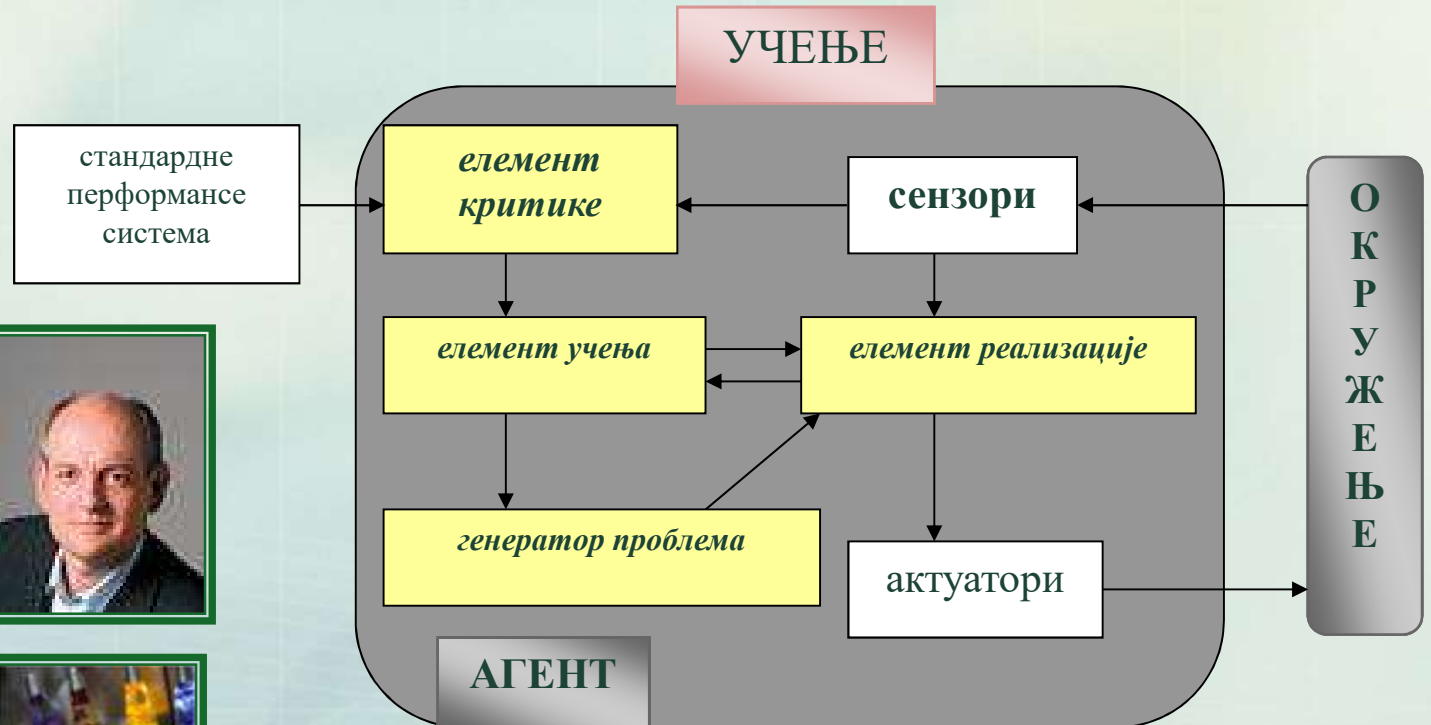
S.J.Russell,
(Professor,
University of
California –
Berkley)



P.Norvig
(Google's
Director of
Research)



: Вештачка интелигенција у оквиру
напредних роботских система :



Artificial Intelligence – A Modern Approach,
Prentice Hall, 1996 (2nd edition 2002)

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 (пројектни задатак у оквиру ИТС-а!);
- *Елемент учења* формулише циљеве, као што су *учење оптималне путање кретања, учење мапе окружења, учење о томе како заобићи препреку и како избећи колизију* (пројектни задатак у оквиру ИТС-а!);
- *Елемент критике* обезбеђује повратне информације користивши сензоре, и формулише правила која треба да укажу на погрешну акцију робота (нпр. супротан правац кретања робота), (пројектни задатак у оквиру ИТС-а!);
- *Генератор проблема* се активира са предлогом: *промени руту кретања и прати ивицу зида* и види да ли је та трајекторија кретања ефикаснија.

: *Вештачка интелигенција у оквиру напредних роботских система* :

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 $\langle T, I, R, B \rangle$

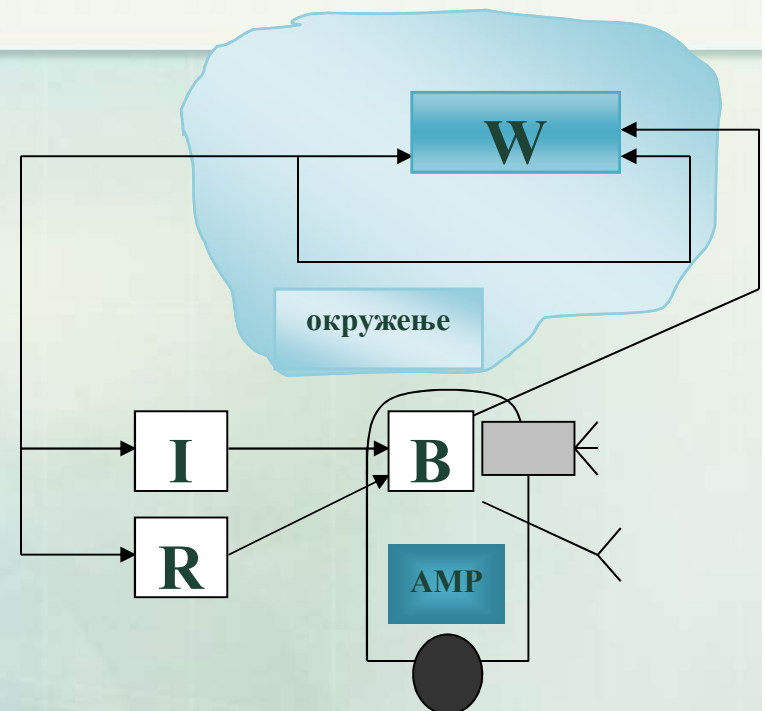
T скуп могућих улаза од окружења ка АМР,

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 у оквиру
напредних роботских система :*



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 се одредити, јер су успостављене детерминисане релације између њих

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

- у току учења, не могу се одредити коректна излазна стања
- морају да се спознају 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 у оквиру
напредних роботских система :***