

Универзитет у Београду – Машински факултет

Дипломске академске студије; Модул: ДУМ; шк. год.2008/2009

2.3.5: Методе одлучивања



АТ-1: Увод у теорију одлучивања

Проф. др Зоран Миљковић

кабинет 531

е-пошта: zmiljkovic@mas.bg.ac.rs

Класична дефиниција процеса одлучивања

- ♦ Процес одлучивања представља тражење вероватноће за свако од могућих решења изучаваног проблема, са крајњим циљем одређивања једног и само једног решења са вероватноћом $p=1$ тако да све остале опције имају вероватноћу једнаку нули.
- ♦ Успостављена 1944. године →

John Von Neumann и *Oskar Morgenstern*



Теорија одлучивања

=

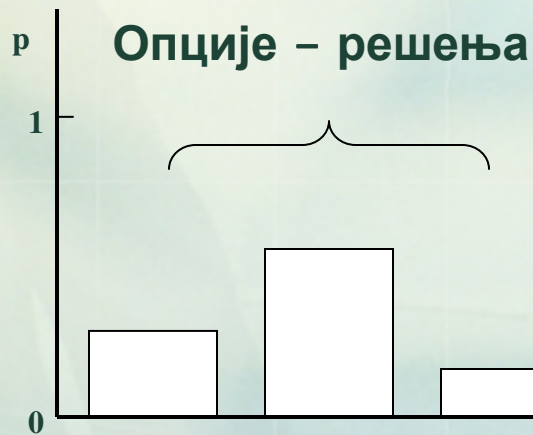
Теорија вероватноће

+

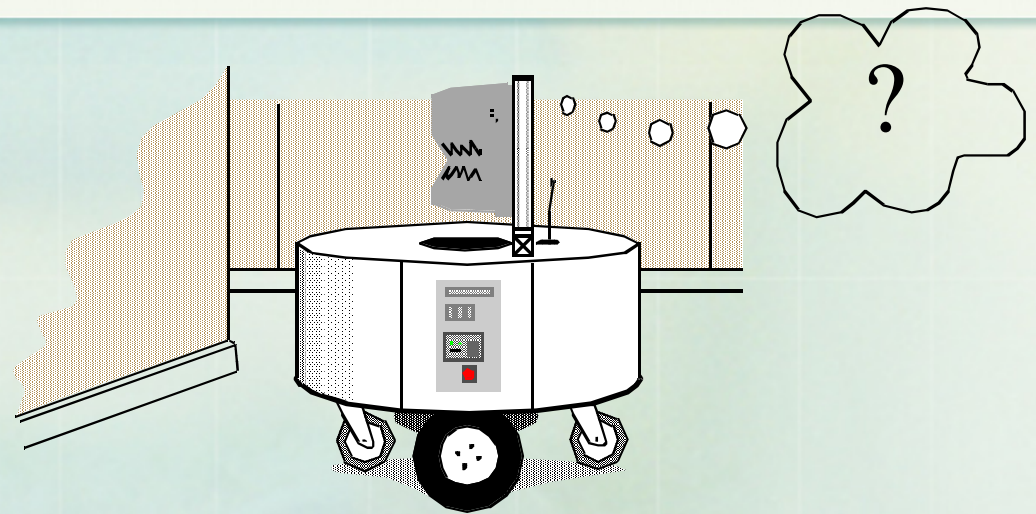
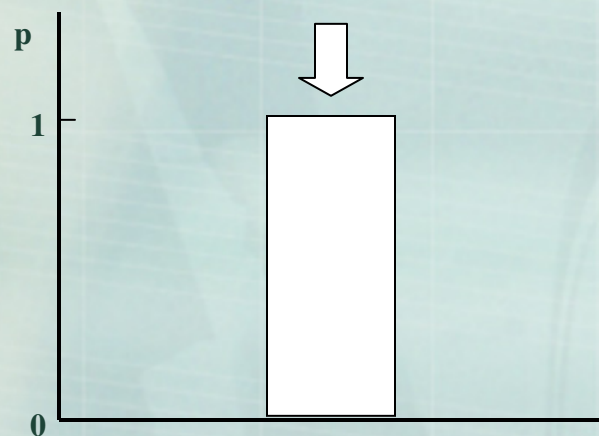
Теорија корисности

Neumann, J., Morgenstern, O.: *Theory of Games and Economic Behavior*, Princeton University Press, 2007.

Класична дефиниција процеса одлучивања



... „Доношење одлуке”

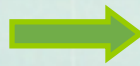


- ♦ Одлучивање је процес промишљања и разумевања проблема, уз пресуђивање које је и коначни исход процеса;
- ♦ Процес пројектовања обавезно укључује доношење одлука на основу детерминисаних циљева (функционалних захтева) и услова у којима пројектно решење егзистира (ограничења).

Значај процеса одлучивања

Значај одлучивања

- ♦ Предикција стања пројектних решења;
- ♦ Селекција пројектних решења;
- ♦ Тражење оптималног решења;
- ♦ Утврђивање ризика.



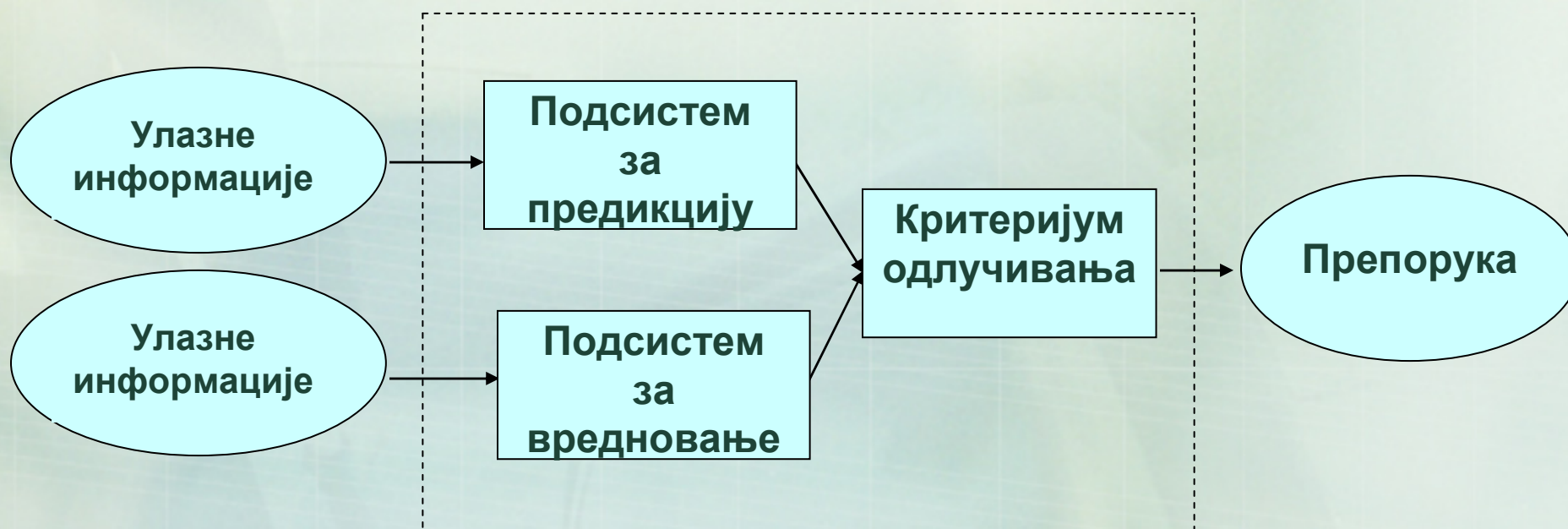
Методe одлучивања

- ♦ Статистичке (препознавање узорака);
- ♦ Технике вештачке интелигенције.

Теорија одлучивања примењује фундаменталну идеју по којој је агент (пројектант, *робот*, софтвер, итд.) интелигентан и рационалан, *ако и само ако* врши избор акција које обезбеђују највећу очекивану сврсисходност (корисност).

Природа процеса одлучивања

Блок дијаграм процеса одлучивања

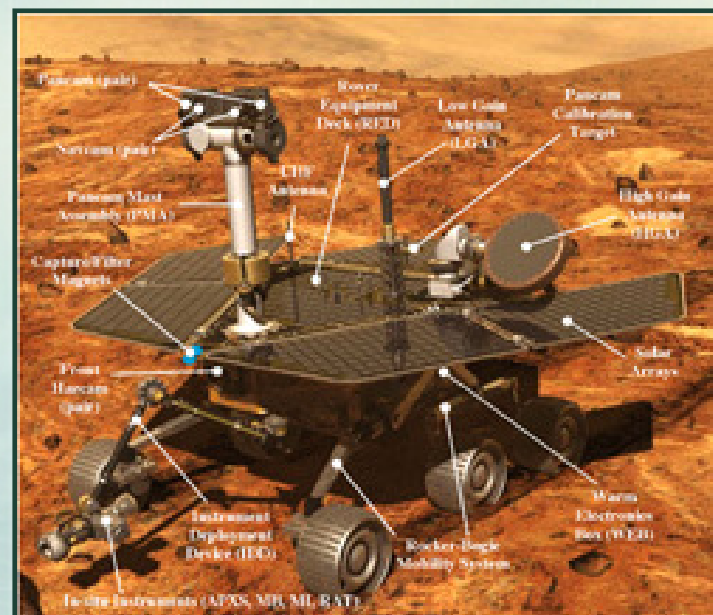


Процес одлучивања – пример:

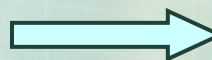
Стационарни индустријски робот
нпр. „Гошко” (ЗМА)



Мобилни робот нпр.
„Sojourner” (NASA)



Где сам?
Где сам био?
Где идем? Где ми је циљ?
Како да дођем до циља?



Процес одлучивања

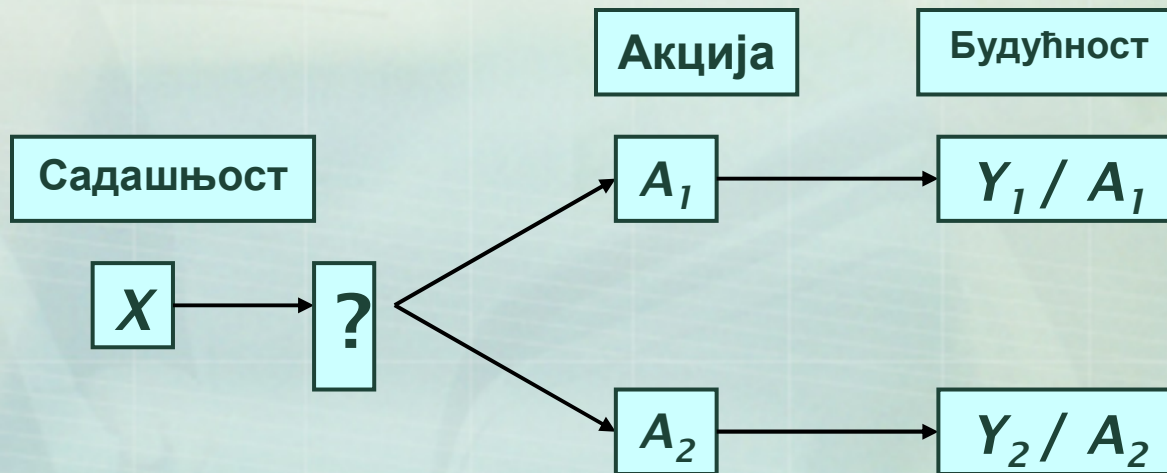
Подсистем за предикцију – стриктни ланац догађаја

X = ситуација у реалном окружењу у тренутку одлуке

Y_i = i -та могућа ситуација (догађај) у окружењу (у будућности) за коју је одлука донета

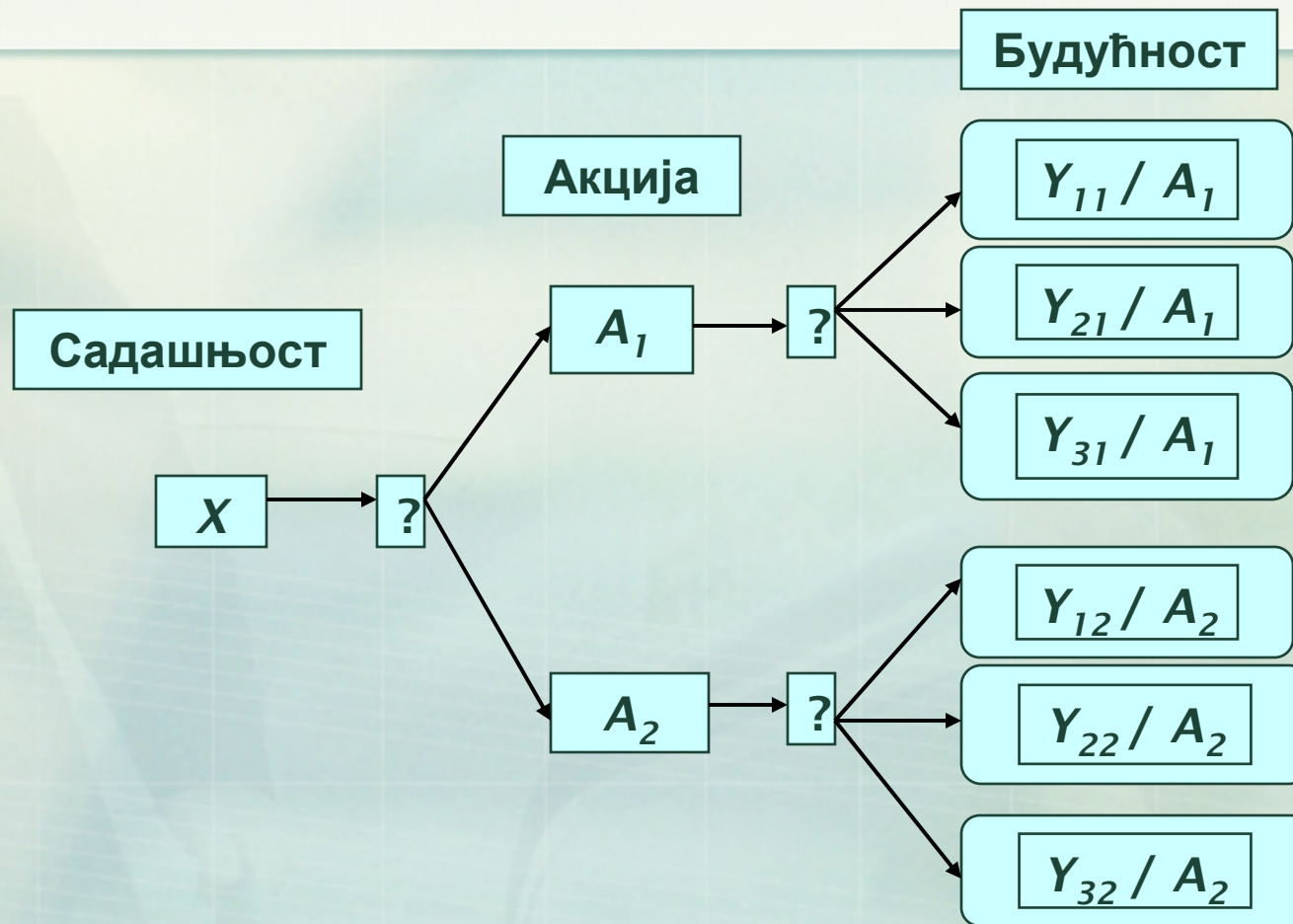
A_j = j -ти правац акције (деловања)

Y_i / A_j = i -ти могући излаз (опција–решење) ако је предузета акција A_j



Блок дијаграм подсистема за предикцију –
стриктни ланац догађаја

Подсистем за предикцију – пробабилистички ланац догађаја



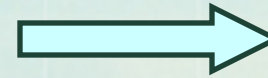
Блок дијаграм подсистема за предикцију –
пробабилистички ланац догађаја

Класификација процеса одлучивања

1. **Одлучивање под тачно одређеним условима – без ризика.**
Примењује се подсистем за предикцију са стриктним ланцем догађаја;
2. **Одлучивање с ризиком – вероватноћа остваривања позната.**
Примењује се подсистем за предикцију са пробабилистичким ланцем догађаја;
3. **Одлучивање с ризиком – вероватноћа остваривања непозната.** Оствариво је ако се примењује подсистем за предикцију са емпиријским ланцем догађаја (примена техника вештачке интелигенције – *исход предметног задатка*).

Одлучивање с ризиком – матрица одлучивања

	p_1	p_2	p_3	p_4	p_5	p_6	p_7	p_8
	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	A_6	A_7	Y_8
Y_1	O_{11}	O_{12}	O_{13}	O_{14}	O_{15}	O_{16}	O_{17}	O_{18}
Y_2	O_{21}	O_{22}	O_{23}	O_{24}	O_{25}	O_{26}	O_{27}	O_{28}
Y_3	O_{31}	O_{32}	O_{33}	O_{34}	O_{35}	O_{36}	O_{37}	O_{38}
Y_4	O_{41}	O_{42}	O_{43}	O_{44}	O_{45}	O_{46}	O_{47}	O_{48}
Y_5	O_{51}	O_{52}	O_{53}	O_{54}	O_{55}	O_{56}	O_{57}	O_{58}
Y_6	O_{61}	O_{62}	O_{63}	O_{64}	O_{65}	O_{66}	O_{67}	O_{68}
Y_7	O_{71}	O_{72}	O_{73}	O_{74}	O_{75}	O_{76}	O_{77}	O_{78}

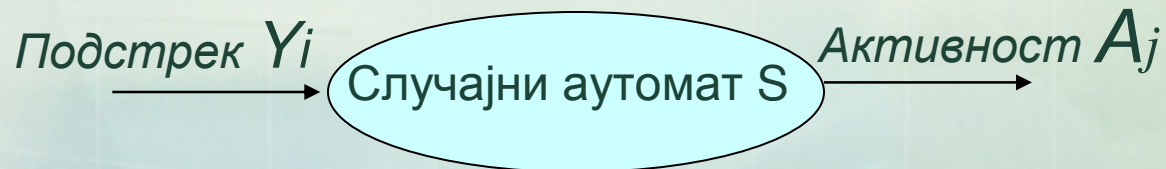


$$\sum p_i = 1$$

- Формализује се увођењем *матрице одлучивања*, која поред активности- A_j обухвата и утицај догађаја у окружењу- Y_i у коме селектовано пројектно решење треба да егзистира.
- Матрица одлучивања одређује све комбинације-понашања (O_{ij}), тј. акције у датом (познатом или непознатом) окружењу, са познатом вероватноћом p_j остваривања-реализације догађаја (за непознату мора да се уведе машинско учење - *пројектни задатак*).

Матрица одлучивања – појашњења

- ♦ Елементи M -матрице O_{ij} карактеришу вероватноћу датог аутомата S да у одређеном стању z одговори реакцијом A_j на подстрек Y_i .
- ♦ Ако је скуп Y_1, Y_2, \dots, Y_i потпуни скуп свих могућих реакција и ако на улазни подстрек аутомат увек одговара неком излазном реакцијом, тада је сума вероватноћа свих реакција на сваки подстрек једнака јединици.



- ♦ Сваком од N могућих стања z_N аутомата S одговара одређена матрица $M(z)$, која одређује његово понашање.
- ♦ Сваки одређени акт понашања аутомата S одређује се паром (Y_i, A_j) , тј. j -том реакцијом на i -ти подстрек, и сваком таквом пару може се доделити одговарајућа оцена a_{ij} (подсистем за вредновање), која карактерише ефикасност понашања аутомата.
- ♦ Дакле, обучавање аутомата \Rightarrow прелаз у таква стања, у којима се вероватноће добијања високих оцена повећавају (критеријум одлучивања).

Обучавање случајних аутомата – тотални детерминизам

- ♦ Случајни аутомати се могу обучити за интелигентно понашање, ако их „бодри” или „кажњава” учитељ (пројектант) или средина (окружење);

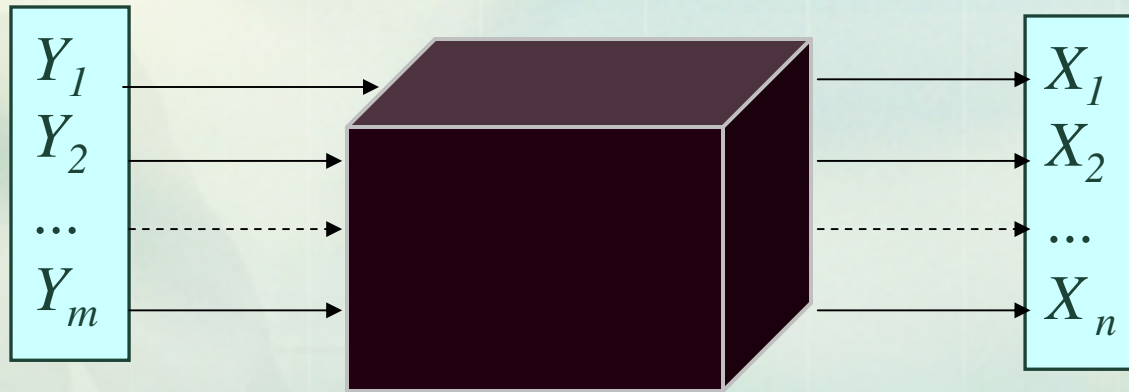
- ♦ Ефикасност обучавања аутомата S може се повисити, ако се између етапе обучавања на примерима и етапе испита предвиди етапа *тренирања* (вештачке неуронске мреже-пројектни задатак).

- ♦ У првим етапама обучавања аутомат *учи да решава једноставне задатке*, а затим се изводи обучавање за решавање сложенијих задатака;

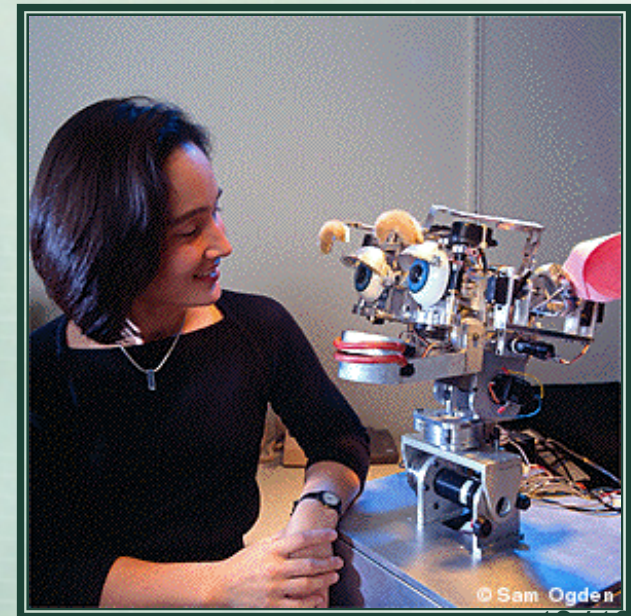
- ♦ Оваква тактика обучавања аутомата за доношење одлука дефинисана је *тоталним детерминизмом* - потпуна аналогија са процесом обучавања код људи.



Модел црне кутије – “Black Box”



- ♦ Спољњем посматрачу *доступне* су само *улазне* и *излазне* величине;
- ♦ Закључке о понашању система могуће је извести посматрајући промене излазних величина настале услед промене улазних;
- ♦ Примена: Анализа система који су сувише сложени да би било могуће извести закључке на основу понашања подсистема и структура веза међу њима.



© Sam Ogden

13/19

Модел црне кутије – „Black Box”

- ♦ Дакле, **црна кутија** је било који објекат о коме доносимо одлуке на основу проучавања његових спољњих својстава, не прибегавајући истраживању његове структуре и особина најситнијих елемената од којих је састављен дати објекат.

- ♦ **Компоненте** црне кутије:

1. Извори знања

2. Сопствена структура података

3. Управљачки механизам

- ♦ **Компоненте су структурисане у одвојене и независне модуле** који извршавају трансформацију знања у простор селекције решења унутар црне кутије, коришћењем детерминистичких алгоритама и/или хеуристике;
- ♦ **Резоновање о проблему** настаје када је корисно применити **део знања** или **процедуре** при доношењу одлука;
- ♦ **Агент** (извор знања) **мора да зна** под којим условима може да модификује информације у црној кутији.

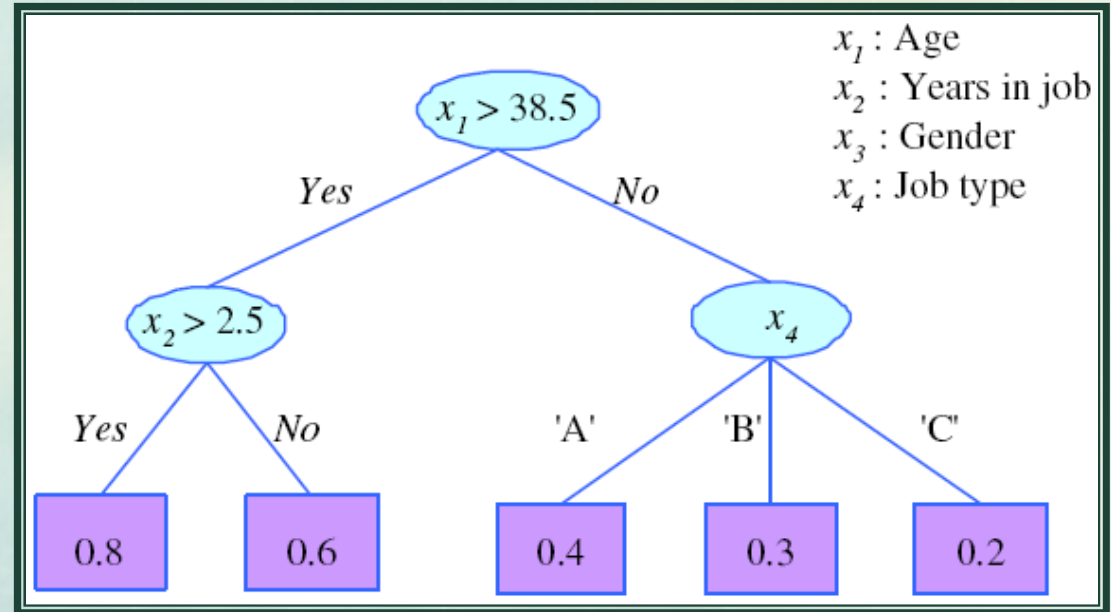
Структура „црне кутије” у интелигентном систему



- Модел црне кутије зависи од тога како је посматрани проблем успостављен и да ли су *извори знања* расположиви и адекватни.

„Дрво одлучивања” – издвајање правила учења

- ♦ „Дрво одлучивања” - хијерархијска структура података са имплементираним стратегијом за доношење одлука по принципу „раздвоји-и-изабери”;
- ♦ Ефикасан непараметарски метод...
- ♦ Овај хијерархијски модел за супервизорско машинско учење чине елементи који учествују у доношењу одлука на основу имплементирања тест-функције $f_m(x)$ са дискретним излазним вредностима.



R1: IF (age > 38.5) AND (years-in-job > 2.5) THEN $y = 0.8$
R2: IF (age > 38.5) AND (years-in-job ≤ 2.5) THEN $y = 0.6$
R3: IF (age ≤ 38.5) AND (job-type = 'A') THEN $y = 0.4$
R4: IF (age ≤ 38.5) AND (job-type = 'B') THEN $y = 0.3$
R5: IF (age ≤ 38.5) AND (job-type = 'C') THEN $y = 0.2$

„Дрво одлучивања” – хијерархијска структура

1. Интерни чворови одлучивања („овални”) могу да буду:

1.1 Униформни: Користе један атрибут, x_i

- Нумерички x_i : Бинарно раздвајање: $f_m(\mathbf{x}): x_i > w_{m0}$ (нпр. $x_1 > w_{10}$; $x_2 > w_{20}$ – види слику!)
- Дискретни x_i : n -могућности раздвајања за n могућих вредности (нпр. боја – види слику!)

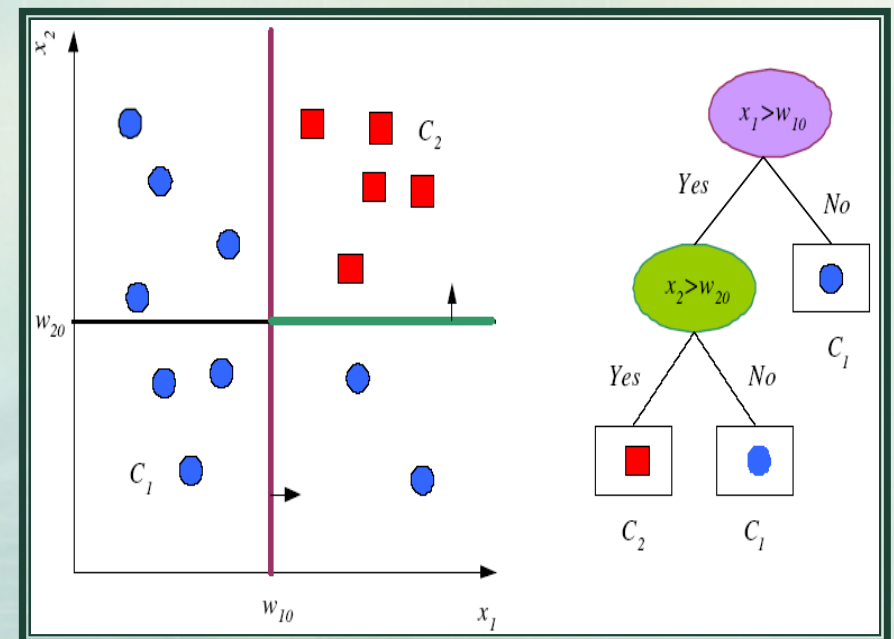
1.2 Мултиваријантни: Користе све атрибуте, \mathbf{x}

2. Терминали-излазни чворови („правоугаони”) врше:

- Класификацију или
- Регресију: Нумеричку; r усредњавање (средња квадратна разлика).

$$E_m = \frac{1}{N_m} \sum_t (r^t - g_m)^2 b_m(\mathbf{x}^t) \quad g_m = \frac{\sum_t b_m(\mathbf{x}^t) r^t}{\sum_t b_m(\mathbf{x}^t)}$$

$$b_m(\mathbf{x}) = \begin{cases} 1 & \text{ако } \mathbf{x} \in \mathcal{X}_m : \mathbf{x} \text{ иде до чвора } m \\ 0 & \text{остало} \end{cases}$$



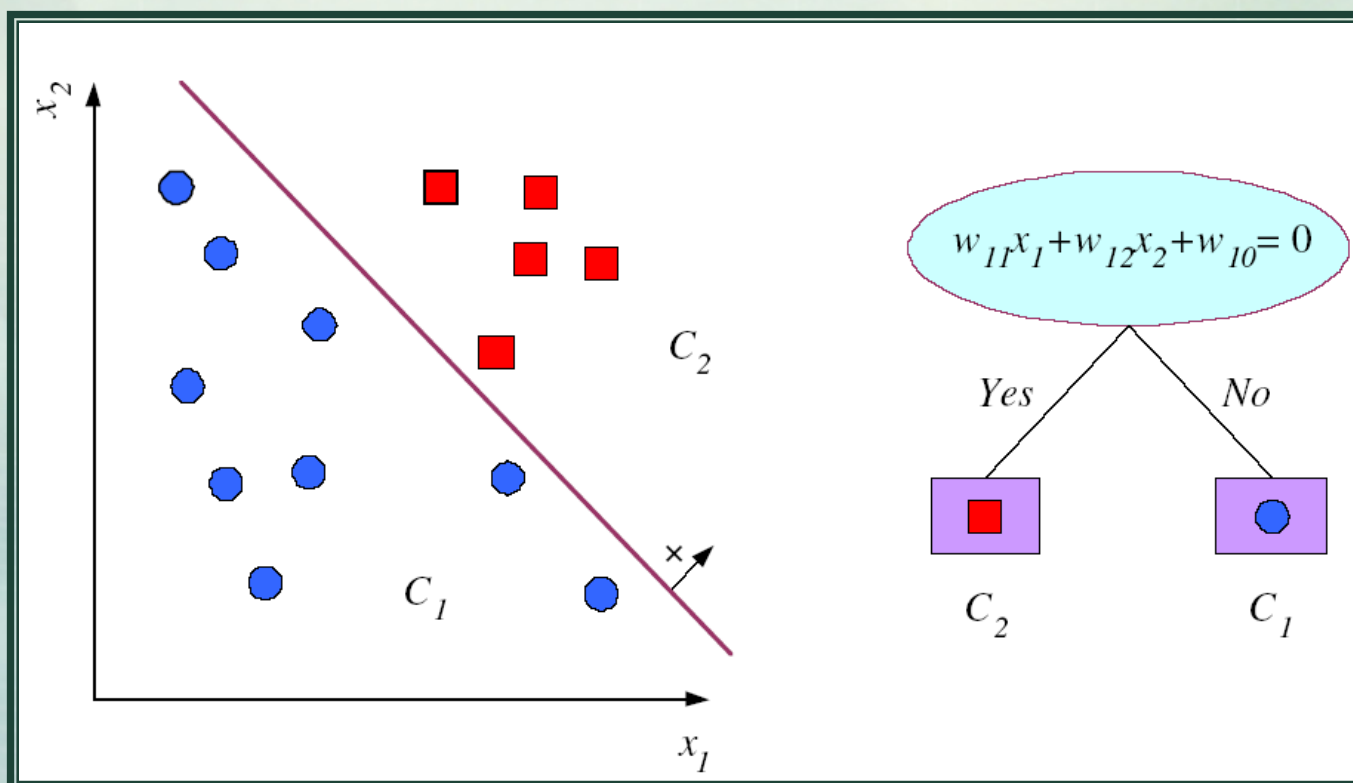
IF $(x \leq w_{10})$ OR $((x_1 > w_{10})$ AND $(x_2 \leq w_{20}))$ THEN C_1

Класа C_1 (плави кругови-слика горе) може да се селектира преко издвојеног правила, коришћењем дрвета одлучивања.

Пример линеарног мултиваријантног „дрвета одлучивања” – раздвајање класа

- ♦ Раздвајање класа се врши помоћу хиперравни са произвољном оријентацијом која је дефинисана једначином :

$$f_m(x) : w_m^T x + w_{m0} > 0$$



Хвала вам на пажњи!

Методе одлучивања: АТ-1

Питања?