# Aproximácia funkcie ohodnotení v algoritmoch Q-learning

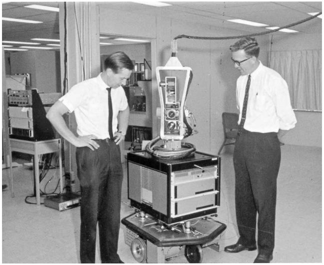
Michal CHOVANEC
Fakulta riadenia a informatiky

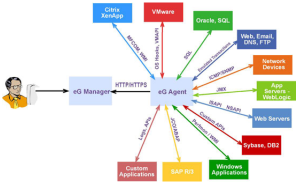
*Marec 2016*

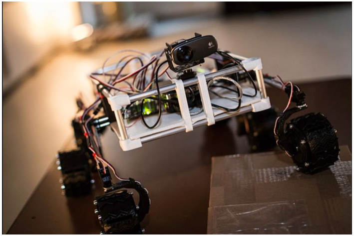
# Obsah


- Úvod
  - Agentové systémy
  - Adaptívne a učiace sa systémy
- Q-learning algoritmus
- Možnosti aproximácie
- výsledky

# Agentové systémy

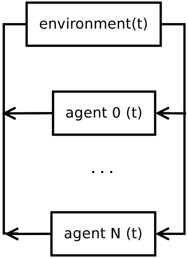


# Agentové systémy

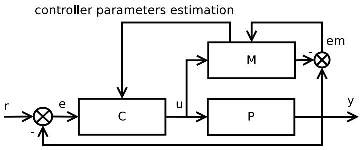
Racionálny agent :

- Schopný vnímať prostredie
- Robiť rozhodutia
- Pre každú možnú postupnosť vstupov vyberá akciu maximalizujúcu očakavaný výkon

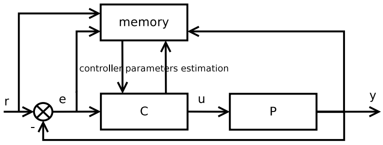


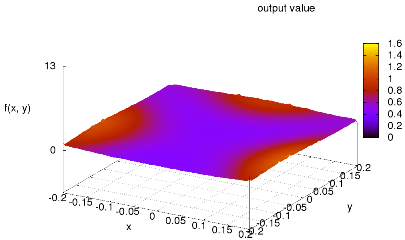

Obr. : Multiagentný systém

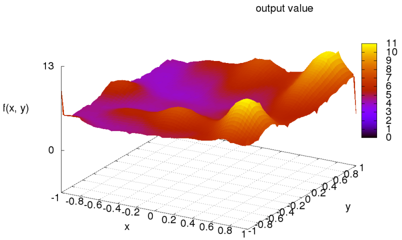
## Adaptívny systém




## Učiaci sa systém



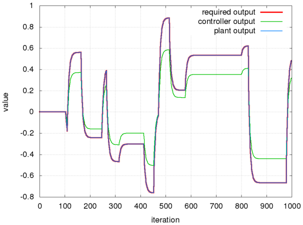



## Adaptívny systém

PID regulátor

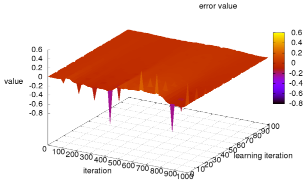
$$C(z) = \frac{b_0 + b_1 z^{-1} + b_2 z^{-2}}{1 - z^{-1}}$$




## Učiaci sa systém

Iterative learning controll

$$C(w) = \frac{\gamma}{1 - w^{-1}}$$



# Q-learning algoritmus

Daná je monožina stavov a akcií

$$s \in \mathbb{S}$$
$$a \in \mathbb{A}$$

kde $\mathbb{S} \in \mathbb{R}^{N_s}$ a $\mathbb{A} \in \mathbb{R}^{N_a}$ .
Predpoklad : v prostedí existuje funkcia

$$s(n+1) = \lambda(s(n), a(n)) \tag{1}$$

prechodová funkcia zo stavu $s(n)$ použitím akcie $a(n)$ - táto funkcia je ale agentovi neznáma.
Cieľom je nájsť takú postupnosť akcií $a \in \mathbb{A}$ pre ktorú bude maximálne

$$y = \prod_{i=1} Q_i(s_i, a_i) \tag{2}$$

# Q-learning algoritmus

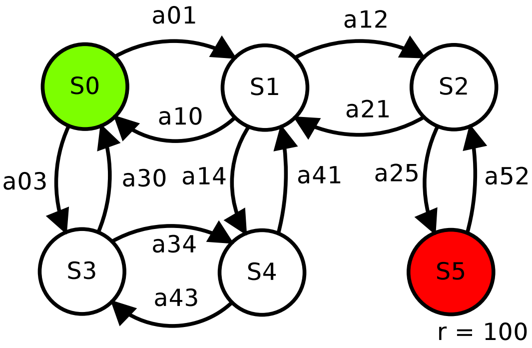
Daná je funkcia ohodnotení

$$Q(s,a) = R(s,a) + \gamma \max_{a' \in \mathbb{A}} Q'(s',a') \tag{3}$$

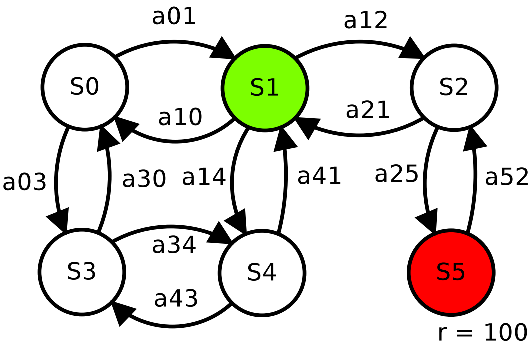
kde
$R(s,a)$ je odmeňovacia funkcia,
$Q'(s',a')$ je odmeňovacia funkcia z ktorej sa agent dostal zo stavu "$s'$" vykonaním "$a$" do stavu "$s$",
$\gamma$ je odmeňovacia konštanta a platí $\gamma \in (0,1)$.

# Q-learning algoritmus

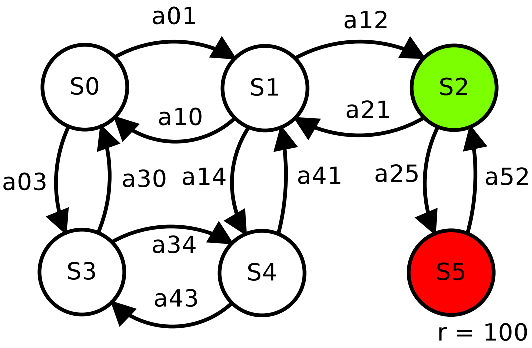
TODO



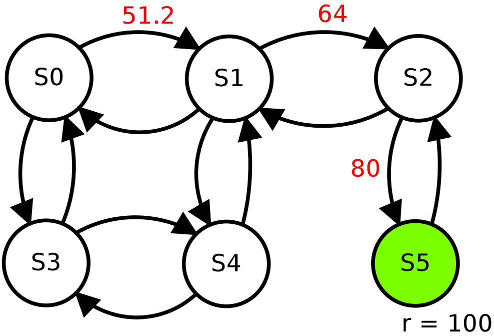
# Q-learning algoritmus



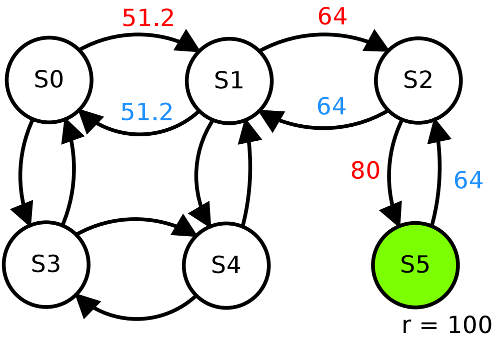
# Q-learning algoritmus



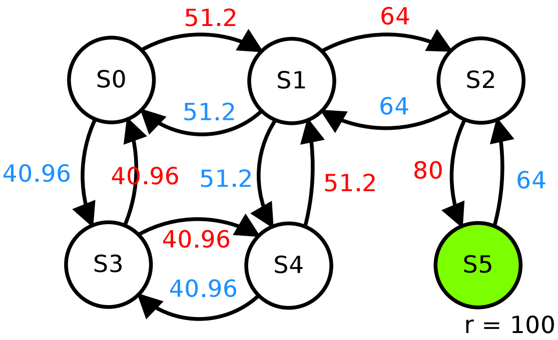
# Q-learning algoritmus



# Q-learning algoritmus



# Q-learning algoritmus



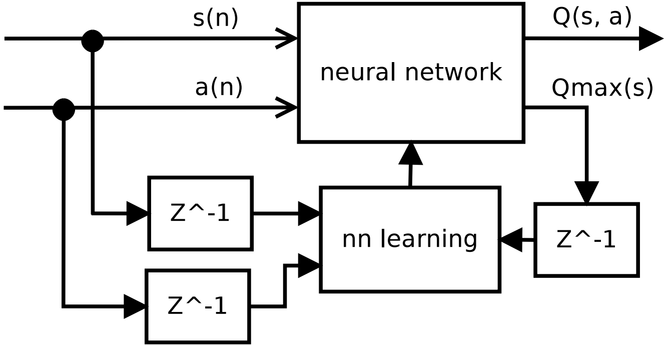
# Q-learning algoritmus

Problémy tabuľkovej interpretácie $Q(s, a)$

- pre veľké $N_s$ $alebo N_a$ narastajú pamäťové nároky
- o nevyplnených $Q(s, a)$ vieme povedať nič
- pre rozsiahle stavové priestory nevypočítateľné
- ako aproximovať $Q(s, a)$?

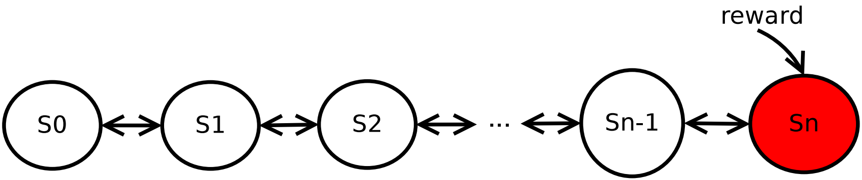
# Q-learning algoritmus - aproximácia

Neurónová sieť? Utopická predstava :




prečo nedáva správne výsledky?

# Q-learning algoritmus - aproximácia




Pre korektné vyplnenie hodnôt v $s_{n-1}$ sa vyžaduje korektá hodnota v $s_n$

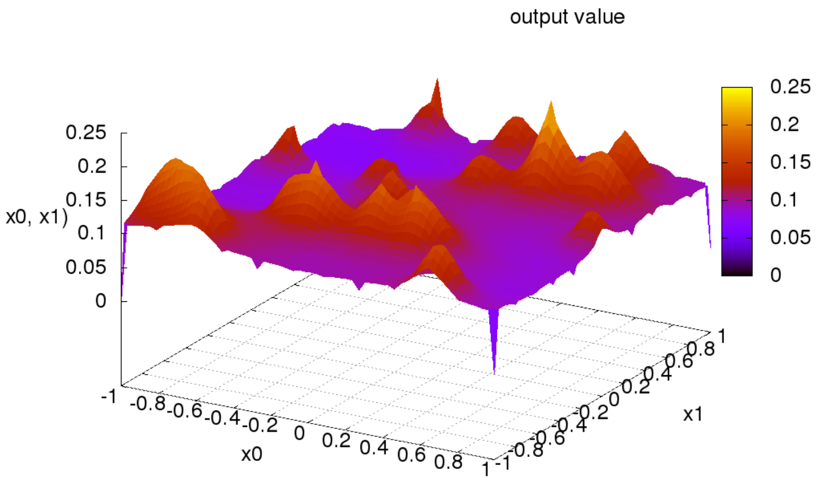
$$\begin{aligned} Q(s_0, a_0) &= R(s_0, a_0) + \gamma \max_{a'_1 \in \mathbb{A}} Q'(s_1, a'_1) \\ Q(s_1, a_1) &= R(s_1, a_1) + \gamma \max_{a'_2 \in \mathbb{A}} Q'(s_2, a'_2) \\ Q(s_2, a_2) &= R(s_2, a_2) + \gamma \max_{a'_3 \in \mathbb{A}} Q'(s_3, a'_3) \\ &\dots \end{aligned} \tag{4}$$

# Q-learning algoritmus - aproximácia

Učenie doprednej siete nie je homogénne!
- v priebehu učenia $Q(s, a)$ chaoticky osciluje okolo požadovanje hodnoty
- ani po 10-tkach milónoch iterácií sa hodnota neustáli na požadovanej hodnote

# Q-learning algoritmus - aproximácia

Je možné zostaviť neurónovú sieť ktorá sa dá učiť lokálne?



# Q-learning algoritmus - aproximácia

Rozklad na bázické funkcie

$$f_j(X) = e^{\sum_{i=1}^{N_s} -b_{ji}(x_i - a_{ji})^2} \tag{5}$$

pre symetrické prechody medzi stavmi možno zjednodušiť na

$$f_j(X) = e^{-b_j \sum_{i=1}^{N_s} (x_i - a_{ji})^2} \tag{6}$$

A ich kombinácia

$$y(X) = \sum_{j=1}^{N} w_j f_j(X) + \sum_{j=1}^{N} \sum_{i=1}^{j} v_{ji} f_j(X) f_i(X) \tag{7}$$

# Q-learning algoritmus - aproximácia

Stavenie parametrov :

- bázicke funkcie musia rovnomerne pokryť stavový priestor
- parameter $a_{ji}$ reprezentuje posunutie Gaussovej krivky - bod s najväčou funkčnou hodnotou.
- parameter $b_j$ reprezentuje strmosť krivky

# Q-learning algoritmus - aproximácia

Paramatre $a_{ji}$ - pokrytie stavového priestoru do oblastí podľa veľkosti $R(s, a)$ Využije sa princíp Kohnenovej siete - najbližšie vzory $a_j$ sa posunú podľa vstupných vektorov tak aby vrchol Gaussovej krivky ležal v ťazisku.

- na začiatku sa zvolia $a_{ji}$ náhodne
- spočítajú sa vzdialenosti od predloženého vstupu $d_j = \mid X - a_j \mid$
- nájde sa také $k$ kde $\forall j : d_k \leq d_j$
- spočíta sa krok učenia $\eta' = \eta_1 \mid y_r \mid$
- upravia sa parametre $a_{ki} = (1 - \eta')a_{ki} + \eta' x_i$

kde
$X$ je vstupný vektor
$y_r$ je požadovaný výstup
$\eta_1$ je krok učenia

# Q-learning algoritmus - aproximácia

Paramatre $b_j$ - určuje strmosť krivky

- stanoví sa chyba $e(n) = y_r(n) - y(n)$
- pre každdú bázickú funkciu $b_j(n+1) = b_j(n) - \eta_2 e(n) w_j(n)$
- skontroluje sa $b_j \in (0, -\infty)$

kde
$y_r$ je požadovaný výstup
$y$ je výstup
$\eta_2$ je krok učenia

# Q-learning algoritmus - aproximácia

Paramatre $w_j$ - váhové parametre

- stanoví sa chyba $e(n) = y_r(n) - y(n)$
- pre každé $w_j$ : $w_j(n+1) = w_j(n) - \eta_3 e(n) b_j(n)$
- skontroluje sa $w_j \in (-a, a)$

kde
$\eta_3$ je krok učenia
$a$ je maximálny rozsah váh

# Ďakujem za pozornosť

michal.chovanec@yandex.ru