

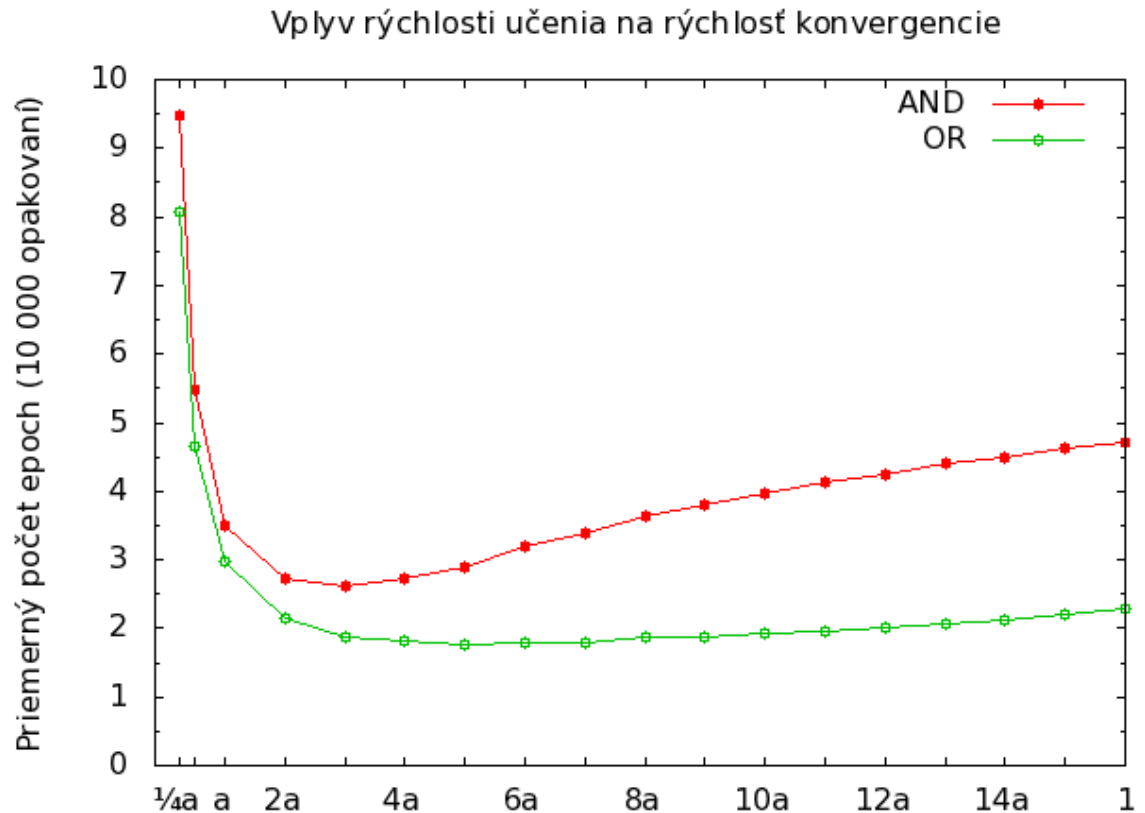
Časť A. Implementácia logických funkcií AND a OR pomocou binárneho perceptrónu

a) Vplyv rýchlosti učenia na rýchlosť konvergenencie

Simulácia na 10 000 opakovaniach tréningového procesu ukázala, že optimálna hodnota rýchlosti učenia – parametra α – je pre funkciu AND v intervale $\langle 0,125; 0,25 \rangle$ a pre funkciu OR v intervale $\langle 0,25; 0,375 \rangle$. Minimum pre AND je $\alpha = 0,1875$ (priemerne 2,62 epoch), minimum pre OR je $\alpha = 0,3125$ (priemerne 1,75 epoch). Graf 1 ukazuje, že funkcia OR sa dá naučiť rýchlejšie ako funkcia AND. Pri každom opakovaní boli váhy generované rovnomerne náhodne z intervalu $\langle 0; 1 \rangle$.

α	AND	OR
0,0156	9,4859	8,0643
0,0625	3,4904	2,9706
0,1250	2,7157	2,1419
0,1875	2,6177	1,8787
0,2500	2,7163	1,8060
0,3125	2,8943	1,7534
0,3750	3,1870	1,7780
0,5000	3,6354	1,8604
0,7500	4,2458	2,0116
1,0000	4,6984	2,2842

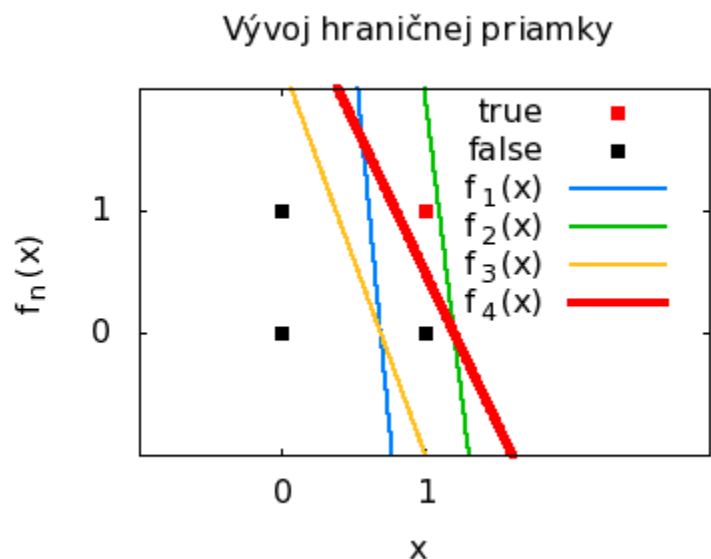
Tabuľka 1. Vybrané hodnoty zo simulácie. Stĺpec α označuje rýchlosť učenia, stĺpce **AND** a **OR** priemer z 10 000 opakovaní tréningovania perceptrónu na zodpovedajúce logické funkcie.



Graf 1. Funkcia OR sa dá naučiť rýchlejšie ako funkcia AND. Zároveň v prípade funkcie OR vyššie hodnoty α príliš nezvyšujú počet epoch potrebných na natréningovanie perceptrónu.

b) Simulácia tréningovania siete

Tabuľka 2 zobrazuje správanie perceptrónu počas tréningovania funkcie AND. Obrázok 2 zobrazuje vývoj hraničnej priamky počas tréningovania po jednotlivých epochách (číslo n v názve funkcie $f_n(x)$ označuje po ktorej epoche je priamka vykreslená).



Tabuľka 2. Simulácia tréningu funkcie AND ($\alpha = 0,0625$)

epocha	vstupy				váhy			y	e	odozva		
	x1	x2	x3	d	w1	w2	w3 = θ			$\Delta w1$	$\Delta w2$	$\Delta w3$
inicializácia					0,330374	0,021427	0,123478					
1	0	1	-1	0	0,330374	0,021427	0,123478	0	0	0	0	0
	1	1	-1	1	0,330374	0,021427	0,123478	1	0	0	0	0
	1	0	-1	0	0,330374	0,021427	0,123478	1	0,5	-0,0625	0	0,0625
	0	0	-1	0	0,267874	0,021427	0,185978	0	0	0	0	0
po 1. epoche					0,267874	0,021427	0,185978		0,5			
2	0	1	-1	0	0,267874	0,021427	0,185978	0	0	0	0	0
	0	0	-1	0	0,267874	0,021427	0,185978	0	0	0	0	0
	1	1	-1	1	0,267874	0,021427	0,185978	1	0	0	0	0
	1	0	-1	0	0,267874	0,021427	0,185978	1	0,5	-0,0625	0	0,0625
po 2. epoche					0,205374	0,021427	0,248478		0,5			
3	0	1	-1	0	0,205374	0,021427	0,248478	0	0	0	0	0
	1	0	-1	0	0,205374	0,021427	0,248478	0	0	0	0	0
	1	1	-1	1	0,205374	0,021427	0,248478	0	0,5	0,0625	0,0625	-0,0625
	0	0	-1	0	0,267874	0,083927	0,185978	0	0	0	0	0
po 3. epoche					0,267874	0,083927	0,185978		0,5			
4	1	0	-1	0	0,267874	0,083927	0,185978	1	0,5	-0,0625	0	0,0625
	1	1	-1	1	0,205374	0,083927	0,248478	1	0	0	0	0
	0	1	-1	0	0,205374	0,083927	0,248478	0	0	0	0	0
	0	0	-1	0	0,205374	0,083927	0,248478	0	0	0	0	0
po 4. epoche					0,205374	0,083927	0,248478		0,5			
5	1	0	-1	0	0,205374	0,083927	0,248478	0	0	0	0	0
	1	1	-1	1	0,205374	0,083927	0,248478	1	0	0	0	0
	0	1	-1	0	0,205374	0,083927	0,248478	0	0	0	0	0
	0	0	-1	0	0,205374	0,083927	0,248478	0	0	0	0	0
po 5. epoche					0,205374	0,083927	0,248478		0			

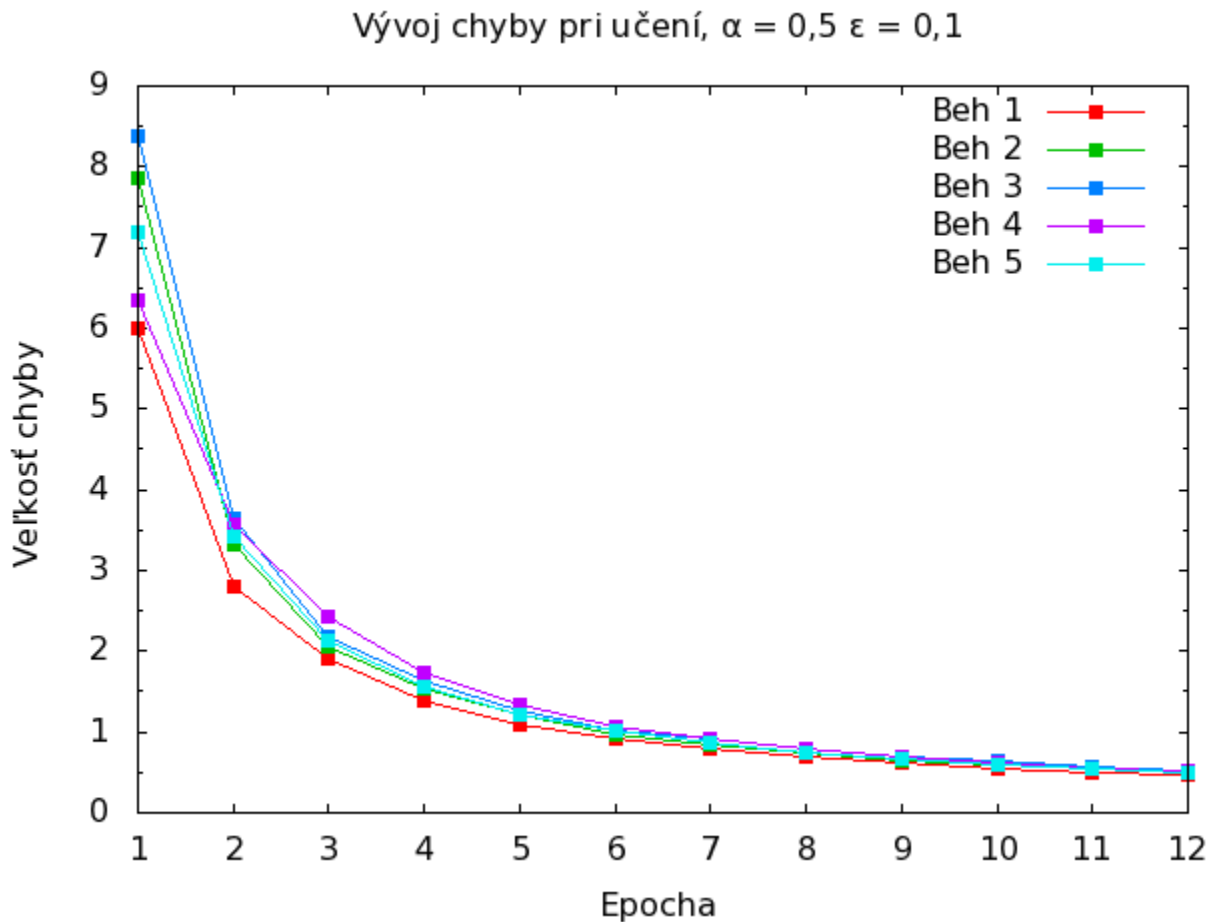
c) Použitie spojitého perceptrónu

Ak by sme na tréning použili spojitý perceptrón, výstup by nebol z množiny $\{0, 1\}$, ale z intervalu $<0; 1>$, preto by sme museli určiť hranicu, kedy je výsledné reálne číslo logická hodnota pravda a kedy je logická hodnota nepravda. Pri tréningu by sme nečakali, kým bude chyba po uplynutí nejakej epochy nulová, ale stanovili by sme dostatočne malú hranicu chyby, do ktorej by sme perceptron považovali za naučený.

Časť B. Separácia dvoch tried obrazcov spojitým perceptrónom

Simulácia ukázala, že spojitý perceptron sa dá použiť na separáciu dvoch tried obrazcov. Rýchlosť učenia bola stanovená na hodnotu $\alpha = 0,5$ a hranica veľkosti kumulovanej chyby, do ktorej sme považovali perceptron za naučený bola stanovená na $\epsilon = 0,1$. Priemerná doba konvergenzie piatich skúmaných behov bola 57,6 epoch. V grafe 3 je znázornený

vývoj kumulovanej chyby po skončení epochy každej z prvých dvanástich epoch. Po dvanástej epoche už bola v štyroch z piatich prípadov chyba pod hranicou 0,5 a ďalej sa už jednotlivé behy od seba významne nelíšili. Ak za úspešné zaradenie do triedy C1 považujeme výstupnú hodnotu z intervalu $<0,9; 1>$ a za zaradenie do C2 hodnotu z intervalu $<0; 0,1>$, tak perceptrón v troch prípadoch dosiahol 100% úspešnosť a v dvoch prípadoch 99% úspešnosť (v treťom behu nesprávne zaradil 51. obrazec z triedy C2 a v štvrtom behu nesprávne zaradil 71. obrazec z triedy C1). Vo všetkých behoch boli váhy inicializované rovnomerne náhodne z intervalu $<0; 1>$.



Graf 3. Vývoj kumulovanej chyby v prvých dvanástich epochách.