

Vyhodnocování stavů  
zaškrtávacích polí testů  
pomocí neuronových sítí

# Cíl práce

- Opravování zkušebních testů je náročná a opakující se činnost
- Zpracování lidmi je také velmi náchylné na opravy a drahé
- Vhodné nejen pro školství, ale i pro různé tištěné ankety nebo soutěžní lístky
- Během opravování není potřeba moc přemýšlet, co tedy zaměstnat počítač?



# Ukázka běžného testu k řešení

## Test z výrokové logiky

Študent:  
ID: 5530026

Které z následujících tvrzení lze ve výrokové logice odvodit z tvrzení:  
 $A \vdash (B \rightarrow C) \rightarrow (A \rightarrow C)$   
jen pomocí Věty o dedukci a pravidla Modus ponens?

- $\vdash (B \rightarrow C) \rightarrow (A \rightarrow C)$   
  $A \vdash (B \rightarrow C) \rightarrow C$   
  $A \vdash B \rightarrow C$   
  $A \vdash (B \rightarrow C) \rightarrow (C \rightarrow A)$   
  $\vdash A \rightarrow ((B \rightarrow C) \rightarrow C)$   
  $\vdash A \rightarrow (A \rightarrow C)$

Které z následujících formulí jsou instance axiomů výrokové logiky:

- $A \rightarrow A$   
  $W \rightarrow (W \rightarrow W)$   
  $(A \rightarrow (B \rightarrow (A \rightarrow C))) \rightarrow ((A \rightarrow (B \rightarrow C)) \rightarrow (A \rightarrow C))$   
  $(\neg B \rightarrow \neg A) \rightarrow (B \rightarrow (\neg B \rightarrow \neg A))$   
  $(\neg\neg C \rightarrow \neg(A \rightarrow B)) \rightarrow ((A \rightarrow B) \rightarrow C)$

Nechť A a B jsou formule a S je maximální bezesporná množina formulí výrokové logiky, potom platí:

- $S \vdash A$  potom A je prvkem S  
  $S \vdash A \vee B$  právě když  $S \vdash A$  nebo  $S \vdash B$   
  $S \vdash B$  právě když B není prvkem S  
  $S \vdash A \vee B$  právě když  $S \vdash A$  a  $S \vdash B$   
  $S \vdash B$  právě když B je prvkem S

Formule  $(P \vee Q \vee T \vee \neg P) \& (T \vee Q \vee \neg T \vee \neg U)$

- je ekvivalentní s formulí  $((P \& \neg Q) \rightarrow (P \rightarrow T)) \& ((T \rightarrow \neg Q) \vee (U \rightarrow (T \vee Q)))$   
 je splnitelná  
 je tautologie  
 je CNF  
 je DNF

Libovolná množina formulí výrokové logiky je splnitelná

- právě když obsahuje všechny výrokové proměnné  
 právě když je bezesporná  
 právě když neobsahuje konjunkci a negaci  
 právě když obsahuje alespoň jednu splnitelnou formuli  
 právě když jsou všechny její formule samostatně splnitelné

Ve výrokové logice platí pro libovolné formule A, B, C a libovolnou množinu formulí T, že

- $T \vdash ((A \rightarrow B) \rightarrow C) \rightarrow (A \rightarrow (B \rightarrow C))$   
  $T \vdash (A \rightarrow (A \rightarrow B)) \rightarrow B$   
  $T \vdash \underline{A} \rightarrow ((A \rightarrow B) \rightarrow \underline{B})$   
  $T \vdash C$  potom  $T \vdash A \rightarrow C$   
  $T \vdash A \rightarrow C$  potom  $T \vdash C$   
  $T \vdash ((A \& B) \rightarrow C) \leftrightarrow ((A \rightarrow (B \rightarrow C))$

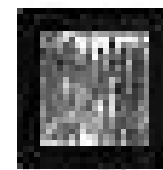
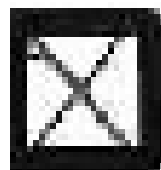
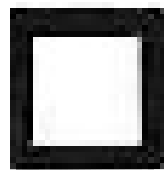


# Předzpracování dat

- 1) Hledání vnějšího rámečku testu, který slouží pro správné rozpoznání okrajů
- 2) Načtení čárového kódu pod rámečkem. Ten je pro každý test jedinečný a slouží pro jeho identifikaci.
- 3) Nalezení zaškrťovacích políček. Program slouží i pro generování testů, takže pozice jednotlivých políček vzhledem k vnějšímu rámečku zná.
- 4) Extrakce políček. Nalezená políčka jsou extrahována z obrázku do samostatných souborů. Program pak pracuje s menším objemem dat

# Předzpracování obrázku

- Rozpoznávání se spouští pro každé zaškrtačací políčko zvlášť. Výstupem je odpověď ZAŠKRTNUTO, NEZAŠKRTNUTO, VYPLNĚNO.
- Vstupním obrázkům je nejdříve upravena velikost a pak jsou barevně normalizovány.
- Normalizace je realizována převodem do stupňů šedi. Následně je provedena analýza histogramu barev sloužící k nalezení prahu mezi bílými a černými oblastmi v obrázku.
- Výstupem předzpracování je obrázek s velikosti 10 x 12 pixelů černé nebo bílé barvy
- Takto mohou vypadat vstupy pro jednotlivé běhy



# Zpracování dat

- K zpracování normalizovaných dat je využita neuronová síť
- Pro každý vstup je též proveden statistický test na počet bílých a černých bodů
- V závěru jsou oba výsledky porovnány a v případě shody je zapsán výstup. Jinak je označen za chybný
- Časté problémy s rozpoznáním

Které z následujících formulí jsou instance axiomů výrokové logiky:

*chybný*



$A \rightarrow A$



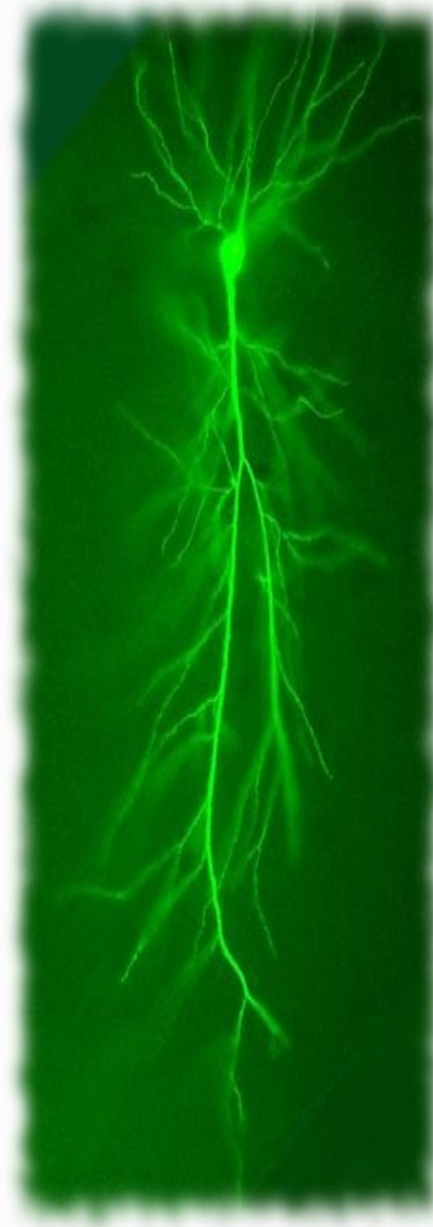
$W \rightarrow (W \rightarrow W)$



$(A \rightarrow (B \rightarrow (A \rightarrow C))) \rightarrow ((A \rightarrow (B \rightarrow C)) \rightarrow (A \rightarrow C))$

# Neuronová síť

- Při testování byly zkoušeny různé počty neuronů a vrstev. Testovací obrázky byly rozděleny na skupinu určenou pro učení a skupinu pro validaci
- Síť byla ohodnocena podle výsledků rozpoznání na validačních obrázcích
- Po mnoha testech byl vybrán optimální tvar neuronové sítě (10x12, 150, 100, 2)
- Pro každý pixel je jeden neuron vstupní vrstvy
- Menší počty neuronů nebo vrstev vykazovaly znaky přeučtenosti a nerozpoznávaly správně předložené vzory



# Výsledky sítě

- Předpokláaná úspěšnost je odhadem 95 procent
- Také nás zajímala velikost chyby, při které byl vzor rozpoznán nesprávně a neuronová síť ani statistická analýza tuto chybu nerozpoznala
- V případě velkého množství těchto chyb by mohl být výsledek nepoužitelný
- K trénování sítě bylo použito 854 zaškrtávacích polí (1/2 vlastní tvorba, zbytek reálné testy)





# Příčiny chyb

- Nedostatečný kontrast (nevýrazné pero nebo špatně naskenovaný vzor)
- Potřeba detekce takového poškození
- Vyhodnocení musí provést obsluha, jinak příliš složité
- Velké posunutí zaškrťovacího pole na vstupním obrázku
- Malé křížky
- Eliminace většiny chyb pomocí statistické metody

Které z následujících formulí jsou instance axiomů výrokové logiky:



$A \rightarrow A$

Ve výrokové logice platí pro libovolné formule  $A, B, C$  a libovolnou množinu formulí  $T$ , že



$T \vdash ((A \rightarrow B) \rightarrow C) \rightarrow (A \rightarrow (B \rightarrow C))$



$T \vdash (A \rightarrow (A \rightarrow B)) \rightarrow B$

Děkujeme za pozornost

---