

Klasifikátor textúr

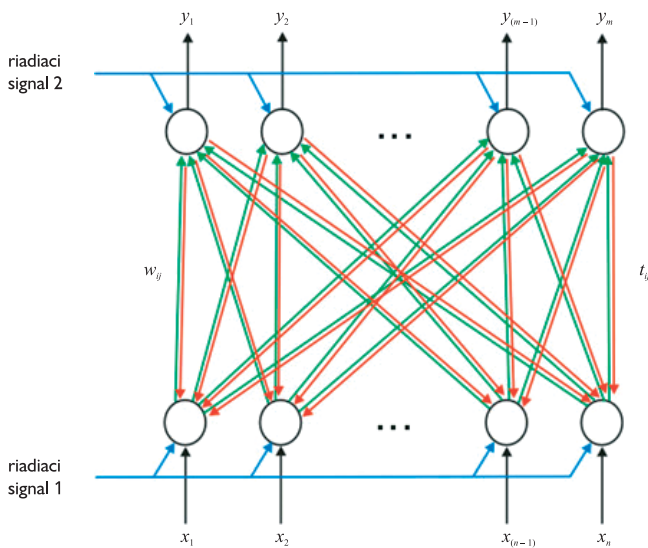
Peter Benický, Ladislav Jurišica

Kvalita riadenia, ako aj miera umelej inteligencie robotického systému sa zakladá predovšetkým na kvalite informácií získaných zo senzorickeho subsystému. Za senzorickeho prvku možno považovať kameru, ktorá poskytuje množstvo informácií. Rozpoznávanie textúr je dôležité pri rozpoznávaní nasnímaných objektov (textúry pokrývajú značnú časť plochy). V tomto článku sú uvedené dosiahnuté výsledky navrhnutého klasifikátora textúr, ktorý sa učí nové vzory bez poškodenia už naučených, je invariantný voči osvetleniu textúry a je možná jeho hardvérová realizácia schopná pracovať v reálnom čase.

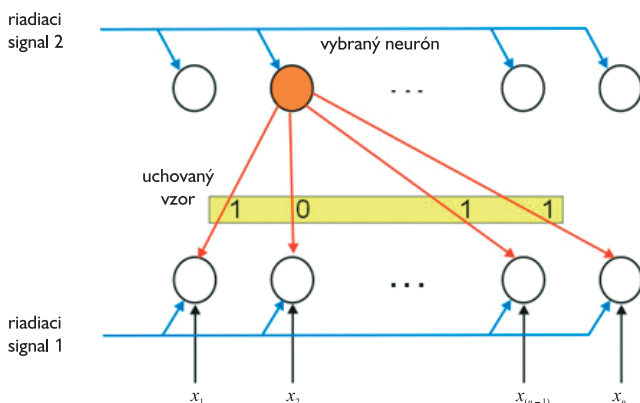
Úvod

Veľký pokrok v oblasti umelej inteligencie priniesol objav ART sietí (obr. 1), ktorých objaviteľ S. Grossberg vychádzal z ľudského vizuálneho systému. Siete tohto typu majú niekoľko výhod oproti ostatným sieťam a sú výpočtovo jednoduché.

Uplatnenie ART sietí sa od roku 1987 význačne rozšírilo; svedčí o tom aj skutočnosť, že vzniklo mnoho ich verzií. Pomocou teórie adaptívnej rezonancie (ART) môžeme vyriešiť problém nazývaný problém zmennej stability, t. j. učenie nového vzoru bez poškodenia už nauče-



Obr.1 Sieť ART1



Obr.2 Uschovanie vzoru

ných vzorov. Tento druh sietí má schopnosť prepínať sa medzi učiacim (dochádza k modifikácii váh) a stabilným módom (dochádza ku klasifikácii textúry na základe modifikovaných váh). Z obr. 1 vidieť, že každý neurón vstupnej vrstvy je spojený s každým neurónom výstupnej vrstvy pomocou dvoch typov váh: dopredných (w_{ij}) a spätných (t_{ij}).

Princíp teórie adaptívnej rezonancie v tomto prípade znamená, že je aplikovaná opakovaná výmena vstupného vektora medzi vstupom a výstupom cez príslušné váhy. Váhy sú adaptované pri každej výmene vzorov medzi vrstvami, až kým nie je nájdený stabilný stav. Správanie siete je opísané v piatich fázach:

1. Inicializačná fáza – spätné a dopredné váhy sú nastavené na konštantné hodnoty podľa vzťahu („ n “ je počet neurónov vo vstupnej vrstve):

$$t_{ij} = 1 \quad w_{ij} = \frac{1}{1+n} \quad (1)$$

2. Rozpoznávací fáza – vybratie víťazného neurónu vo výstupnej vrstve, ktorý bude vhodný kandidát na reprezentáciu naučeného vzoru (textúry). Na určenie kandidáta y_j^* použijeme tieto vzťahy:

$$y_j = \sum_{i=1}^n w_{ij} x_i \quad y_j^* = \max_j \{y_j\} \quad (2)$$

3. Porovnávacia fáza – úlohou v tejto fáze je generovanie porovnávacieho čísla z_j^* , podiel tohto čísla a čísla súčtu vstupných hodnôt musí byť väčší ako určitý prah bdelosti φ (prah bdelosti môžeme meniť).

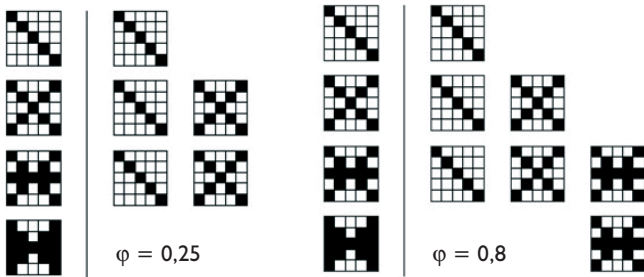
$$s = \frac{\sum z_j^*}{\sum x_i} = \frac{\sum t_{ij} \cdot x_i}{\sum x_i} > \varphi$$

Za tohto predpokladu je víťazný neurón y_j^* absolútny víťaz, ktorý reprezentuje určitú triedu, v tom prípade budeme realizovať adaptačnú fázu. V opačnom prípade realizujeme vyhľadávaciu fázu.

4. Vyhľadávacia fáza – pôvodný vybraný víťazný neurón (neprešiel testom bdelosti – nebol splnený vzťah (3)) pomocou riadiaceho signálu vypneme, nebudeme s ním už ďalej počítať. Fázy rozpoznávania, porovnávania a vyhľadávania opakujeme dovtedy, kým určitý zvolený neurón neprejde testom bdelosti, potom sa realizuje adaptačná fáza. Ak testom bdelosti neprejde ani jeden výstupný neurón, vytvoríme novú triedu pomocou vstupného vektora v adaptačnej fáze.

5. Adaptačná fáza – pre víťazný neurón sa adaptujú dopredné aj spätné váhy takto:

$$t_{ij}^{nova} = t_{ij}^* x_i \quad w_{ij}^{nova} = \frac{t_{ij}^* x_i}{0,5 + \sum_{i=0}^{N-1} t_{ij}^* x_i} \quad (4)$$

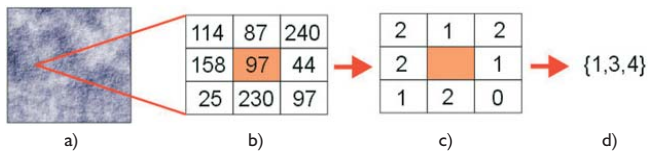


Obr.3 Ukážka správania ART siete pri dvoch rôznych prahoch bdelosti

Na obr. 3 môžeme vidieť správanie siete pri rôznych prahoch bdelosti, kde na ľavo od čiary je predkladajúci vzor a na pravo naučené vzory [2].

1. Predspracovanie vzoru

Následujúci algoritmus transformácie textúr opísal jeho autor Wang He v roku 1990. Algoritmus je založený na hľadaní vhodných príznakov, ktoré sa opierajú o tzv. spektrum textúry a spočíva v opise každého pixelu pomocou susedných pixelov, a to relatívnymi hodnotami. Tým je zabezpečená dostatočná odolnosť proti zmene intenzity celej textúry (pracujeme s relatívnymi hodnotami) a proti šumu. Každý pixel teda ohodnotíme ôsmimi hodnotami susedných pixelov takto: „0“ pre tú istú intenzitu pixelu, ako je stredový pixel, „1“ pre menšiu intenzitu, „2“ pre väčšiu intenzitu. V zjednodušenej verzii spočítame počet núl, jednotiek a dvojok. Následne dostaneme maticu $n \times n \times 3$ (obr. 4).

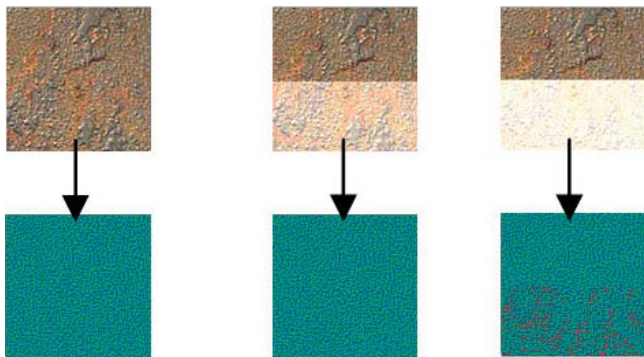


Obr.4 Ukážka opisu pixelu pri klasifikácii textúry:

- a) textúra, b) intenzita susedných pixelov v okolí jedného pixelu, c) rozdielový opis susedných pixelov, d) zjednodušený zápis

2. Experiment

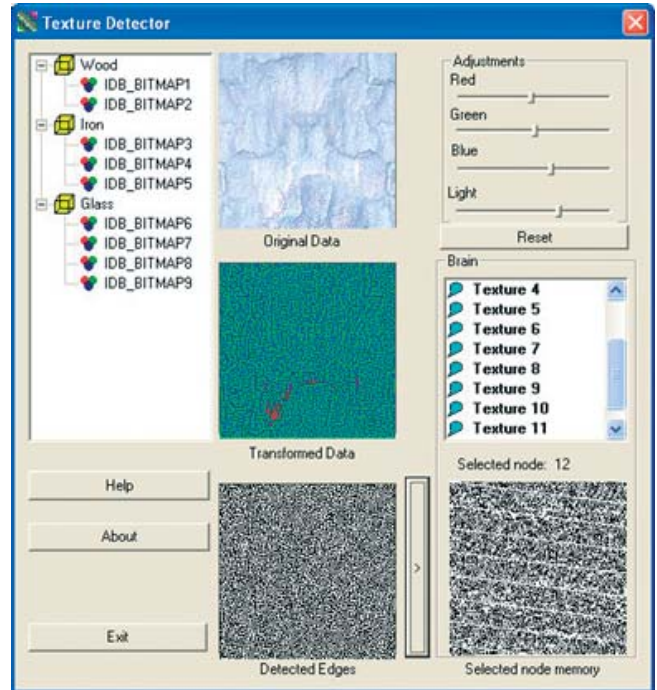
Pre zrozumiteľnú interpretáciu výsledku tejto metódy využijeme na predspracovanie vzoru funkciu RGB v programovacom prostredí VC++ takto: nech vypočítaný vektor (zjednodušený zápis susedných pixelov) pixelu $P_{(x,y)}$ je $[a, b, c]$ (pozri obr. 4d), pričom $a, b, c \in \{1, 2, \dots, 8\}$ a farebné r-g-b zložky vo VC++ sú v rozsahu $\langle 0 \dots 255 \rangle$. Normalizácia bude pomocou konštanty $k = 31$. Funkcia RGB (vo VC++) je typu long, takže pre daný vektor troch čísel (r, g, b) vypočíta číslo z rozsahu $\langle 0 \dots 16777215 \rangle$, pričom hodnota 0 zodpo-



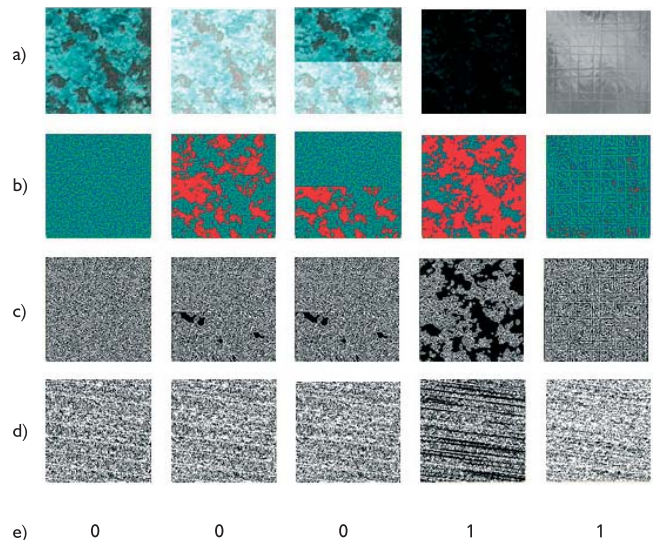
Obr.5 Testovanie transformácie pri návrhu ďalšieho spracovania



Obr.6 Tieňový efekt



Obr.7 Ukážka vytvoreného programu pri klasifikácii textúr



Obr.8 Experiment klasifikácie textúr navrhnutým riešením klasifikátora:

- a) predkladajúci vzor textúry, b) transformovaná textúra invariantná na zmenu osvetlenia, c) detegované hrany transformovanej textúry, d) obraz pamäte neurónu opisujúci danú textúru, e) index neurónu opisujúci predkladajú textúru

vedá čiernej farbe a hodnota 16777215 bielej farbe. Uvedeným spôsobom vznikne transformovaný obraz (obr. 5).

Testovaním transformácie, ktorá zaručuje invariantnosť osvetlenia textúry v širokom spektre intenzít osvetlenia predurčuje kvalitné výsledky rozpoznávania textúr. Chyba vnesená nadmerným osvetlením (na obr. 5 označená ako ψ) je spôsobená nelinearitami.

Táto metóda minimalizuje aj závislosť tieňového efektu od danej textúry. Ako vidno na obr. 6, tieňový efekt spôsobuje po transformácii chybu ψ , ktorá je pomerne malá, pretože vznikne len na okraji tieňa. Znížením hodnoty bdelosti ART siete budeme môcť však zaručiť, aby tento tieňový efekt nemal vplyv na celkové správanie ART siete.

Môžeme si predstaviť, že vzor s veľkosťou $100 \times 100 = 10\,000$ pixelov bude mať pri tieňovom efekte maximálne $100 \times 3 = 300$ skreslených pixelov (obr. 6), pretože sa počítajú rozdiely intenzít susedných pixelov – výsledok ovplyvní aj susedné pixely (tri riadky, t. j. $100 \times 3 =$

300 pixelov). V tomto prípade nám vznikne 3 % skreslenie vzoru. Správnosť uvedených predpokladov si ukážeme nasledujúcim experimentom použitia siete ART 1, ktorá pracuje s binárnymi vstupmi. Aplikujme preto na tieto transformované dáta Laplaceov operátor na detekciu hrán. Takto spracovaný obraz použijeme ako vstupné dáta do siete ART 1. Predkladané vzory, ako aj výsledky experimentu sú znázornené na obr. 8.

Nenaučenej ART sieti sme postupne predkladali textúry (obr. 8a). Prvú predloženú textúru klasifikátor ohodnotil triedou 0, podobne aj druhú a tretiu textúru, ktoré sa líšia len osvetlením. Štvrtá textúra je už veľmi málo osvetlená, preto klasifikátor textúru klasifikoval novou triedou 1, pričom v spätných váhach ART sietí si uložil mnoho binárnych jednotiek (čierna farba predstavuje hodnotu 1, biela hodnotu 0). Z uvedeného dôvodu pri klasifikácii novej (osvetlenej) textúry ju klasifikátor zaradil do triedy 1 (obr. 8a – piaty stĺpec), pri každej klasifikácii sa vždy jednotlivé váhy adaptujú.

Záver

Uvedený spôsob klasifikácie textúr pracuje s 99 % úspešnosťou, treba však pripomenúť, že táto metóda nie je invariantná voči rotácii alebo posunutiu textúry.

Literatúra

- [1] MAŘÍK, V. a kol.: Umělá inteligence (2). Praha: Academia 1997, ISBN 80-200-0504-8.
- [2] MAŘÍK, V. a kol.: Umělá inteligence (4). Praha: Academia 2003, ISBN 80-200-1044-0.
- [3] Center for machine perception,
internet: < <http://cmp.felk.cvut.cz>>.
- [4] ŽÁRA, J. a kol.: Moderní počítačová grafika. Praha: Computer Press 1998, ISBN 80-7226-049-9.

Ing. Peter Benický
prof. Ing. Ladislav Jurišica, PhD.

Slovenská technická univerzita
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Ústav riadenia a priemyselnej informatiky
Ilkovičova 3, 812 19 Bratislava
e-mail: peter.bombiak@stuba.sk
ladislav.juristica@stuba.sk

63