

KOMBINACE TAKTILNÍCH ČIDEL A UMĚLÉ INTELLIGENCE

Tactile Sensors and Artificial Intelligence

Ing. René Neděla

Abstract: In this article you can see some examples of combination Tactile Sensors and Artificial Intelligence..

Key words: Tactile Sensors, Tactile Information, Using Tactile Sensors, Artificial Intelligence.

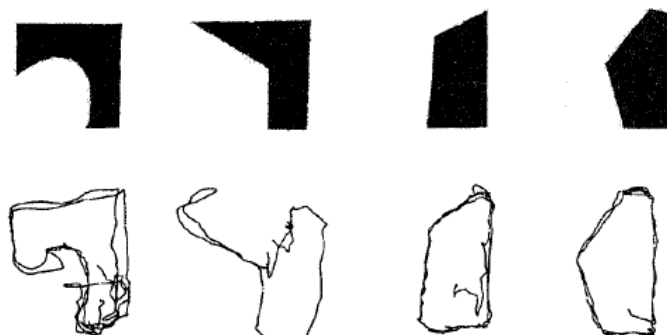
1. Úvod:

V tomto článku se budu snažit uvést několik zajímavých projektů, u nichž nalzáme spojení taktilních čidel a umělé inteligence. Jsou zde popsány metody umělé inteligence, které ve spojení s čidly tvoří dokonalejší nástroj při získávání informací, které jinou metodou nejdou získat.

2. Zajímavé projekty:

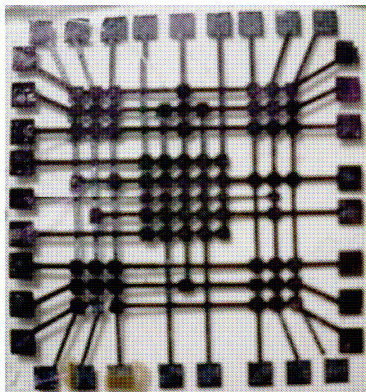
První článek [1], který zde uvádím na první pohled s umělou inteligencí vůbec nesouvisí, ale opak je pravdou. Ne čínské univerzitě v Harbinu se zabývají konstrukcí robotů a taktilních čidel v tomto článku popisují konstrukci podvodního robotu u něhož bylo nutné vyvinout speciální konstrukci podvodního robotu i taktilních čidel. Čidlo bylo vytvořeno z optických vláken. Pro testování byl vytvořen statický i dynamický model, který byl nejdříve výpočtem a poté simulací ověřen. Pro ověření dynamického modelu a pro zlepšení vlastností čidla byla použita neuronová síť. V dalším článku [2] je uváděn speciální případ čidla, který má inteligentní vousky na detekci a rozpoznávání objektů. Něco podobného můžeme nalézt u zvířat, kdy na zvířecím čumáku jsou velké chlupy, které pomáhají při detekci a rozpoznávání prostředí popřípadě nepřítele. Čidlo se skládá z jednotlivých měřících elementů, každý obsahuje pružný vous, který je vyroben ze slitiny titanu a niklu. Vrchní vrstva vousu je opatřena syntetickou gumovou vrstvou. Rozpoznávání probíhá ve dvou fázích. V první fázi

je čidlem rozpoznáno, který vous je deformován (deformace probíhá na gumové vrstvě). Ve druhé fázi je detekována velikost a pozice kontaktního předmětu. Toto rozpoznávání je realizováno kombinací aktivních vousů. Obě fáze jsou realizovány pomocí neuronových sítí. Neuronové sítě jsou nejdříve naučeny pro jednotlivé kroky rozpoznávání a poté jsou experimentálně a numericky testovány. S rozvojem robotiky je potřeba konstruovat inteligentnější senzory. V [3] můžeme vidět řešení problematiky chybných dat u taktilních čidel. Pomocí neuronových sítí se potlačují chybná naměřená data ze snímače a naopak se snaží vyzdvihnout správná naměřená data. Na první pohled se tato technika jeví jako velice jednoduchá nicméně je nutné zároveň řešit problematiku šumu. Je zde demonstrován prototyp neuronové sítě a je vedena diskuse o využití. Článek [4] se zabývá problematikou zápisu dat z hardware. Je řešeno metodou, která je založena na učení back-propagation neuronovém síťovém modelu. Jsou zde řešeny dva problémy a to výzkum a vývoj taktilních čidel a poté získávání informací a zpracování dat z modelu neuronových sítí. Snaha je automatického rozpoznávání dotykové síly. V [5] je řešen fuzzy algoritmus pro získávání dat z taktilních čidel. Je zde nastíněna kalibrace a trénování a je zde ukázáno, že při malém šumu lze dostat velice přesná data z čidla. Práce [6] se zabývá uchopování předmětu. Neuronová síť s jednou skrytou vrstvou je trénována pomocí back-propagation na rozpoznávání úhlu uchopení mezi cylindrickým prstem a uchopovaným předmětem. [7] Opět je zde řešeno uchopování předmětu. V prvé řadě je trénováno uchopování jednoduchých předmětů. Poté je snaha rozpoznat a uchopit neznámé předměty, vše pomocí dvouprsté ruky robota. Příklady předmětů na rozpoznávání a vlastní rozpoznávání jsou na obr.1.

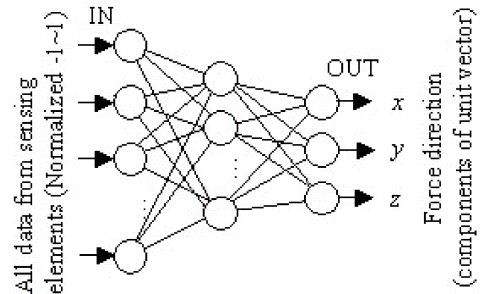


Obr. 1 Příklady rozpoznávaných objektů

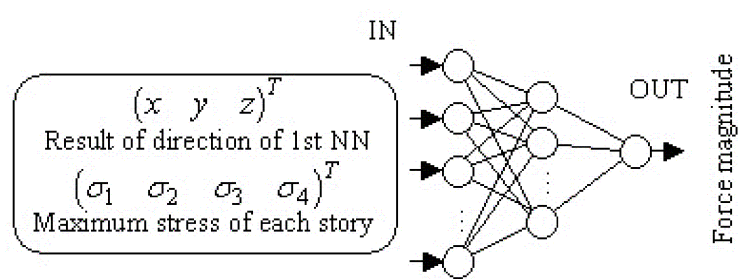
Síla uchopení je zpracovávána pomocí třívrstvé MLP neuronové sítě. Dále jsou zde používány ART neuronové sítě na detekci a rozpoznávání. V dalším článku [8] můžeme vidět konstrukci taktilního čidla, který je složen ze čtyř vrstev. Jedna vrstva je na obr.2. V tomto případě jsou použity neuronové sítě na rozpoznávání. Schéma neuronové sítě je zobrazeno na obr.3. Pro rozpoznávání směru síly dotyku byla použita neuronová síť s 676 vstupních vrstev, 20 skrytých vrstev a 3 výstupní vrstvy. Pro rozpoznávání vektoru síly dotyku bylo použito 7 vstupních vrstev, 169 skrytých vrstev a 1 výstupní vrstva schéma na obr. 4.



Obr. 2 Vrstva taktilního čidla

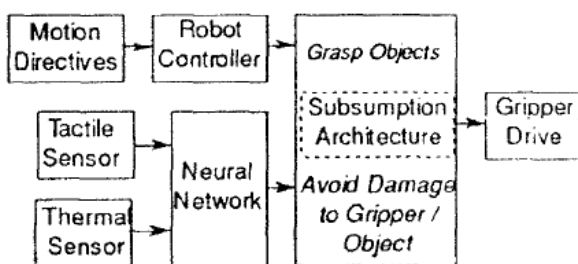


Obr. 3 Schéma neuronové sítě pro rozpoznávání směru síly dotyku

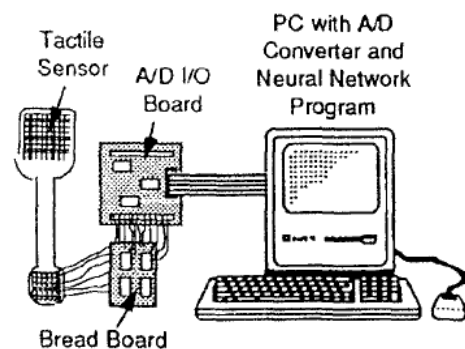


Obr. 4 Schéma neuronové sítě pro rozpoznávání vektoru síly dotyku

V [9] je snaha o integraci do jednoho systému taktilní čidlo a procesor s neuronovou sítí. Na obr 5. můžeme vidět schéma systému. Na obr.6 poté schéma experimentálního pracoviště.

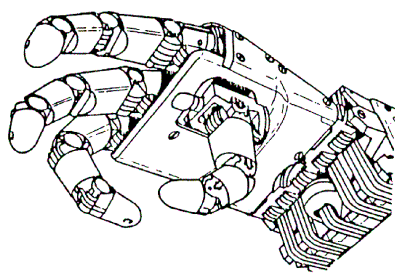


Obr. 5 Kontrolní schéma systému



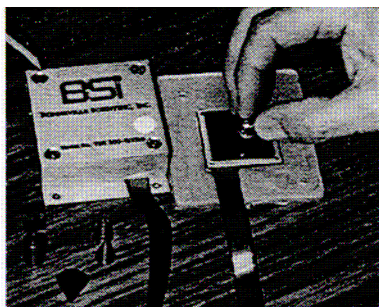
Obr. 6 Schéma experimentálního pracoviště

Neuronová síť v tomto případě obsahovala 16 vstupů ve vstupní vrstvě, jednu skrytou vrstvu a 3 výstupy. [10] V této práci je řešena konstrukce čidla pro umělou ruku na obr.7. Čidlo je tvořeno elektrodami a tenkou odporovou vrstvou. Je rozpoznávána statická síla, dynamická síla a smyk. Vše pomocí MLP vícevrstvé neuronové sítě.



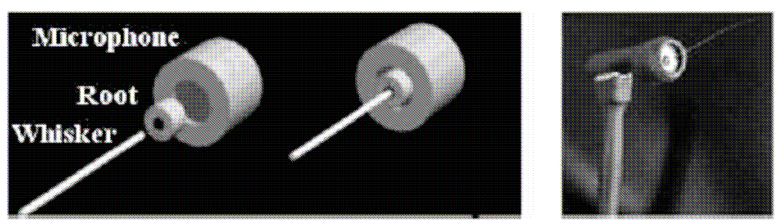
Obr. 7 Konstrukce umělé ruky

V [11] je řešeno rozpoznávání pomocí chytrých textilií. Je zde řešena detekce, orientace a identifikace předmětu. Na obr.8 můžeme vidět konstrukci čidla. Základem tohoto projektu bylo rozpoznání 6-ti předmětů. Vše bylo realizováno pomocí neuronových sítí. Úspěšnost rozpoznávání byla 83%.



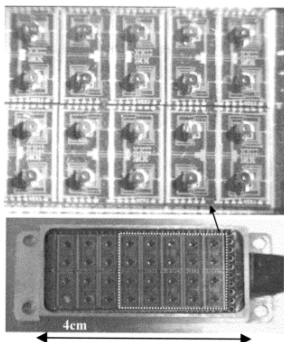
Obr. 8 Konstrukce čidla

[12] Tento článek se zabývá konstrukcí taktilního čidla pro víceprstou ruku robota a uvádí algoritmus pro vytvoření a implementaci neuronové sítě do systému. [13] Zde jsou uvedeny různé příklady neuronových (Kohonen, Hopfield,...) sítí při rozpoznávání a zpracování obrazů. V práci [14] je popisován adaptivní systém tvořený taktilním čidlem, které k rozpoznávání používá akustický signál a poté adaptabilní neuronovou síť. [15] Zde je publikována zajímavá konstrukce čidla, za jehož vývojem stojí chloupky pavouků a škorpiónů. Pavouk používá chloupky k rozpoznávání zvukových signálů a škorpión ke hmatu. Pro rozpoznávání různých signálů jsou použity různé neuronové sítě. Konstrukce čidla obr.9 je tvořena mikrofonem a vláknem.

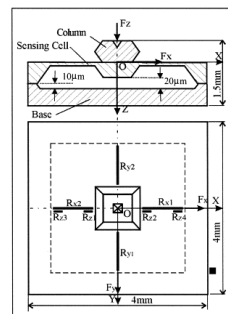


Obr. 9 Konstrukce čidla

[16] Zde je uvedeno tříosé MEMS taktilní čidlo s velkým rozsahem zatěžovací síly (vertikální do 50 N a horizontální do ± 10 N). Rozpoznávání síly je pomocí natrénovaných neuronových sítí. Na obr. 10 je zobrazena konstrukce čidla a na obr.11 schéma snímacího členu.

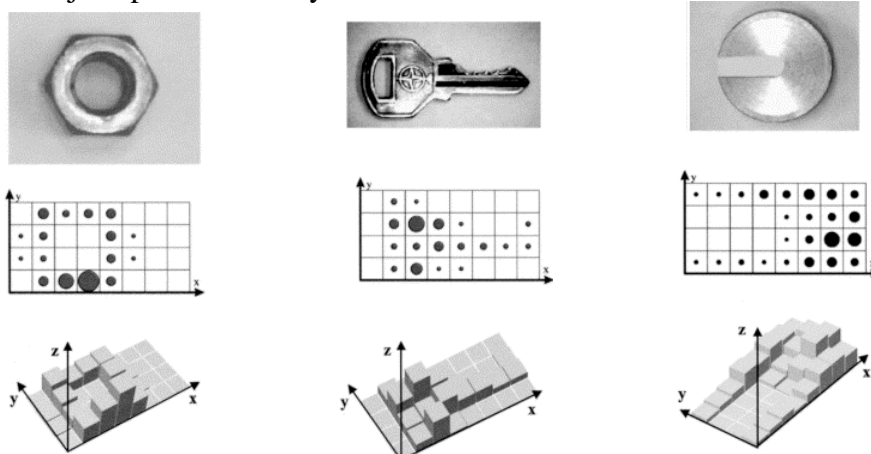


Obr. 10 Konstrukce čidla



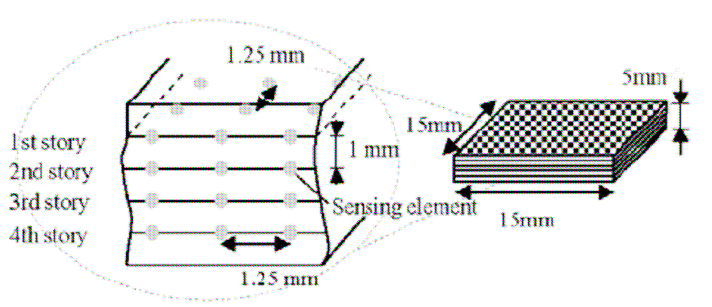
Obr. 11 Schéma snímacího členu

Výsledky měření jsou poté zobrazeny na obr. 12.



Obr. 12 Výsledky měření

[17] V tomto článku je opět řešen projekt s čtyřvrstevným taktilním čidlem. Schéma konstrukce vrstev a snímací elementy můžeme vidět na obr. 13.



Obr. 13 Schéma vrstev a snímací elementy

Hlavním cílem bylo porovnání rozpoznávací schopnosti jednovrstvého a čtyřvrstvého čidla. Rozpoznávání bylo opět prováděno pomocí vícevrstvé neuronové sítě. Výsledky měření jsou zobrazeny v tab.1 a 2.

Tab. 1 Výsledky rozpoznávání při použití jednovrstvého čidla

Output	Unknown input						
	Circle	Doughnut	Ellipse	Octagon	Square	Star	Triangle
Circle	0.45	0.00	0.00	0.86	0.00	0.00	0.00
Doughnut	0.00	0.99	0.00	0.74	0.00	0.02	0.00
Ellipse	0.00	0.00	0.99	0.00	0.00	0.00	0.00
Octagon	0.89	0.00	0.24	0.03	0.03	0.00	0.00
Square	0.00	0.00	0.00	0.00	0.94	0.26	0.00
Star	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.43	0.38
Triangle	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00

Tab. 2 Výsledky rozpoznávání při použití čtyřvrstvého čidla

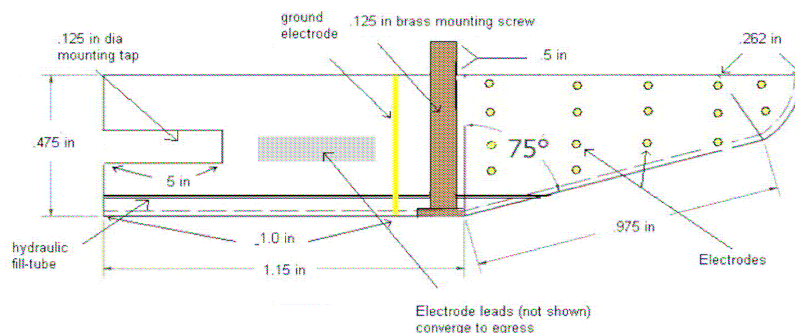
Output	Unknown input						
	Circle	Doughnut	Ellipse	Octagon	Square	Star	Triangle
Circle	0.95	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
Doughnut	0.00	0.99	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ellipse	0.00	0.00	1.00	0.00	0.01	0.00	0.00
Octagon	0.00	0.00	0.00	0.81	0.00	0.00	0.00
Square	0.01	0.00	0.01	0.00	1.00	0.00	0.00
Star	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.99	0.01
Triangle	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00

Cílem tohoto projektu [18] je konstrukce taktilního čidla na umělé prsty ruky robota SARCOS obr.14.



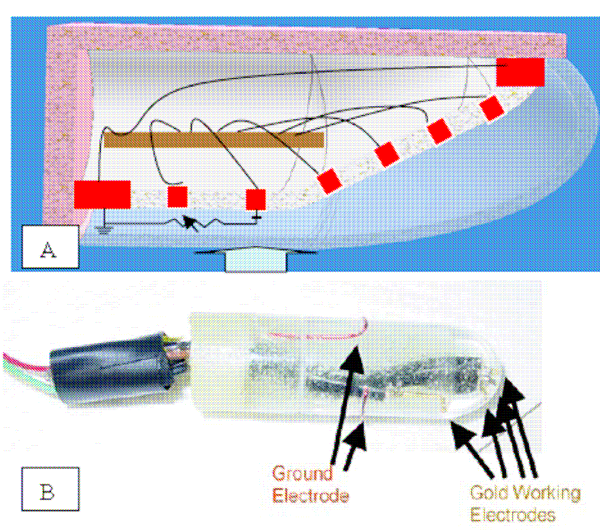
Obr.14 Ruka robota SARCOS

Finální podoba konstrukce umělého prstu je na obr.15. Prst je tvořen tuhým jádrem, které je



Obr.15 Schéma konstrukce umělého prstu

zalito tekutinou a překryto ochrannou elastickou vrstvou (něco jako kůže u člověka). Vrchní vrstva je odolná proti opotřebení a obsahuje texturu stejně jako lidský prst obr.16.



Obr.16 A) Schéma a B) konstrukce umělého prstu

Prototyp obsahoval čtyři snímací elektrody. Pro zjišťování intenzity síly byla použita kombinace MLP vícevrstvé neuronové sítě a sítě s radiální bází. Pro mapování centra síly byla použita Kohonen neuronová síť.

3. Závěr:

Jak je vidět vazba umělá inteligence hraje při konstrukci taktilních čidel velkou roli. Velice hojně se můžeme setkat s různými druhy neuronových sítí, které jsou používány

například při detekci, rozpoznávání, testování a učení. Dále je možné použít různé metody umělé inteligence při zpracovávání dat z čidel, jak tomu například bylo u článku [5], kde se Fuzzy algoritmus používal k potlačení chybných naměřených hodnot a naopak k vyzdvižení správných.

Do budoucnosti je jisté, že snaha kombinace umělé inteligence a taktilních čidel bude ještě hojnější neboť obě problematiky skrývají velkou škálu možností využití v různých technologiích.

Poděkování

Tento příspěvek vznikl za podpory výzkumného záměru MSM 6840770015.

Použitá literatura

- [1] Ding-zhong Tan, Qi-ming Wang, Rui-han Song, Xin Yao, Yi-hua Gu: *Optical fiber based slide tactile sensor for underwater robots, vol. 7, page 122-126*, Harbin Engineering University
- [2] Tachiya Hiroshi (Fac. of Technol., Kanazawa Univ.), Kamenno Seiji (Fac. of Technol., Kanazawa Univ.): *A Basic Study on the Tactile Sensor with Multi Artificial Whiskers. Recognition on the Types, Shapes and Positions of Contact Objects., vol. 66, page 3336-3343*, Transactions of the Japan Society of Mechanical Engineers
- [3] Yagyensh C. Pati: *Neural Networks for Low Level Processing of Tactile Sensory Data*, Maryland University College Park Systems Research Center
- [4] Brett P. N, Li Z: *A Tactile Sensing Surface for Artificial Neural Network Based Automatic Recognition of the Contact Force Position*: Professional Engineering Publishing
- [5] L. Carotenuto, D. Famularo, P. Muraca, G. Raiconi: *A Fuzzy Classifier for Tactile Sensing: vol.20, page 71-86*, Journal of Intelligent and Robotic Systems
- [6] Worth, A.J, Spencer, R.R: *A neural network for tactile sensing: the Hertzian contact problem: vol. 22, page 177 – 182*, Systems, Man and Cybernetics, IEEE
- [7] F. Germagnoli, G. Mageses: *A Neural Network-Based System for Tactile Exploratory Tasks*: 1996 International Workshop on Neural Networks for Identification, Control, Robotics, and Signal/Image Processing (NICROSP '96)
- [8] Seiji Aoyagi, Takaaki Tanaka: *Proposal of a Micromachined Tactile Sensor Having Four Stories and Its Information Processing Method using Module Networks*: Department of Systems Management Engineering, Kansai University

- [9] Kemme, David A, McDonnell, John R.: *A Testbed for Autonomous Reflexive Grasping*: Naval Command Control and Ocean Surveillance Center, San Diego
- [10] Nering, Jeffery D.: *Design of an Artificial Neural Network Based Tactile Sensor for the UTAH/MIT Dexterous Hand*: Air Force Indy of Tech Wright – Patterson School of Engineering
- [11] R. Andrew Russell: *Object Recognition by a 'Smart' Tactile Sensor*: Department of Electrical and Computer Systems Engineering Monash University, Clayton
- [12] Pati, Y. C., Friedman, D. , Krishnaprasad, P. S. , Yao, C. T. , Peckerar, M. C. ,Yang, R. ,Marrian, C. R.: *Neural Networks for Tactile Perception*: Maryland Univ College Park Systems Research Center
- [13] M. Egmont-Petersen, D. de Ridder, H. Handrle: *Image processing with neural networks—a review*: Pattern Recognition
- [14] Susic, E., Grabec, I.: *Recognition of Surfaces from Tactile Acoustic Emission Signals*: American Society for Nondestructive Testing
- [15] Poramate Manoonpong: *Neural Processing of Auditory-Tactile Sensor Data to Perform Reactive Behavior of Walking Machines*: IEEE International Conference on Mechatronics and Robotics (MechRob' 04)
- [16] Tao Mei, Wen J. Li, Yu Ge, Yong Chen, Lin Ni, Ming Ho Chan: *An integrated MEMS three-dimensional tactile sensor with large force range*: Sensors and Actuators
- [17] Daisuke Ono, Tsuyoshi Fukutani, Seiji Aoyagi: *Development of an Arrayed Tactile Sensor Having Four Stories and Recognition of Contact State Using Neural Network*: Kansai University
- [18] Nicholas Wettels, Djordje Popovic, Veronica J. Santosand Gerald E. Loeb.: *Biomimetic Tactile Sensor for Control of Grip*: University of Southern Kalifornia