



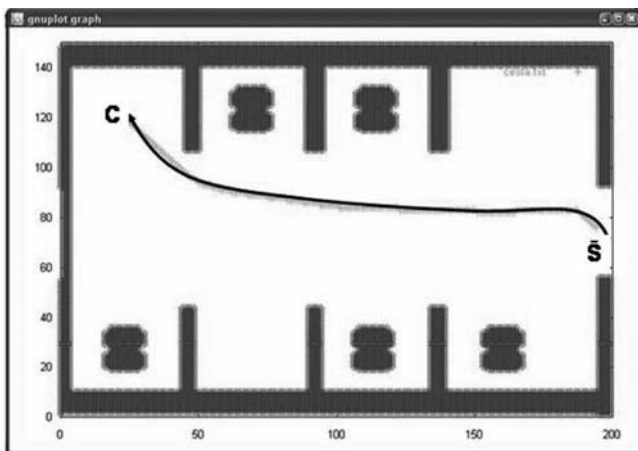
Navigácia mobilných robotov pomocou harmonických potenciálových polí (2)

V súčasnosti existuje množstvo metód na navigáciu mobilných robotov. Avšak v reálnych podmienkach charakteristických nepresnými dátami o prostredí a ďalšími obmedzujúcimi faktormi sa tieto prístupy stávajú ťažko využiteľnými. Výpočtová náročnosť je ďalší obmedzujúci problém, ktorému sa, zrejme, vo všeobecnosti nebude dať vyhnúť. V prvej časti tohto príspevku sme sa zaoberali využitím potenciálových polí, ktoré sú v spojení s prvkami výpočtovej inteligencie schopné hľadať jednak optimálne trajektórie pohybu a jednak riešiť tzv. robotické pasce. V druhej časti si uvedieme dve ukážky experimentov. Jeden v statickom a druhý v dynamickom prostredí.

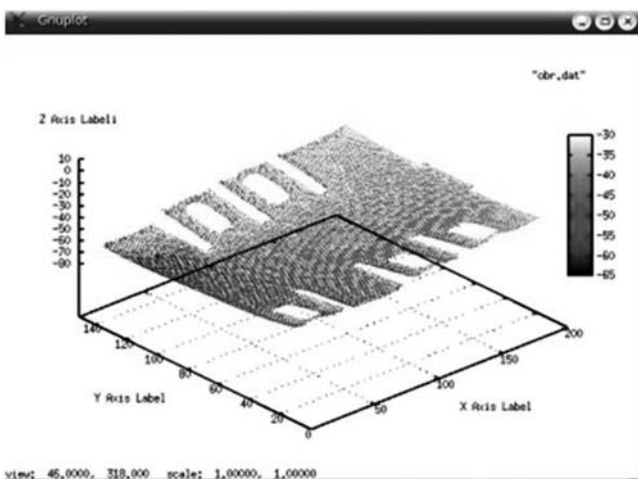
3. Ukážka experimentov

Ďalej opíšeme dva experimenty, jeden v statickom E1 a druhý v dynamickom prostredí E2. Experimenty boli realizované v prostredí simulátora využívajúceho knižnicu ODE (<http://ode.org/>), ktorá umožňuje vytvárať simulačné objekty spolu s ich fyzikálnymi vlastnosťami.

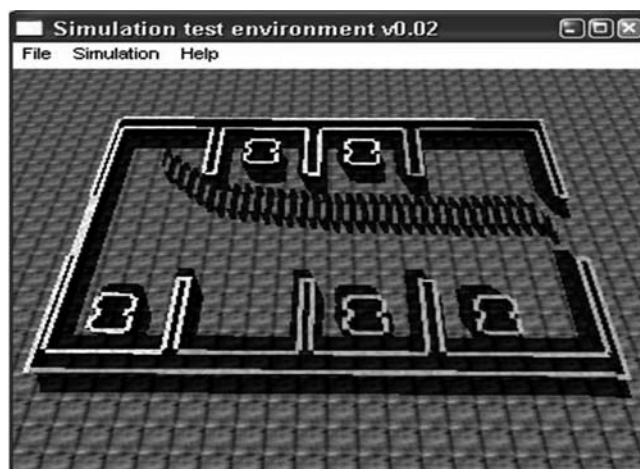
Pre experiment E1 bolo použité parkovisko podľa obr. 4, kde bol ručne určený žiadaný parkovací box a následne bolo z týchto údajov vytvorené potenciálové pole (obr. 5). Po určení štartovacieho bodu S bola vytvorená trajektória do cieľového bodu C, ako ju možno vidieť aj v prostredí simulátora robota, obr. 6.



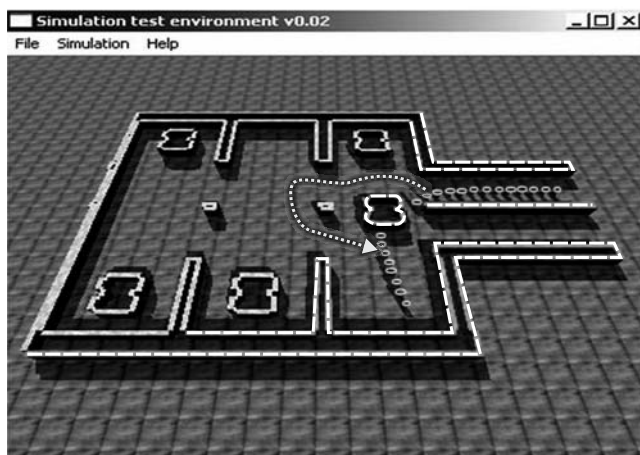
Obr.4 Schéma parkoviska pre experiment E1 spolu s navrhnutou trajektóriou



Obr.5 Potenciálové pole v experimente E1



Obr.6 Prostredie simulátora v experimente E1

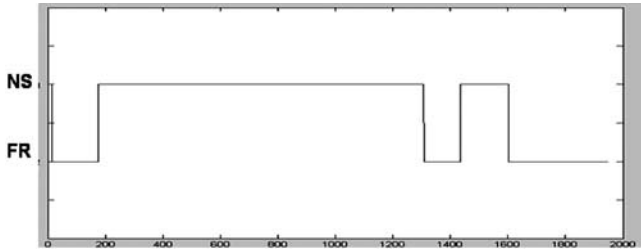


Obr.7 Prostredie simulátora v experimente E2

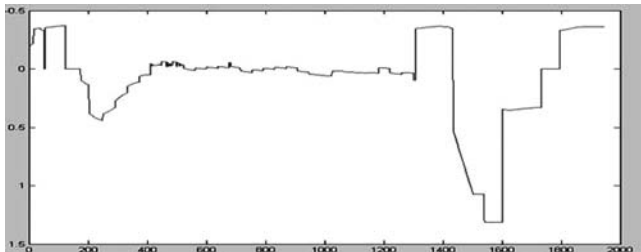
V experimente E2 došlo počas vykonávania pohybu robota po predpísanej trajektórii (krúžky s tmavou výplňou, obr. 7) k pohybu iného vozidla (prerušované čiary) tak, že pretálo pôvodnú trajektóriu. V tomto prípade musel riadenie prevziať fuzzy regulátor, aby sa jednak robot vyhol nečakanej prekážke a jednak mohol znovu nájsť orientačné značky pôvodnej trajektórie. Takže robot musel nakoniec ísť po náhradnej trajektórii (bodkovaná čiara).

Priebeh akčných veličín z týchto experimentov je zobrazený na obr. 8 až 10 pre E1 a obr. 11 až 13 pre E2.

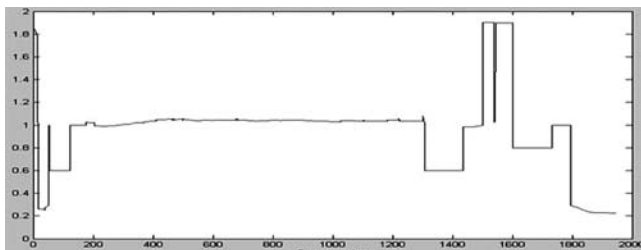
Okrem veličín zrýchlenia a uhla natočenia je zobrazený aj režim prepínania riadenia medzi neurónovou sieťou a fuzzy regulátorom. Z obráz-



Obr.8 Typ riadenia v experimente E1,
FR – fuzzy regulátor, NS – neurónová sieť



Obr.9 Uhol natočenia (rad) v experimente E1



Obr.10 Zrýchlenie ($m \cdot s^{-2}$) v experimente E1

kov je viditeľné pomerne ustálené riadenie, až na časové úseky, kde dochádzalo k prepínaniu regulátorov. V týchto úsekoch bolo možné badať značné kmitanie robota, čo je typický problém hybridných systémov.

Krátke úseky riadenia robota pomocou fuzzy regulátora možno pozorovať aj pri experimente E1 (obr. 8). Aj keď v tomto prípade nedošlo k strate orientačných značiek, ale miestami sa robot príliš nebezpečne priblížil k prekážke, čo bolo dôvodom na riešenie rizika kolízneho stavu.

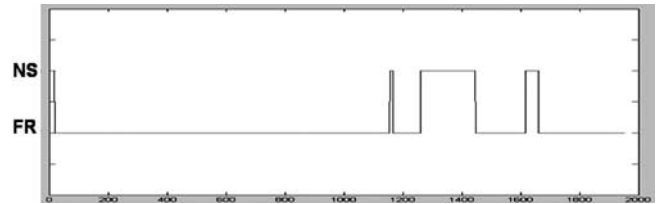
Záver

Cielom tohto príspevku bolo overiť možnosť prepojenia mriežkových algoritmov navigácie s prvkami výpočtovej inteligencie. Prvé výsledky ukazujú, že takáto cesta je reálna, aj keď treba vyriešiť ešte celý rad iných problémov, a to najmä:

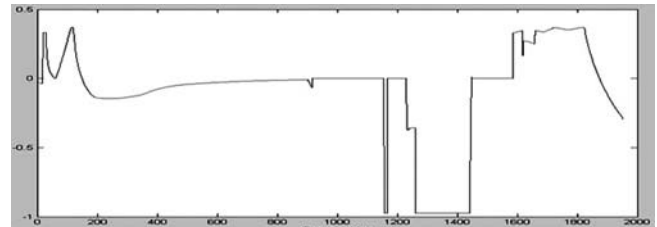
- návrh metód na výpočtovo rýchlejšie konštruovanie potenciálových polí,
- úprava metód na výpočet iba tých častí vektorového poľa, ktoré sú nevyhnutné na návrh trajektórie,
- vychádzajúc z predošlých dvoch bodov, takým spôsobom zefektívniť výpočtovú náročnosť, aby bolo možné potenciálové polia priamo nasadiť do dynamického prostredia prekážok a prepočítavať ich v každom kroku vzorkovania (nielen inicializačnom) [2],
- návrh takého prepínania medzi jednotlivými regulátormi, ktoré by eliminovalo nežiaduce kmitanie robota.

Literatúra

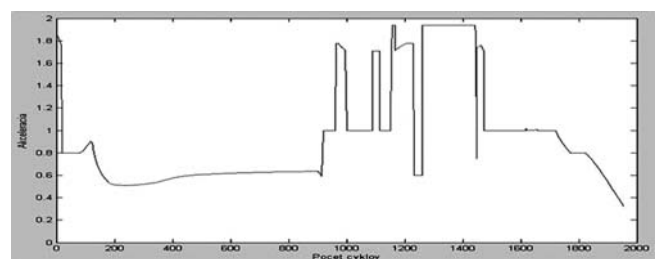
- [1] BARRETT, R. at al.: Templates for the Solution of Linear Systems: Building Blocks for Iterative Methods; 2nd ed., Philadelphia, PA: SIAM, 1994, ISBN 0-89871-328-5.
- [2] BELL, G., WEIR, M. K.: Forward Chaining for Robot and Agent Navigation using Potential Fields; In: Proceedings of 27th Australasian Computer Science Conference (ACSC2004), Australian Computer



Obr.11 Typ riadenia v experimente E2,
FR – fuzzy regulátor, NS – neurónová sieť



Obr.12 Uhol natočenia (rad) v experimente E2



Obr.13 Zrýchlenie ($m \cdot s^{-2}$) v experimente E2

Science Communications, Vol. 26, N. 1, Dunedin, New Zealand, pp. 265 – 274, ISBN 1-920682-05-8, ISSN 1445-1336, 2004.

[3] CONNOLLY, C. I.: Harmonic functions and collision probabilities; In: Proceedings of the IEEE International Conference on Robotics & Automation (ICRA), pp. 3015-3019, 1994.

[4] DUDEK, G., JENKIN, M.: Computational Principles of Mobile Robotics; Cambridge University Press, Cambridge, ISBN 0-521-56021-7, 2000.

[5] KHATIB, O.: Real-time obstacle avoidance for manipulators and mobile robots; In: Proceedings of IEEE International Conference on Robotics and Automation, Vol. 2, pp. 500 – 505, 1985.

[6] SZÁSZI, T.: Mobile Robot Path Planning by Cognitive Maps. In: CIT-AI-2006, FEI TU Košice, pp. 284 – 291, 2006.

[7] VAŠČÁK, J.: Nastavovanie parametrov fuzzy regulátora pomocou genetických algoritmov. In: Kognice a umelý život V., Vol. 2, Smolenice, Slovakia, 2005, pp. 589 – 600, ISBN 80-7248-310-2.

[8] VAŠČÁK, J.: Navigation of Mobile Robots by Computational Intelligence Means. In: SAMI 2007, 5th Slovakian – Hungarian Joint Symposium on Applied Machine Intelligence, Poprad, Slovakia, 2007.

Dr. Ing. Ján Vaščák

Technická univerzita v Košiciach
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra kybernetiky a umelej inteligencie
Letná 9, 042 00 Košice
e-mail: Jan.Vascak@tuke.sk

Ing. Tomáš Szászi

Honeywell
Navigation & Guidance Systems Aerospace
Tuřanka 96/1236, 627 00 Brno, ČR
e-mail: tomas.szasi@honeywell.com

49