

OPTIMALIZÁCIA UMELYCH NEURÓNOVÝCH SIETÍ A PRODUKČNÝCH SYSTÉMOV POMOCOU GENETICKÝCH ALGORITMOV

Ing. Michal TURČANÍK, PhD.

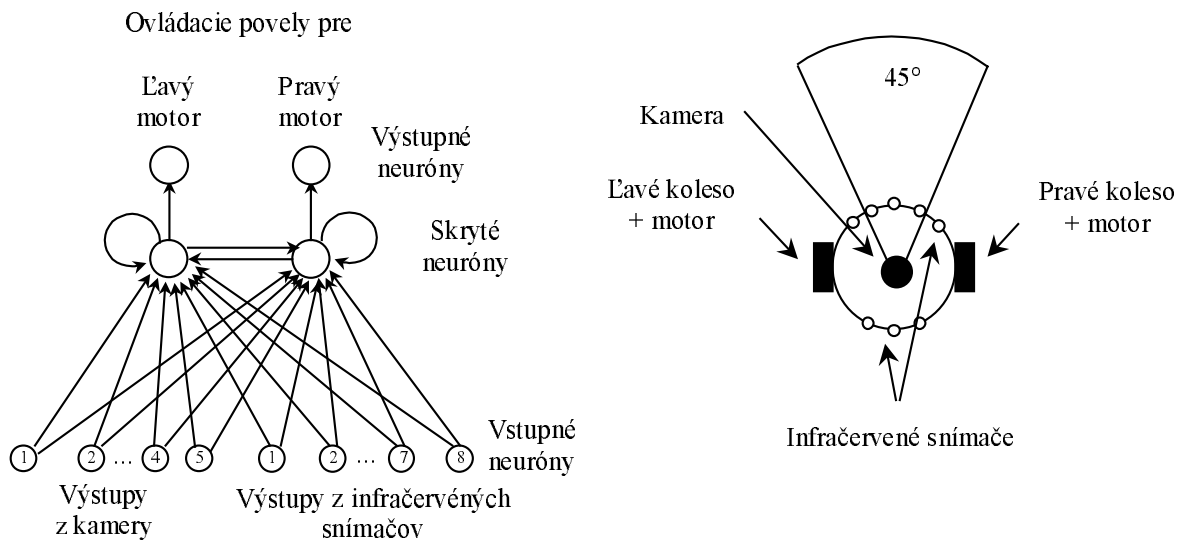
Katedra výpočtovej techniky a informatiky, Vojenská akadémia v Liptovskom Mikuláši

Úvod

Koevolúcia (evolúcia dvoch alebo viacerých súťažiacich populácií so spoločnou mierou vhodnosti) má niekoľko funkcií, ktoré môžu potencionálne rozšíriť silu adaptácie umelej evolúcie (1). V príspevku je uvedený spôsob nastavenia parametrov umelej neurónovej siete a vytvorenia pravidiel pre produkčný systém pomocou genetických algoritmov, pomocou ktorých je realizovaná simulácia koevolúcie.

1 Optimalizované systémy

Robotický systém, ktorý bude detailnejšie popísaný neskôr, je riadený pomocou umelej neurónovej siete alebo produkčného systému. Koevolúcia je použitá na nastavenie parametrov neurónovej siete alebo vytvorenie množiny pravidiel produkčného systému. V ďalšej časti budú opísané obidva spôsoby riadenia robotického systému.



Obrázok 1 – Topológia neurónovej siete na riadenie robotického systému

1.1 Umeľá neurónová sieť

Umeľá neurónová sieť je použitá na riadenie robotického systému, ktorý môže reprezentovať korisť alebo predátora. Parametre umelej neurónovej siete pre korisť majú byť nastavené tak, aby čo najdlhšie unikala predátorovi. Naopak parametre umelej neurónovej siete pre predátora majú byť nastavené tak, aby korisť unikala predátorovi čo najkratšie. Vstupom umelej neurónovej siete sú výstupy infračervených snímačov (rovnako pre korisť i pre predátora), ktorých má robotický systém osem (päť v prednej a tri v zadnej časti).

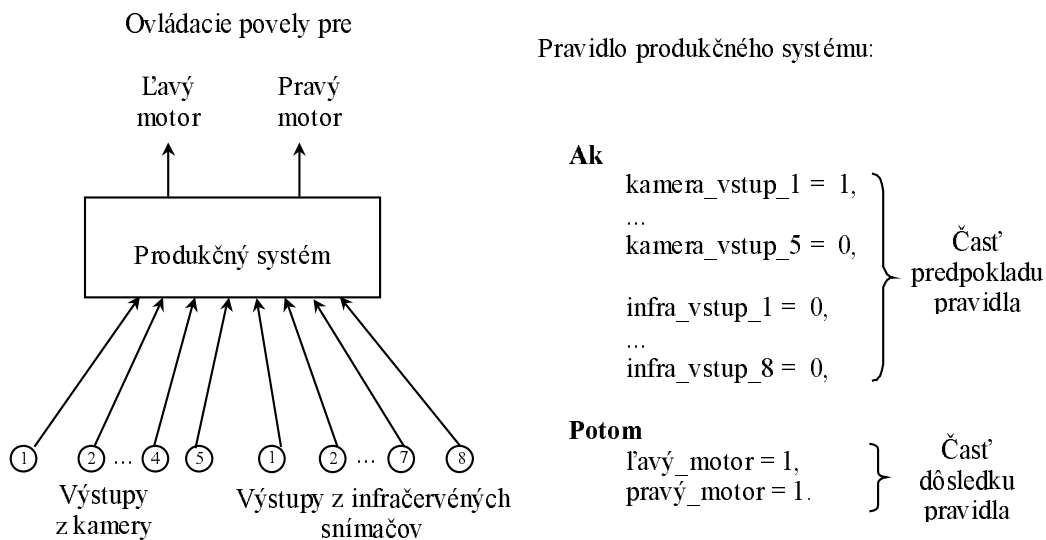
Výstupy kamery so zorným uhlom 45 stupňov, ktorý je rozdelený na päť častí, sú použité taktiež ako vstupy robotického systému.

Citlivosť infračervených snímačov je rovná dvojnásobku dĺžky, ktorú je robotický systém schopný prekonať za jednotku času. Priebeh aktivačnej prechodovej funkcie výstupných neurónov odpovedá štandardnej sigmoide. Výstupné neuróny sú použité na riadenie motorov (pravý a ľavý motor) robotického systému, kde výstupná hodnota „1“ reprezentuje zapnutie príslušného motora na jeden časový krok. Ak je výstupná hodnota „0“ príslušný motor nie je aktivovaný.

1.2 Produkčný systém

Produkčný systém je použitý na riadenie robotického systému, ktorý môže reprezentovať korisť alebo predátora. Pravidlá produkčného systému pre korisť sú definované tak, aby čo najdlhšie unikala predátorovi. Naopak pravidlá produkčného systému pre predátora sú definované tak, aby korisť unikala predátorovi čo najkratšie. Časť predpokladu pravidiel produkčného systému obsahuje výstupy kamery a infračervených snímačov (rovnako pre korisť i pre predátora), ktorých má robotický systém osem (päť v prednej a tri v zadnej časti). Dôsledková časť pravidiel produkčného systému obsahuje riadiace povely pre robotický systém.

Citlivosť infračervených snímačov, výstupov kamery a riadenie motorov (pravý a ľavý motor) robotického systému sú definované rovnako ako pri definícii neurónovej siete.



Obrázok 2 – Pravidlový produkčný systém

2 Duel

Duel je súťaž predátora a koristi v ohraničenom priestore, ktorý možno nazvať aréna. Počiatočné umiestnenie predátora a koristi je rovnaké, ale mení sa počiatočné natočenie predátora (koristi) oproti koristi (predátorovi). Cieľom predátora je v čo najkratšom čase, ktorý je reprezentovaný počtom časových krokov, chytiť korisť. Cieľom koristi je prežitie čo najväčšieho počtu časových krokov bez chytenia predátorom. Dĺžka duelu je stanovená na 500 časových krokov, pričom duel môže skončiť skôr chytením koristi predátorom. Víťazom duelu je predátor, ak sa mu podarí chytiť korisť za menej ako 500 časových krokov. V opačnom prípade je víťazom korisť.

3 Genetický algoritmus

Genetický algoritmus možno použiť na nastavenie parametrov umelých neurónových sietí (topológie, váhových a práhových koeficientov). Niektoré spôsoby sú uvedené v (2, 3, 4, 5). V príspevku sú nastavované parametre umelej neurónovej siete (váhové a práhové koeficienty), ale topológia sa nemení. Genetický algoritmus možno použiť taktiež na vytvorenie množiny pravidiel produkčného systému.

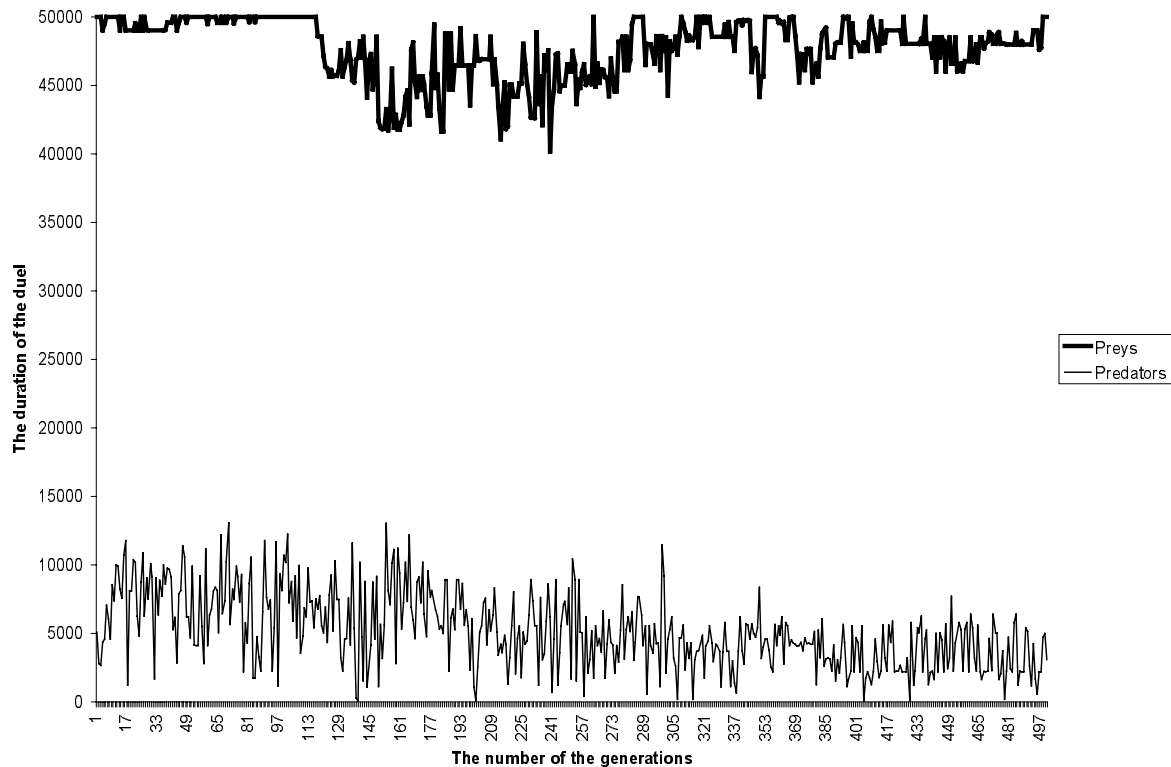
Prvá populácia je generovaná náhodne. Veľkosť populácie je sto genotypov. Činnosť genetického algoritmu je ukončená po 500 generáciách. Genetický algoritmus používa operátor selekcie („roulette wheel“), kde pravdepodobnosť výberu proporcionálne odpovedá miere vhodnosti príslušného genotypu. Použitý genetický algoritmus aplikuje na populáciu homogénny operátor kríženia a štandardný operátor mutácie. Genotyp reprezentuje váhové a práhové koeficienty umelej neurónovej siete, ktorá je znázornená na obrázku 1, alebo pravidlá produkčného systému (obrázok 2). Miera vhodnosti predátora odpovedá prevrátenej hodnote počtu časových krokov, ktoré boli potrebné na chytenie koristi. Čím je menší počet časových krokov, ktoré boli potrebné na chytenie koristi, tým je miera vhodnosti predátora väčšia. Miera vhodnosti koristi odpovedá priamo počtu časových krokov, počas ktorých korisť nebola chytená. Čím je väčší počet časových krokov, počas ktorých korisť nebola chytená, tým je miera vhodnosti koristi väčšia.

Koevolúcia je reprezentovaná súčasným priebehom činnosti dvoch genetických algoritmov, ktorých populácie sú vzájomne ovplyvňované. Prvý genetický algoritmus optimalizuje nastavenie parametrov umelej neurónovej siete alebo množinu pravidiel pre produkčný systém pre populáciu predátorov. Druhý optimalizuje nastavenie parametrov umelej neurónovej siete alebo množinu pravidiel pre produkčný systém pre populáciu koristií. Postupne je vytvorená tabuľka najlepších predátorov („hall of fame“), ktorí počas činnosti genetického algoritmu dosiahli najväčšiu mieru vhodnosti. Najlepší genotyp z populácie je do tejto tabuľky zaradený, ak jeho miera vhodnosti je väčšia než miera vhodnosti jedinca, ktorý ju má najmenšiu zo všetkých jedincov v tabuľke. Pred zaradením nového jedinca do tabuľky najlepších jedincov (predátorov alebo koristií) je jedinec s najmenšou mierou vhodnosti vyradený z tabuľky. Počiatočne nastavenie tabuľky je náhodné, pričom všetky jedinci majú vhodnosť minimálnu. Podobne je vytvorená tabuľka najlepších koristií, ktorí počas činnosti genetického algoritmu dosiahli najväčšiu mieru vhodnosti.

Tabuľka najlepších predátorov je použitá genetickým algoritmom na optimalizáciu parametrov umelej neurónovej siete alebo množiny pravidiel pre produkčný systém pre populáciu koristií. Počas vyhodnocovania miery vhodnosti každého jedinca z populácie koristií je realizovaný duel príslušného jedinca s každým predátorom z tabuľky najlepších predátorov. Výsledná miera vhodnosti je rovná súčtu mier vhodnosti pre každý duel, ktorého sa príslušný jedinec zúčastnil. Týmto je zabezpečená adaptácia jedincov z populácie koristií na niekoľko najlepších predátorov a nie na správanie jedného. Rovnako tabuľka najlepších koristií je použitá genetickým algoritmom na optimalizáciu parametrov umelej neurónovej siete alebo množiny pravidiel pre produkčný systém pre populáciu predátorov. Počas vyhodnocovania miery vhodnosti každého jedinca z populácie predátorov je realizovaný duel príslušného jedinca s každou korisťou z tabuľky najlepších koristií. Výsledná miera vhodnosti je rovná súčtu mier vhodnosti pre každý duel, ktorého sa príslušný jedinec zúčastnil. Týmto je zabezpečená adaptácia jedincov z populácie predátorov na niekoľko najlepších koristií a nie na správanie jedného.

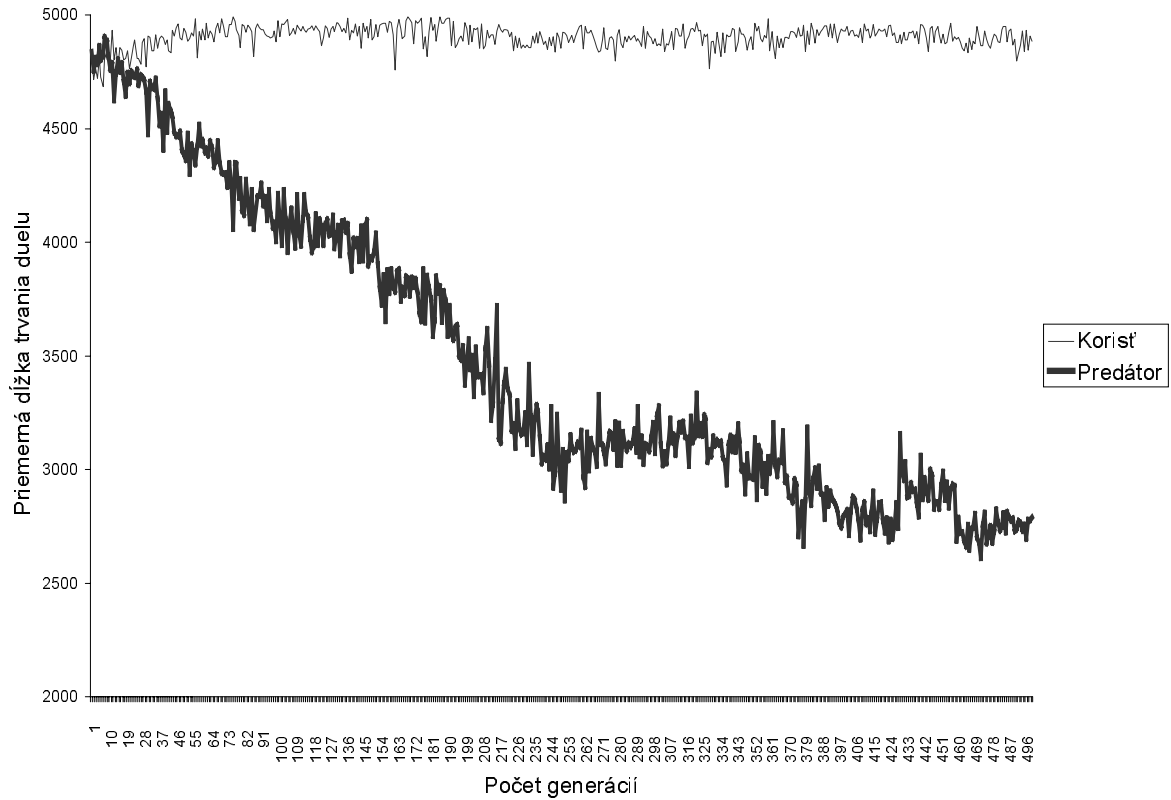
4 Simulácia koevolúcie

Simulačný model bol vytvorený v prostredí Matlab z dôvodu nemožnosti fyzickej realizácie robotického systému. Simulačný model obsahuje model arény, model neurónovej siete a produkčného systému pre predátora a korisť, ktoré sú použité genetickým algoritmom na vyhodnotenie miery vhodnosti.

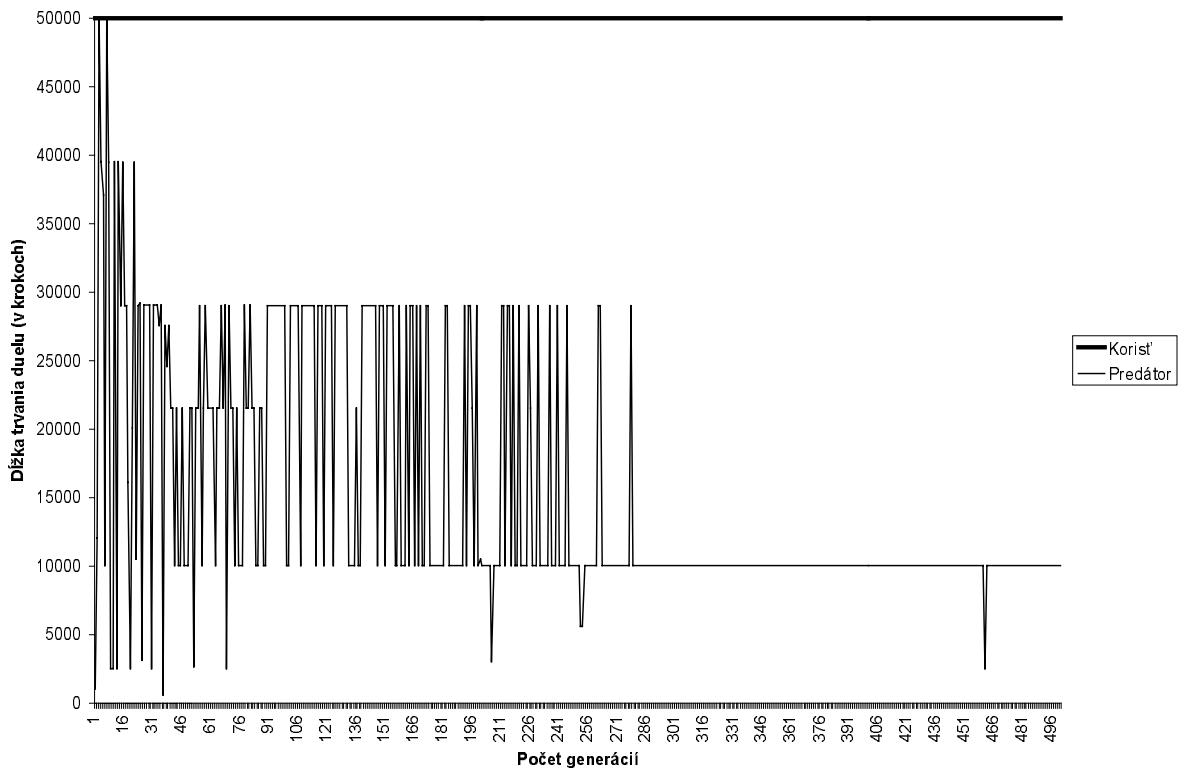


Obrázok 3 – Grafická závislosť dĺžky trvania duelu od počtu generácií pre najlepšieho jedinca v populácii pre optimalizáciu neurónovej siete

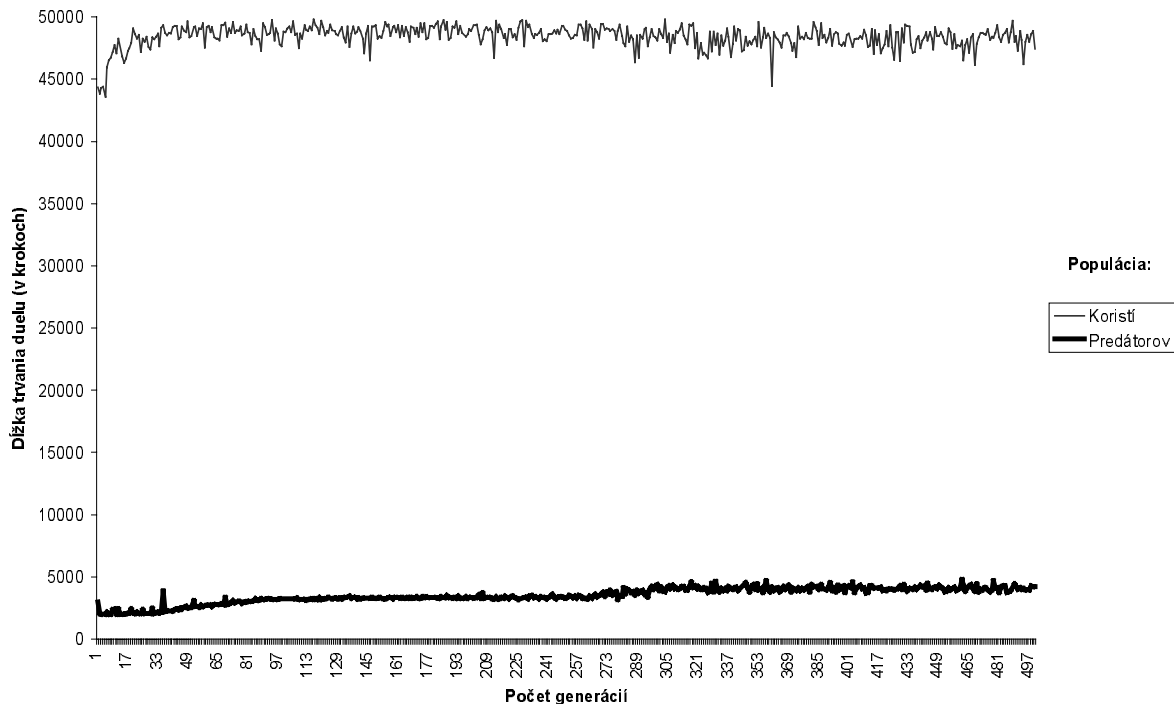
Na obrázku 3 je znázornená grafická závislosť dĺžky trvania duelu od počtu generácií pre najlepšieho jedinca v populácii predátorov a koristi pre optimalizáciu neurónovej siete a na obrázku 5 pre produkčný systém. Každý predátor (korisť) sa stretne v duely so všetkými jedincami z tabuľky najlepších koristi (predátorov), ktorá obsahuje sto jedincov. Jeden duel trvá maximálne 500 časových krokov. Celková dĺžka duelov, ktoré absolvuje každý predátor (korisť) je potom z intervalu 0 až 50000. Najlepší jedinec z populácie koristi pre optimalizáciu produkčného systému pre všetky generácie zvíťazil v každom duely s predátorom (lineárna závislosť). Naopak dĺžka duelu pre najlepšieho jedinca z populácie predátorov je závislá na konkrétnej generácii a populácii koristi.



Obrázok 4 – Grafická závislosť priemernej dĺžky trvania duelu od počtu generácií pre populáciu predátorov a koristi pre optimalizáciu neurónovej siete



Obrázok 5 – Grafická závislosť dĺžky trvania duelu od počtu generácií pre najlepšieho jedinca v populácii pre optimalizáciu pravidiel produkčného systému



Obrázok 6 – Grafická závislosť priemernej dĺžky trvania duelu od počtu generácií pre populáciu predátorov a koristi pre optimalizáciu pravidiel produkčného systému

Na obrázku 4 je znázornená grafická závislosť priemernej dĺžky trvania duelu od počtu generácií pre populáciu predátorov a koristi pre optimalizáciu neurónovej siete a na obrázku 6 pre produkčný systém. Z grafickej závislosti pre populáciu koristi je zrejme, že priemerná dĺžka života populácie koristi je okolo hodnoty maximálneho počtu časových krokov na duel. Z totožnej grafickej závislosti pre populáciu predátorov je zrejme zlepšovanie kvality populácie predátorov, čo je reprezentované znižovaním dĺžky duelu predátora a koristi. Lepšie výsledky (vít'azstvo v duely za minimálny čas) pre populáciu predátorov alebo koristi (vít'azstvo v duely za maximálny čas) možno dosiahnuť zlepšením kvality snímačov, ktoré budú mať väčšiu citlivosť na väčšiu vzdialenosť. Možno taktiež modifikovať pohybový systém, ktorý by umožňoval zmenu rýchlosti. Korisť by v prípade lokalizácie predátora zväčšila svoju rýchlosť pohybu alebo naopak predátor by zväčšil svoju rýchlosť v prípade lokalizácie koristi.

Záver

Koevolúcia dvoch súťažiacich populácií môže produkovať komplexnejšie riešenia. Úspech populácie predátorov spôsobuje neúspech populácie koristi a naopak neúspech populácie predátorov je zapríčinený úspechom populácie koristi. Snahou neúspešnej populácie je adaptácia na víťaznú populáciu, ktorej výsledkom je úspech v nasledujúcej generácii, čo platí pre populáciu predátorov i koristi.

Výkonnosť jedinca v populácii závisí taktiež od individuálnych stratégií jedincov v druhej populácii počas procesu evolúcie. Zmena povrchu miery vhodnosti („landscape“), vzhľadom na zmeny jedincov v druhej populácii, pôsobí preventívne proti uviaznutiu v lokálnom minime. Koevolúcia dvoch populácií (predátorov a koristi) je podobná evolúcii jednej populácie s meniacim sa okolným prostredím, ktoré na ňu pôsobí.

Literatúra

- (1) Nolfi, S. – Floreano, D.: Co-evolving predator and pray robots: Do 'arms races' arise artificial evolution? *Artificial Life, Special Issue on „Evolutionary Robotics“*, May, 1998.
- (2) Kaločay, P. - Turčaník, M.: Možnosti optimalizácie neurónových sietí pomocou genetických algoritmov. Zborník VA č. 1, ročník VIII, Liptovský Mikuláš, 2001, s. 97-106.
- (3) Goldberg, D. E.: *Genetic Algorithms in Search, Optimization and Machine Learning*. Addison-Wesley Publishing Company, USA, 1989.
- (4) Koza, J.: *Quick Introduction to Genetic Programming*. Technical Report CS-TR-96-1542, Stanford University, Department of Computer Science, January 1996.
- (5) Kvasnička, V. - Beňušková, Ľ. - Pospíchal, J. - Farkaš, I. - Tiňo, P. - Kráľ, A.: *Úvod do neurónových sietí*. Vydavateľstvo IRIS, Bratislava, 1997.

Kontakt:

Dept. of Informatics and Computer Sciences
Faculty of Telecommunication Technology and Informations Systems
Military Academy at Liptovský Mikuláš

Slovak Republic

Tel, Fax: ++421 044256039

E-mail: turcanik@valm.sk