

## *OBRAZLOŽENJE PRIJEDLOGA TEME DOKTORSKE DISERTACIJE*

### **Model sa poboljšanom dinamikom procesa optimizacije ANT COLONY algoritama na bazi predikcionih neuronskih mreža**

Engleski naziv

### **Model with enhanced dynamic of Ant Colony Optimization process based on prediction Neural Networks**

#### **1. TIP ISTRAŽIVANJA**

Istraživanje se temelji na efikasnosti Ant Colony Optimization (ACO) algoritama [1 2 4 5 6 9 10 16 17 19 23 26 27 28 29 30 32], koju pokušavamo povećati predikcijom rješenja pomoću neuronskih mreža [13 14 15 25 33 34], koje imaju za cilj da ubrzaju proces traženja optimalnog rješenja. Pored teorijskog razmatranja, u ovom radu će se vršiti modeliranje raznih problema i pristupa rješavanju istih, a zatim će se ovaj algoritam implementirati u MatLab-u i izvršiti provjera njegove efikasnosti na širokoj familiji problema u cilju generalizacije rješenja.

#### **2. PROBLEM KOJIM SE BAVI ISTRAŽIVANJE**

ACO algoritmi [1 2 4 5 6 9 10 16 17 19 23 26 27 28 29 30 32] su prvi put objavljeni 1992 i od tada se konstantno usavršavaju. Pomoću ovih algoritama možemo rješavati široku klasu problema. Uglavnom, svi ti problemi moraju da nađu analogiju sa situacijom u kojoj se nalaze biološke jedinice mrava unutar kolonije. Naime, jedan od osnovnih problema svake kolonije, pa tako i mravlje, je da obezbijedi hranu za svoje pripadnike. Zanimljivo je da se mravi, prilikom prenošenja hrane u svoje stanište, kreću, gotovo uvijek najkraćim putem. To je bio povod za uvođenje ovih algoritama. Standardna analogija ovom problemu, prilikom rješavanja drugih problema je najkraći put (po unaprijed određenom pravilu) unutar grafa.

Ovi algoritmi su bili preteča široj klasi algoritama poznatih pod nazivom Swarm intelligence algoritmi [3 24 26 31]. Svi ovi algoritmi počivaju na organizaciji kolonije. Mravlje kolonije i,

uopšte, svi insekti sa socijalnim ponašanjem, uprkos, ali i zahvaljujući jednostavnosti jedinke, uspjeli su izgraditi veoma složenu organizaciju. Naime, kao rezultat te organizacije, kolonija može izvršiti kompleksan zadatak koji u velikoj mjeri prevazilazi individualne sposobnosti jedinke te kolonije.

Problem, kojim će se baviti ova disertacija, je unaprijeđenje ACO algoritama pomoću neuronske mreže. Neuronsku mrežu u ACO algoritmu ćemo trenirati na polaznim problemima koji spadaju u istu klasu kao i problem koji rješavamo. U ACO algoritmu [17 27] ćemo svakih nekoliko iteracija, umjesto regularnog pseudo-slučajnog pravila izbora sljedeće grane, koristiti neuronsku mrežu [13 14 15 25 33 34] koja će nam pomoći da konstruišemo put, koji bi po tekućim parametrima, uz pomoć prije istrenirane neuronske mreže, trebao da bude što bliži optimalnom putu.

### 3. CILJEVI ISTRAŽIVANJA

Osnovni ciljevi istraživanja su:

- usavršavanje već postojećih ACO algoritama koristeći predikciju na bazi neuronskih mreža, o tome koja bi grana trebala da pripada optimalnom putu,
- klasifikacija problema koji bi se mogli rješavati ovim metodama.

Za ostvarivanje usavršavanja, potrebno je naći skup manjih problema iz te klase, na kojima ćemo trenirati neuronsku mrežu, koju ćemo poslije koristiti u našem algoritmu za rješavanje nekog konkretnog problema.

Za klasifikaciju problema, koji bi se mogli rješavati ovim metodama, koristit ćemo naše rezultate i provjeravati koje uslove moraju zadovoljavati problemi da bi ih mogli rješavati ovim metodama.

### 4. ZADACI ISTRAŽIVANJA

Da bi se ostvarili ciljevi koji se postavljaju pred istraživanja u okviru disertacije, potrebno je istražiti koliki uticaj na rješavanje problema ima ispravna predikcija puta pomoću neuronske mreže, te koliko to popravља sam ACO algoritam (u brzini dostizanja dovoljno dobrog rješenja, odnosno u samoj kvaliteti dobijenog rješenja).

Provjera brzine dostizanja bi se mjerila na dva načina Monte Carlo metodom . Prvi bi bio broj iteracija koji bi bio potreban za dostizanje nekog rješenja određene kvalitete, a drugi način bi bio računanje ukupnog broja računskih operacija koje bi algoritam napravio. Što se tiče kvalitete rješenja, ponovo bi Monte Carlo metodom provjeravali da li se dobija kvalitetnije rješenje na modificovanim (na bazi predikcionih neuronskih mreža) u odnosu na nemodifikovane ACO algoritme.

Na kraju je neophodno protumačiti efekat koji bi implementacija predloženog pristupa imala na rješavanje problema, što bi direktno određivalo njene potencijale za primjenu u praksi. Isto tako, neophodno je ukazati na trenutne prepreke, odnosno nedostatke.

## 5. METODOLOGIJA ISTRAŽIVANJA

Metodologija istraživanja se temelji na teorijskoj analizi, formalnom opisu modifikacija, implementaciji postojećih i modificovanih ACO algoritama, te korištenju Monte Carlo metode za testiranje, kao i analiza dobijenih podataka.

U teorijskom razmatranju će biti u potpunosti opisani postojeći ACO algoritmi, te način kako bi se mogli unaprijediti koristeći predikciju pomoću neuronske mreže. Naime, prilikom korištenja neuronske mreže, imamo više načina na koji možemo primijeniti mrežu. Jedan način se odnosi na ulazne podatke koje prosljeđujemo mreži. Između ostalog, u radu ćemo provjeriti koje parametre ćemo uključiti, a koji nam nisu potrebni. Mogući parametri za granu koja bi potencijalno mogla pripadati optimalnoj putanji bi bili težina (dužina) te grane, količina feromona na toj grani, broj grana koje izlaze iz krajnjih čvorova te grane, ukupan broj grana u grafu, aritmetička sredina težina grana koje izlaze iz krajnjih čvorova, odnosno aritmetička sredina težina svih grana u grafu, aritmetičke sredine količina feromona na granama, te varijansa težina i količina feromona. Uporedo s biranjem parametara koje bi neuronska mreža koristila, provjeravat ćemo i načine primjene dobijenih podataka, tj., da li je te podatke bolje koristiti za gradnju konačnog rješenja, ili će biti bolje koristiti te podatke za kreiranje dinamičke liste susjednih čvorova za posjećivanje, radi ograničavanja ACO algoritma na manji prostor pretrage, a koji bi sadržavao optimalno rješenje.

U formalnom objašnjenju biće objašnjene sve izmjene koje ćemo raditi na algoritmima, te izvesti matematički dokaz da će dobijeno rješenje konvergirati ka optimalnom rješenju.

Implementacija svih algoritama će se vršiti u MatLab-u u kojem će biti izvršeno i testiranje implementacija tih algoritama Monte Carlo metodom. Na osnovu dobijenih podataka izvršit

ćemo analizu kvalitete samih algoritama i dobijenih rješenja. Ovi rezultati će direktno uticati na dalji tok istraživanja vezanog za ovaj problem.

## 6. ZNAČAJ – DOPRINOS PREDLOŽENE TEME DOKTORSKE DISERTACIJE

Prilikom provjere dosadašnjih radova koji vrše hibridizaciju ACO algoritama i neuronske mreže [7 8 11 12 18 20 21 22], vidjeli smo da se ta hibridizacija vrši na način da neuronsku mrežu treniraju koristeći ACO algoritme i time postižu bržu konvergenciju same mreže.

U ovom istraživanju se želi dokazati obrnut slučaj, tj., **moгуćnost modeliranje dinamike procesa optimizacije ACO algoritama na bazi predikcionih neuronskih mreža, što čini izvorni doprinos doktorske disertacije.**

Kandidat

mr. Vedad Letić, dipl. matematičar-informatičar

## Reference:

- [1] Mohamad, M., Tokhi, M.O., Omar, M., Continuous ant colony optimisation for active vibration control of flexible beam structures, Mechatronics (ICM), 2011 IEEE International Conference on Digital Object Identifier: 10.1109/ICMECH.2011.5971224, Publication Year: 2011 , Page(s): 803 – 808
- [2] Soika, Christiane; Teich, Tobias; Militzer, Jorg; Kretz, Daniel, Generation of process variants in automated production planning by using Ant Colony Optimization, Communication Software and Networks (ICCSN), 2011 IEEE 3rd International Conference on Digital Object Identifier: 10.1109/ICCSN.2011.6014847, Publication Year: 2011 , Page(s): 52 – 56
- [3] Yong Liu; Liang Ma, Bee colony foraging algorithm for integer programming, Business Management and Electronic Information (BMEI), 2011 International Conference on Digital Object Identifier, Volume: 5: 10.1109/ICBMEI.2011.5914458, Publication Year: 2011 , Page(s): 199 - 201
- [4] Li-Ning Xing; Rohlfshagen, P.; Ying-Wu Chen; Xin Yao, A Hybrid Ant Colony Optimization Algorithm for the Extended Capacitated Arc Routing Problem, Systems, Man, and Cybernetics, Part B: Cybernetics, IEEE Transactions on Digital Object Identifier, Volume: 41 , Issue: 4: 10.1109/TSMCB.2011.2107899, Publication Year: 2011 , Page(s): 1110 – 1123
- [5] Euch, J.; Yassine, A.; Chabchoub, H., On the performance of artificial ant colony to solve the dynamic vehicle routing problem, Logistics (LOGISTIQUA), 2011 4th International Conference on Digital Object Identifier: 10.1109/LOGISTIQUA.2011.5939400, Publication Year: 2011 , Page(s): 38 – 43
- [6] Ji-yun Bai; Li, Shi-yong, Improvement in Extension of Ant Colony Optimization and its appliance, Advanced Computer Control (ICACC), 2011 3rd International Conference on Digital Object Identifier: 10.1109/ICACC.2011.6016475, Publication Year: 2011 , Page(s): 557 – 560
- [7] Tahersima, H.; Tahersima, M.; Fesharaki, M.; Hamed, N., Forecasting Stock Exchange Movements Using Neural Networks: A Case Study, Future Computer Sciences and Application (ICFCSA), 2011 International Conference on Digital Object Identifier: 10.1109/ICFCSA.2011.35, Publication Year: 2011 , Page(s): 123 – 126
- [8] Dhondalay, Gopal K.; Tong, Dong L.; Ball, Graham R., Estrogen receptor status prediction for breast cancer using artificial neural network, Machine Learning and Cybernetics (ICMLC), 2011 International Conference on Digital Object Identifier: 10.1109/ICMLC.2011.6016771, Volume: 2, Publication Year: 2011 , Page(s): 727 – 731

- [9] Xin Xie; Peng Wu, Research on the optimal combination of ACO parameters based on PSO, Networking and Digital Society (ICNDS), 2010 2nd International Conference on Digital Object Identifier: 10.1109/ICNDS.2010.5479311, Volume: 1, Publication Year: 2010 , Page(s): 94 – 97
- [10] Baohua Jin; Lei Zhang, An Improved Ant Colony Algorithm for Path Optimization in Emergency Rescue, Intelligent Systems and Applications (ISA), 2010 2nd International Workshop on Digital Object Identifier: 10.1109/IWISA.2010.5473427, Publication Year: 2010 , Page(s): 1 - 5
- [11] Vahdati, G.; Ghouchani, S.Y.; Yaghoobi, M., A hybrid search algorithm with Hopfield neural network and Genetic algorithm for solving traveling salesman problem, Computer and Automation Engineering (ICCAE), 2010 The 2nd International Conference on Digital Object Identifier: 10.1109/ICCAE.2010.5451917, Volume: 1, Publication Year: 2010 , Page(s): 435 - 439
- [12] Qingle Pang; Min Zhang, Traffic flow forecasting based on ant colony neural network, Intelligent Control and Automation (WCICA), 2010 8th World Congress on Digital Object Identifier: 10.1109/WCICA.2010.5554931, Publication Year: 2010 , Page(s): 4706 – 4710 [na kineskom]
- [13] Abdel-Moetty, S.M., Traveling Salesman Problem Using Neural Network Techniques, Informatics and Systems (INFOS), 2010 The 7th International Conference on Publication Year: 2010 , Page(s): 1 – 6
- [14] Zhi-liang Wang; Hui-hua Sheng, Rainfall Prediction Using Generalized Regression Neural Network: Case Study Zhengzhou, Computational and Information Sciences (ICCIS), 2010 International Conference on Digital Object Identifier: 10.1109/ICCIS.2010.312, Publication Year: 2010 , Page(s): 1265 – 1268
- [15] Shuangyi Zhao; Jing Zhao; Ge Zhao; Wenyu Zhang; Zhenhai Guo, Effective Wind Power Density Prediction Based on Neural Networks, Multimedia Technology (ICMT), 2010 International Conference on Digital Object Identifier: 10.1109/ICMULT.2010.5631154, Publication Year: 2010 , Page(s): 1 - 4
- [16] Kurniawan, T.B.; Ibrahim, Z.; Khalid, N.K.; Khalid, M., A Population-Based Ant Colony Optimization Approach for DNA Sequence Optimization, Modelling & Simulation, 2009. AMS '09. Third Asia International Conference on Digital Object Identifier: 10.1109/AMS.2009.79, Publication Year: 2009 , Page(s): 246 - 251
- [17] Vedad Letić, Dimenzioniranje i optimizacija prstenaste mreže telekomunikacionih prenosnih sistema (Ring-star problem) pomoću Ant colony algoritma, magistarski rad, 2009
- [18] Huawang Shi; Wanqing Li, Artificial neural networks with ant colony optimization for assessing performance of residential buildings, BioMedical Information Engineering, 2009. FBIE 2009.

- International Conference on Future Digital Object Identifier: 10.1109/FBIE.2009.5405836,  
Publication Year: 2009 , Page(s): 379 - 382
- [19] Arnaud Liefvooghe, Laetitia Jourdan, El-Ghazali Talbi, Metaheuristics and Their Hybridization to Solve the Bi-objective Ring Star Problem: a Comparative Study, Institut national de recherche en informatique et en automatique (INRIA), Rapport de recherche No 6414, April 2008
- [20] Wei Gao, Evolutionary Neural Network Based on New Ant Colony Algorithm, Computational Intelligence and Design, 2008. ISCID '08. International Symposium on Volume: 1, Digital Object Identifier: 10.1109/ISCID.2008.143, Publication Year: 2008 , Page(s): 318 - 321
- [21] Gao, W., New Neural Network Based on Ant Colony Algorithm for Financial Data Forecasting, Intelligent Information Hiding and Multimedia Signal Processing, 2008. IIHMSP '08 International Conference on Digital Object Identifier: 10.1109/IIH-MSP.2008.126, Publication Year: 2008 , Page(s): 1437 – 1440
- [22] Gao Wei, Study on Evolutionary Neural Network Based on Ant Colony Optimization, Computational Intelligence and Security Workshops, 2007. CISW 2007. International Conference on Digital Object Identifier: 10.1109/CISW.2007.4425432, Publication Year: 2007 , Page(s): 3 – 6
- [23] M. Manfrin, M. Birattari, T. Stützle, and M. Dorigo, Parallel ant colony optimization for the traveling salesman problem, in Proceedings of ANTS 2006, ser. LNCS, M. Dorigo et al., Eds., vol. 4150. Springer Verlag, 2006
- [24] Ajith Abraham, Crina Grosan, Vitorino Ramos, Swarm Intelligence in Data Mining, Published by Springer, 2006
- [25] Qiang Ye; Bing Liang; Yijun Li, Amnestic neural network for classification: application on stock trend prediction, Services Systems and Services Management, 2005. Proceedings of ICSSSM '05. 2005 International Conference on Digital Object Identifier: 10.1109/ICSSSM.2005.1500149, Volume: 2, Publication Year: 2005, Page(s): 1031 - 1034 Vol. 2
- [26] Marco Dorigo, Ant Colony Optimization and Swarm Intelligence: 4th International Workshop, ANTS 2004, Brussels, Belgium, September 5-8, 2004 : Proceedings, Springer, 2004
- [27] Marco Dorigo and Thomas Stützle, Ant Colony Optimization, Published by MIT Press, 2004
- [28] T. Stützle and M. Dorigo, A short convergence proof for a class of ACO algorithms, IEEE Transactions on Evolutionary Computation, vol. 6, no. 4, 2002

- [29] M. Birattari, G. Di Caro, and M. Dorigo, Toward the formal foundation of ant programming, in Ant Algorithms – Proceedings of ANTS 2002 – Third International Workshop, ser. LNCS, M. Dorigo et al., Eds., vol. 2463. Springer Verlag, 2002
- [30] T. Stützle and H. H. Hoos, MAX–MIN Ant System, Future Generation Computer Systems, vol. 16, no. 8, 2000
- [31] Eric Bonabeau, Marco Dorigo, Guy Theraulaz, Swarm Intelligence: From Natural to Artificial Systems, Oxford University Press US, 1999
- [32] M. Dorigo and L. M. Gambardella, Ant colonies for the traveling salesman problem, BioSystems, vol. 43, no. 2, 1997
- [33] Falas, T.; Charitou, A.; Charalambous, C., The application of artificial neural networks in the prediction of earnings, Neural Networks, 1994. IEEE World Congress on Computational Intelligence., 1994 IEEE International Conference on Digital Object Identifier: 10.1109/ICNN.1994.374920, Volume: 6, Publication Year: 1994 , Page(s): 3629 - 3633 vol.6
- [34] Chen, C.H., Neural networks for financial market prediction, Neural Networks, 1994. IEEE World Congress on Computational Intelligence., 1994 IEEE International Conference on Digital Object Identifier: 10.1109/ICNN.1994.374354, Volume: 2, Publication Year: 1994 , Page(s): 1199 - 1202 vol.2