

OPTIMUMKERESŐ ALGORITMUSOK ITERÁCIÓTÖRTÉNETÉNEK VIZSGÁLATA

ITERATION HISTORY ANALYSIS OF EVOLUTIONARY TYPE OPTIMIZATION ALGORITHMS

*Dr. Szabó Ferenc János, PhD, Miskolci Egyetem Gép- és Terméktervezési Intézet,
machszf@uni-miskolc.hu*

ABSTRACT The iteration history curve of optimization algorithms is a saturation- type development curve or sigmoid shape curve. The iteration history curve of the RVA (Random Virus Algorithm) is analyzed in order to find its best settings to a given optimization problem. The analysis of the characteristics and numerical parameters of the iteration history curve gives the possibility to discover the speed and efficiency of the algorithm without the necessity to wait the whole running until its final result, which can make faster the numerical experiments during the solution of the optimization problem and „fine tuning” the algorithm to the given task. Since sigmoid type curves can be found in many different fields of the life (history of the sport world records, comparison of the achievements of several groups), the results of this analysis can be used in several different domains of the life, when the ranking, comparison, evaluation or qualification of several individuals or groups is important.

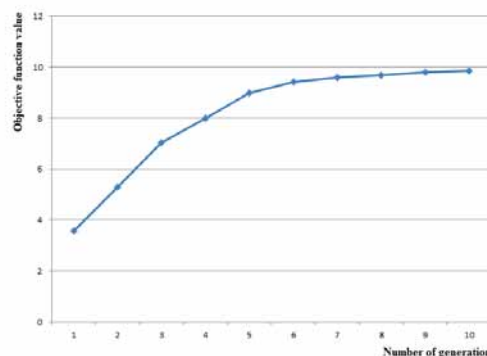
1. BEVEZETÉS

Mivel a cikket nyomdakész állapotban kell Az optimumkereső algoritmusok iteráció történetét mutató görbék minden esetben telítődési (szigmoid) típusú görbék, melyeknek az egyenlete különböző, a görbék alakjával, növekedési sebességével, az elérhető szélsőérték nagyságával kapcsolatos paramétereket tartalmaz. Egy optimumkereső algoritmus teljes keresési folyamata, főleg napjainkban, a multidiszciplináris optimálás [1][2][3][4][5] korszakában, sok időt vesz igénybe. Az időigényes számítások megspórolása, csökkentése miatt újabb és újabb algoritmusok kerülnek kifejlesztésre [6] [7] [8] [9] [10] [11] [12][13]. Az így kifejlesztett algoritmusok egyre szélesebb körben kerülnek alkalmazásra a mérnöki optimálás [14][15][16][17] különböző területein is. Az algoritmus különböző paramétereinek értékeit „behangolni” többszöri

futtatásokat, kísérletezéseket tesz szükségessé, így a hangolási, optimumkeresési folyamat heteket is igénybe vehet. Az iteráció történeti görbének néhány pontból történő approximációja alapján előállítva az iteráció történeti görbét, gyorsabbá és hatékonyabbá tehető ez a hangolási, kísérletezési folyamat, akár a teljes idő felére csökkenthető. Jelen munkában erre szeretnénk egy példát bemutatni, az RVA (Random Virus Algorithm) [4] optimumkereső algoritmust alkalmazva.

2. AZ ITERÁCIÓTÖRTÉNET GÖRBÉJE

Az 1. ábra egy jellemző iterácótörténeti görbét mutat, mely minden optimumkereső algoritmus működésének jellemző görbéje. A görbe telítődési jellege a keresés „finomodásával” magyarázható, minél hosszabban keresünk, a keresés vége felé egyre nehezebb lesz az addig megtaláltaknál jobb pontot találni.



1. ábra. Egy jellemző iterácótörténeti görbe

A gazdasági, mérnöki, egészségügyi és tudományos élet számos területén találkozhatunk szigmoid típusú görbék alkalmazásával különböző jelenségek leírására [18] [19] [20] [21] [22] [23] [24]. Jelen cikkben két jellegzetes görbét, a Pearl- Reed [21] és a Bertalanffy [22] görbét fogjuk használni az algoritmus iteráció görbéjének leírására. A görbe közelítésének

numerikus megoldásához a Nelder- Mead optimáló algoritmust is felhasználjuk.

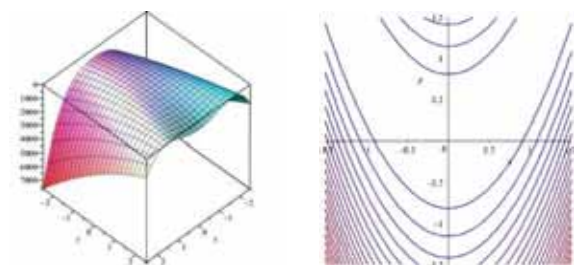
3. DEMONSTRÁCIÓS SZÁMPÉLDA

Az iterációtörténeti görbe tanulmányozásához a Rosenbrock- függvény [26] maximumának keresési folyamatát fogjuk bemutatni. Az optimumkeresés célfüggvénye tehát:

$$f(x, y) = 10 - (1 - x)^2 - 100(y - x^2)^2 \quad (7)$$

a változókra felírt explicit feltételek : $-2.5 \leq x \leq 2.5$ és $-2.5 \leq y \leq 2.5$,
implicit feltétel: $x^2 + y^2 \leq 2$.

A célfüggvény kontúros ábrázolása a 2. ábra a és b részében látható.



a. A függvény alakja

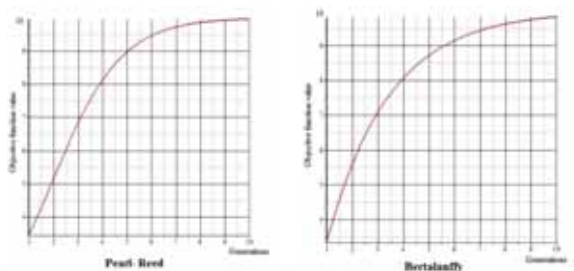
b. A kontúros kép

2. ábra

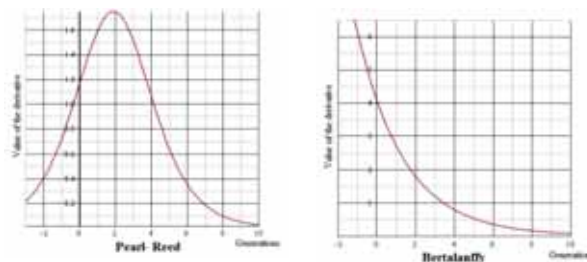
A maximumkeresési probléma megoldása: a függvény $x = 1$ és $y = 1$ esetén a maximális 10 értéket veszi fel. Az RVA algoritmus iterációtörténeti görbéjének (1. ábra) közelítése során adódó egyenletek:

Pearl- Reed : $y = \frac{K}{1 + ce^{-rx}}$, $K = 10$, $r = 0.7$,
 $c = 3.8$, regressziós együttható: -0.99183 .

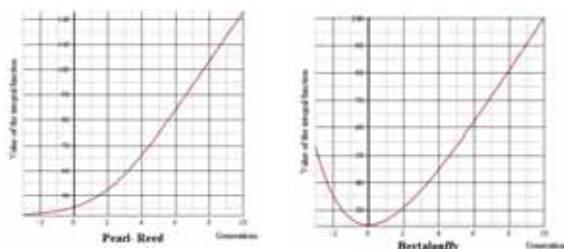
Bertalanffy: $y = K(1 - ce^{-rx})$, $K = 10$,
 $r = 0.41$, $c = 1$, regressziós együttható: -0.99607 .



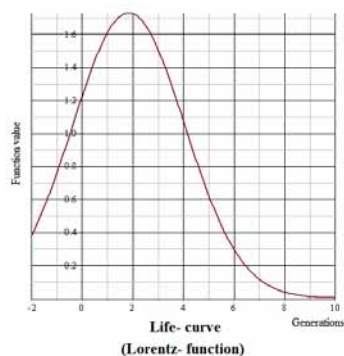
3. ábra. Az iteráció történeti görbét közelítő görbék



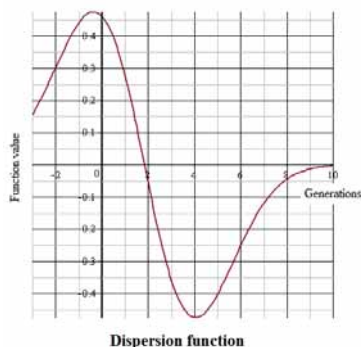
4. ábra. A közelítő görbék deriváltjai



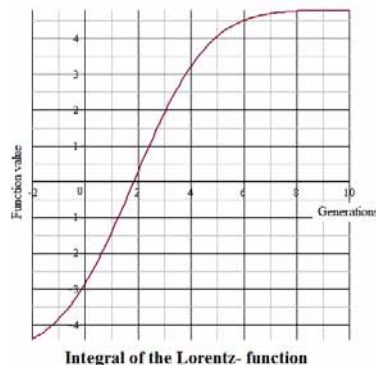
5. ábra. A görbék integrálja



6. ábra. A Lorentz- függvény



7. ábra. A diszperziós függvény



8. ábra. A Lorentz- függvény integrálja

4. KÖVETKEZTETÉSEK

Az iterációtörténeti görbe közelítése után felírható a görbe egyenlete, képezhető a deriváltja és integrálja. Az ezekben az egyenletekben szereplő paraméterek szám szerint leírják a görbe meredekségét, ami az algoritmus gyorsaságát mutatja, valamint az elérhető szélsőértékre is jó becslést adnak. Ezeket összehasonlítva nem kell megvárni az optimumkeresési programfutás végét, hanem már 3-4 iteráció után közelíthető az iteráció történet és a paraméterek összehasonlításából eldönthető, hogy az adott beállítások az algoritmus mennyire hatékony munkáját eredményezik, ezáltal jelentősen csökkenthető az algoritmusok beállítási, numerikus kísérletezési munkájának ideje.

5. KÖSZÖNETNYÍLVÁNÍTÁS

A cikkben bemutatott kutatómunka megvalósulását a következő projekt támogatása segítette: EFOP-3.6.1-16-2016-00011 "Younger and Renewing University – Innovative Knowledge City – institutional development of the University of Miskolc aiming at intelligent specialisation" a Szechenyi 2020 program keretében. A projekt megvalósulását az Európai Unió támogatta, az European Social Fund társfinanszírozásával

A szerző ezúton kívánja köszönetét kifejezni az említett projektnek és szervezeteknek a munka megvalósítása során nyújtott segítségért.

6. IRODALOM

- [1] Abraham, et al.: *Foundations of Computational Intelligence*, Vol. 3. Springer, 2009. 528 p. ISBN 978-3-642-01085-9
- [2] Cramer, E.J., Dennis Jr., J.E., Frank, P.D., Lewis, R.M., and Shubin, G.R., *Problem Formulation for Multidisciplinary Optimization*, SIAM J. Optim., 4 (4): 754-776, 1994.
- [3] Martins, J. R. R. A. and Lambe, A. B., "[Multidisciplinary design optimization: A Survey of architectures](#)", AIAA Journal, 51(9), 2013. DOI: [10.2514/1.J051895](#)
- [4] Szabó, F. J.: Multidisciplinary optimization of a structure with temperature dependent material characteristics, subjected to impact loading. *International Review of*

Mechanical Engineering, 2 (3) pp. 499- 505. (2008).

- [5] Vanderplaats, G. N., *Multidiscipline Design Optimization*, Vanderplaat R&D, Inc., 2007.
- [6] Das, S. et al.: On Stability of the Chemotactic Dynamics in Bacterial Foraging Optimization Algorithm. *IEEE Transaction on Systems, Man and Cybernetics, Part A.: Systems and Humans*, Vol. 39. Issue 3. pp. 670-679. 2009. ISSN: 1083-4427. DOI: 10.1109/TSMCA.2008.2011474.
- [7] Deb, K. "Current trends in evolutionary multi-objective optimization", *Int. J. Simul. Multi. Design Optim.*, 1 1 (2007) 1-8.
- [8] Eberhart, R., Kennedy, J.: New Optimizer Using Particle Swarm Theory. In: *Proceedings of VI. International Symposium on Micro Machine Human Science* 1995. pp. 39- 43.
- [9] Fogel, L. J.: *Intelligence through Simulated Evolution: Forty Years of Evolutionary Programming*, John Wiley, Chichester, 1999.
- [10] Gao, F. et al.: Virus- Evolutionary Particle Swarm Optimization Algorithm. In: L. Jiao et al.: *ICNC 2006, Part II., LNCS 4222*, pp. 156- 165, 2006. Springer- Verlag, Berlin- Heidelberg, 2006.
- [11] Goldberg, D. E.: *Genetic Algorithms in Search, Optimization and Machine Learning*, Addison- Wesley, Massachusetts, USA, 1989.
- [12] Martens, D. et al.: Classification with Ant Colony Optimization. *IEEE Transactions on Evolutionary Computation*, Vol. 11. No. 5. pp. 651-665, 2007.
- [13] Sheel, A.: *Betrag zur Theorie der Evolutionsstrategie*. Dissertation, TU Berlin (In German), Germany, 1985.

- [14] Herskovits, J., Mappa, P., Goulart, E., Mota Soares, C. M. : Mathematical Programming Models and Algorithms for Engineering Design Optimization. *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*, Vol. 194, Issues 30- 33, 12th of August, 2005., pp. 3244- 3268.
- [15] Pang, X. P., Chen, J., Wang, J. X., Hou, Y. : Parametric and Controllable Shape Model of the Water- Lubricated Rubber Journal Bearing. *Advanced Materials Research*, Vol. 455- 456, pp. 1468- 1473. Doi: 10.428/www.scientific.net/AMR.455-456.1468 , January, 2012.
- [16] Zhang, Z. Q., Zhou, J. X., Zhou, N., Wang, X. M., Zhang, L. : Shape Optimization Using Reproducing Kernel Practice Method and an Enriched Genetic Algorithm. *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*, Vol. 194, Issues 39- 41, Oct. 2005. pp. 4048- 4070. <https://doi.org/10.1016/j.cma.2004.10.004>
- [17] Szabó, F. J.: Edge Shape Optimization of Finite Width Sliding Bearings. *Comput. Sci. Appl.*, Vol. 2., No 1. 2015. pp.29- 35. USA. ISSN: 2333-9071.
- [18] Törnquist, L. 1981. Collected scientific papers of Leo Törnquist. Research Institute of the Finnish Economy. Series A. ISBN 978-951-9205-74-8, 1981.
- [19] Törnquist, L. 1936. The Bank of Finland's Consumption Price Index. *Bank of Finland Monthly Bulletin*, 10, 1-8.
- [20] Mitscherlich, E. A. 1909.: The law of minimum and the law of diminishing soil productivity. (In german). *Landwirtschaftliche Jahrbücher*, 38., pp. 537-552.
- [21] Pearl, R.; Reed, L. J. 1920. On the Rate of Growth of the Population of the United States since 1790 and its Mathematical Representation. *Proc. of the National Academy of Sciences*. Vol. 6. No 6. pp. 275-288.
- [22] Bertalanffy, L. 1960. Principles of Theory of Growth. In: *Fundamental Aspects of Normal and Malignant Growth*. Amsterdam. pp. 137-259.
- [23] Lorentz, M. O. 1905. Methods of Measuring the Concentration of Wealth. *Publications of the American Statistical Association*. Vol. 9 No. 70: 209- 219.
- [24] Andrews, L. C. 1998. *Special Functions of Mathematics for Engineers*: SPIE Optical Engineering Press: Bellingham, USA.
- [25] Nelder, J. A., Mead, R. 1965. A simple method for function minimisation. *Computer Journal* 7. : pp 308- 313. doi: 10.1093/comjnl/7.4.308
- [26] Rosenbrock, H.H. (1960). "An automatic method for finding the greatest or least value of a function". *The Computer Journal*. 3 (3): 175–184. doi:10.1093/comjnl/3.3.175. ISSN 0010-4620
- [27] Szabó, F. J.: Evolutionary Based System for Qualification and Evaluation of Group Achievements (EBSYQ). *International Journal of Current Research*, ISSN: 0975-833X, Vol. 9, Issue 08, pp. 55507 – 55516, August, 2017. www.journalcra.com/sites/default/files/21246.pdf