

**PENGEMBANGAN *metaheuristicOpt*: R PACKAGE UNTUK OPTIMASI
DENGAN MENGGUNAKAN ALGORITMA *POPULATION BASED
METAHEURISTIC***

SKRIPSI

Diajukan untuk Memenuhi Sebagian dari
Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Komputer
Program Studi Ilmu Komputer



Oleh

Muhammad Bima Adi Prabowo

1503639

**PROGRAM STUDI ILMU KOMPUTER
DEPARTEMEN PENDIDIKAN ILMU KOMPUTER
FAKULTAS PENDIDIKAN MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA**

2019

Pengembangan metaheuristicOpt: R Package Untuk Optimasi Dengan Menggunakan Algoritma Population Based Metaheuristic

Oleh
Muhammad Bima Adi Prabowo

Sebuah skripsi yang diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Sarjana Ilmu Komputer pada Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu
Pengetahuan Alam

© Muhammad Bima Adi Prabowo 2019
Universitas Pendidikan Indonesia
Agustus 2019

Hak Cipta dilindungi undang-undang.
Skripsi ini tidak boleh diperbanyak seluruhnya atau sebagian,
dengan dicetak ulang, difoto kopi, atau cara lainnya tanpa ijin dari penulis.

MUHAMMAD BIMA ADI PRABOWO

1503639

**PENGEMBANGAN *metaheuristicOpt R PACKAGE* UNTUK OPTIMASI
MENGUNAKAN ALGORITMA *POPULATION BASED
METAHEURISTIC***

DISETUJUI DAN DISAHKAN OLEH PEMBIMBING:

Pembimbing I,

Lala Septem Riza, M.T., Ph.D.

NIP. 197809262008121001

Pembimbing II,

Enjun Junaeti, S.Si., M.Si.

NIP. 198512202012122002

Mengetahui,

Ketua Departemen Pendidikan Ilmu Komputer

Lala Septem Riza, M.T., Ph.D.

NIP. 197809262008121001

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi yang berjudul “PENGEMBANGAN metaheuristicOpt: R PACKAGE UNTUK OPTIMASI DENGAN MENGGUNAKAN ALGORITMA POPULATION BASED METAHEURISTIC” ini dan seluruh isinya adalah benar-benar karya saya sendiri, dan saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika ilmu yang berlaku dalam masyarakat keilmuan. Atas pernyataan tersebut, saya siap menanggung risiko yang dijatuhkan kepada saya apabila dikemudian hari ditemukan adanya pelanggaran terhadap etika keilmuan dalam karya ini, atau ada klaim dari pihak lain terhadap karya saya.

Bandung, Agustus 2019
Yang membuat pernyataan,

M Bima Adi Prabowo
NIM. 1503639

**PENGEMBANGAN *metaheuristicOpt*: R PACKAGE UNTUK
OPTIMASI DENGAN MENGGUNAKAN ALGORITMA
POPULATION BASED METAHEURISTIC**

Muhammad Bima Adi Prabowo (NIM 1503639)
bimaadi419@student.upi.edu

ABSTRAK

Optimasi diterapkan diberbagai disiplin ilmu seperti teknik sipil, teknik mekanika, ekonomi, teknik elektro dan lain-lain. Karena optimasi diterapkan diberbagai disiplin ilmu maka optimasi sangatlah penting. Banyak sekali pendekatan yang dilakukan dalam melakukan optimasi salah satunya adalah *population based metaheuristic*. Di bahasa pemrograman R terdapat *package* optimasi menggunakan algoritma *population based metaheuristic* yaitu “*metaheuristicOpt*”. Algoritma-algoritma pada R package “*metaheuristicOpt*” memiliki dua kelemahan yaitu kompleksitas yang tinggi dan hyperparameter yang sedikit. Tujuan penelitian ini adalah mengembangkan R package “*metaheuristicOpt*” dengan menambahkan 10 algoritma baru yaitu *clonal selection algorithm*, *differential evolution*, *shuffled frog leaping*, *cat swarm optimization*, *artificial bee colony algorithm*, *krill herd algorithm*, *cuckoo search*, *bat algorithm*, *gravitational based search* dan *black hole optimization* untuk menutupi kelemahan algoritma sebelumnya. Dalam menambahkan algoritma ini kami menjaga konsistensi arsitektur package tersebut. Untuk menganalisis performa dari algoritma baru yang ditambahkan setiap fungsi diuji menggunakan 13 fungsi uji. Yang menjadi tolok ukur eksperimen adalah *fitness* dan waktu eksekusi. Berdasarkan eksperimen yang dilakukan beberapa algoritma baru memiliki kecepatan eksekusi yang lebih cepat dari algoritma sebelumnya dan beberapa algoritma baru juga memiliki *fitness* yang lebih baik dari algoritma sebelumnya.

Kata kunci: *Metaheuristic algorithm, Optimization, R programing language, Software libarary, Swarm intelligence.*

DEVELOPMENT OF metaheuristicOpt a R PACKAGE FOR OPTIMIZATION BASED POPULATION BASED METAHEURISTIC ALGORITHMS

Muhammad Bima Adi Prabowo (NIM 1503639)
bimaadi419@student.upi.edu

ABSTRACT

Optimization is applied in various scientific disciplines such as civil engineering, mechanical engineering, economics, electrical engineering and others. Because optimization is applied in various disciplines, optimization is very important. There are a lot of approaches used to optimize one of them is population based metaheuristic. In the R programming language there is an optimization package using the population based metaheuristic algorithm, namely "metaheuristicOpt". Algorithms in the R package "metaheuristicOpt" have two disadvantages: high complexity and few hyperparameters. Our goal is to develop the "metaheuristicOpt" package by adding 10 new algorithms namely clonal selection algorithm, differential evolution, shuffled frog leaping, cat swarm optimization, artificial bee colony algorithm, krill herd algorithm, cuckoo search, bat algorithm, gravitational based search and black hole optimization to cover up the weaknesses of the previous algorithm. In adding of these algorithms we maintain the consistency of the package architecture. To analyse performance of the new algorithm added to each function of the algorithm, experiments were carried out using 13 test functions. The benchmarks of the experiment are fitness and execution time. Based on experiments some of new algorithms added have a faster execution speed and better fitness than the previous algorithms.

Keywords: Metaheuristic algorithm, Optimization, R programming language, Software library, Swarm intelligence.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT., atas kehendak dan izin-Nya-lah penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Pengembangan metaheuristicOpt: R Package untuk Optimasi dengan Menggunakan Algoritma Population Based Metaheuristic”** ini pada waktunya. Skripsi ini disusun untuk memenuhi sebagian syarat dalam meraih gelar sarjana komputer di Program Studi Ilmu Komputer FPMIPA UPI.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari peran, dukungan dan bantuan berbagai pihak baik secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu, penulis sampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Keluarga penulis, Ibunda Nandah Kosmarlina; Ayahanda Eddy Subroto dan adik Retno Wulan Dari Subroto Putri beserta anggota keluarga lainnya, yang senantiasa berdoa demi kelancaran dalam penyusunan skripsi ini serta atas segala dukungan baik moral maupun materi.
2. Bapak Lala Septem Riza, MT. Ph.D., sebagai pembimbing I, atas segala bimbingan, motivasi, saran dan koreksi beserta ilmu dan waktu yang telah diluangkan kepada penulis selama masa penulisan skripsi.
3. Ibu Enjun Junaeti, MSi., sebagai pembimbing II, atas ilmu, waktu dan motivasi yang senantiasa dicurahkan kepada penulis.
4. Bapak Lala Septem Riza, MT. Ph.D., selaku pembimbing akademik, yang telah membimbing dan memberikan arahan tentang kurikulum serta memberikan motivasi untuk menyelesaikan studi.
5. Ibu Dr. Rani Megasari, M.T., selaku ketua Program Studi Ilmu Komputer dan Bapak Wahyudin, MT., selaku ketua Program Studi Pendidikan Ilmu Komputer.
6. Bapak Lala Septem Riza, MT. Ph.D., selaku ketua Departemen Pendidikan Ilmu Komputer.
7. Para dosen dan staff FPMIPA UPI, terutama Program Studi Ilmu Komputer, atas ilmu dan arahan yang sangat membantu penulis selama masa perkuliahan. Rekan-rekan mahasiswa Program Ilmu Komputer angkatan 2015,

khususnya Kelas C1, yang selalu bersemangat dalam menghadapi semua rintangan perkuliahan.

8. Semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini yang tidak bisa disebutkan satu-persatu.

Semoga jasa kalian mendapat pahala yang lebih baik dari Allah SWT., amin.

Akhirnya penulis sampaikan permohonan maaf atas segala ketidaksempurnaan skripsi ini. Kritik dan saran yang membangun, penulis nantikan kehadirannya, semoga skripsi ini bermanfaat bagi kemajuan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi, amin.

Bandung, Agustus 2019

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	xii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	6
1.3 Batasan Masalah	6
1.4 Tujuan Penelitian	7
1.5 Sistematika Penelitian	7
BAB 2 KAJIAN PUSTAKA	9
2.1 Pengenalan R	9
2.1.1 Bahasa Pemrograman R.....	9
2.1.2 R Packages	10
2.1.3 <i>Compressive R Archive Network (CRAN)</i>	13
2.2 Optimasi	16
2.2.1 Pemanfaatan Optimasi	18
2.2.2 Klasifikasi Permasalahan Optimasi	19
2.2.3 Metode Optimasi.....	22
2.2.4 <i>Test Function</i>	24
2.3 Population based Metaheuristic	27
2.3.1 <i>Clonal Selection Algorithm (CLONALG)</i>	28
2.3.2 <i>Differential Evolution (DE)</i>	33
2.3.3 <i>Shuffled Frog Leaping (SFL)</i>	36
2.3.4 <i>Cat Swarm Optimization (CSO)</i>	38

2.3.5	<i>Artificial Bee Colony Algorithm (ABC)</i>	40
2.3.6	<i>Krill-Herd Algorithm (KH)</i>	42
2.3.7	<i>Cuckoo Search (CS)</i>	46
2.3.8	<i>Bat Algorithm (BA)</i>	47
2.3.9	<i>Gravitational Based Search Algorithm (GBS)</i>	49
2.3.10	<i>Black Hole Optimization (BHO)</i>	51
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN		54
3.1 Desain Penelitian		54
3.2 Metode Pengembangan Perangkat Lunak		56
3.2.1	Pengumpulan Data.....	56
3.2.2	Metode Pengembangan Perangkat Lunak.....	56
3.3 Alat dan Bahan Penelitian		58
3.3.1	Alat Penelitian.....	58
3.3.2	Bahan Penelitian	59
BAB 4 HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN		60
4.1 Arsitektur R Package “metaheuristicOpt” Sebelumnya		60
4.2 Pengembangan R Package “metaheuristicOpt”		62
4.2.1	Analisis.....	63
4.2.2	Desain.....	65
4.2.3	<i>Coding</i>	82
4.2.4	<i>Testing</i>	82
4.3 Desain Eksperimen		83
4.4 Hasil Eksperimen		87
4.4.1	Hasil Eksperimen Fungsi CLONALG ()	87
4.4.2	Hasil Eksperimen Fungsi DE ()	88
4.4.3	Hasil Eksperimen Fungsi SFL ()	89
4.4.4	Hasil Eksperimen Fungsi CSO ()	90
4.4.5	Hasil Eksperimen Fungsi ABC ()	91
4.4.6	Hasil Eksperimen Fungsi KH ()	92
4.4.8	Hasil Eksperimen Fungsi BA ()	93

4.4.7 Hasil Eksperimen Fungsi CS ()	94
4.4.9 Hasil Eksperimen Fungsi GBS ()	94
4.4.10 Hasil Eksperimen Fungsi BHO ()	95
4.5 Analisis Eksperimen	97
4.5.1 Nilai Optimum <i>Test Function</i>	97
4.5.2 Waktu Eksekusi	99
4.5.3 Perbandingan Fungsi Baru dengan Fungsi Lama	101
4.5.4 Dampak Parameter Iterasi Terhadap <i>Fitness</i>	104
4.5.5 Dampak Parameter Banyak Populasi Terhadap <i>Fitness</i>	105
4.6 Cara Penggunaan R Package “metaheuristicOpt”	106
4.7 Uji Coba Dengan Kasus Real	107
4.8 Perbandingan dengan Software Library Optimasi Lain	110
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	114
5.1 Kesimpulan	114
5.2 Saran	115
DAFTAR PUSTAKA	117

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Istilah dalam optimasi	17
Tabel 2.2 Contoh fungsi nonlinear	21
Tabel 2.3 Test function unimodal (Yao et.al, 1999)	25
Tabel 2.4 Test function multimodal (Yao et al., 1999).....	26
Tabel 2.5 Inisialisasi populasi secara random.....	31
Tabel 2.6 xclone pada tahap clonal.....	31
Tabel 2.7 xclone setelah proses hypermutation.....	32
Tabel 2.8 Populasi setelah digabungkan dengan xclone	32
Tabel 2.9 Contoh pembagian memplex.....	37
Tabel 4.1 Fungsi internal metaheuristicOpt sebelumnya.....	60
Tabel 4.2 Fungsi internal yang ditambahkan	65
Tabel 4.3 Deskripsi parameter fungsi metaOpt().....	67
Tabel 4.4 Deskripsi parameter fungsi CLONALG().....	70
Tabel 4.5 Deskripsi parameter fungsi DE().	71
Tabel 4.6 Deskripsi parameter fungsi SFL().....	72
Tabel 4.7 Deskripsi parameter fungsi CSO().....	73
Tabel 4.8 Deskripsi parameter fungsi ABC().	75
Tabel 4.9 Deskripsi parameter fungsi KH).....	76
Tabel 4.10 Deskripsi parameter fungsi CS).....	78
Tabel 4.11 Deskripsi parameter fungsi BA).	79
Tabel 4.12 Deskripsi parameter fungsi GBS).....	80
Tabel 4.13 Deskripsi parameter fungsi BHO).	81
Tabel 4.14 Default parameter khusus.	85
Tabel 4.15 Hasil eksperimen fungsi CLONALG).....	87
Tabel 4.16 Hasil eksperimen fungsi DE).....	88
Tabel 4.17 Hasil eksperimen fungsi SFL().	89
Tabel 4.18 Hasil eksperimen fungsi CSO).	90
Tabel 4.19 Hasil eksperimen fungsi ABC).....	91
Tabel 4.20 Hasil eksperimen fungsi KH).	92
Tabel 4.21 Hasil eksperimen fungsi BA).	93

Tabel 4.22 Hasil eksperimen fungsi CS().	94
Tabel 4.23 Hasil eksperimen fungsi GBS().	95
Tabel 4.24 Hasil eksperimen fungsi BHO().....	96
Tabel 4.25 Nilai optimum test function.	97
Tabel 4.26 Waktu eksekusi untuk mendapatkan nilai tabel 4.25.....	99
Tabel 4.27 Nilai optimum test function fungsi lama (Riza et al., 2018).....	101
Tabel 4.28 Perbandingan fungsi lama dengan fungsi baru berdasarkan fitness ..	102
Tabel 4.29 Perbandingan fungsi lama dengan fungsi baru berdasarkan pseudocode	103
Tabel 4.30 Total error untuk kasus real	109
Tabel 4. 31 Perbandingan dengan software optimasi lain.....	111

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Survey penggunaan bahasa pemrograman oleh Kaggle (Hayes, 2019)	10
Gambar 2.2 Struktur standar R package	11
Gambar 2.3 Set working direktori	12
Gambar 2.4 build R package	13
Gambar 2.5 check R package	13
Gambar 2.6 Laman R Package “metaheuristicOpt” (Riza et al., 2018)	14
Gambar 2.7 Command instalasi R package	14
Gambar 2.8 Command memasukan package ke envirotment R	15
Gambar 2.9 Menggunakan fungsi package tanpa diimpor	15
Gambar 2.10 Command menghapus package dari envirotnment	15
Gambar 2.11 Command menghapus instalasi package	15
Gambar 2.12 Submit R package	16
Gambar 2.13 Proses optimasi	18
Gambar 2.14 Knapsack problem (Mathews, 1896)	21
Gambar 2.15 Klasifikasi optimasi	22
Gambar 2.16 Plot fungsi unimodal dan multimodal	23
Gambar 2.17 Visualisasi test function unimodal	25
Gambar 2.18 Visualisasi Test Function Multimodal	27
Gambar 2.19 Template algoritma population based metaheuristic (Riza et al., 2018)	28
Gambar 2.20 Tahapan maturasi pada sistem imun (Nossal, 2003)	28
Gambar 2.21 Pseudocode CLONALG (Castro et al., 2002)	29
Gambar 2.22 Tahapan dalam Evolusi	33
Gambar 2.23 Pseudocode DE (Das & Suganthan, 2011)	34
Gambar 2.24 Pseudocode SFL (Eusuff et al., 2006)	36
Gambar 2.25 Pseudocode CSO (Chu et al., 2006)	39
Gambar 2.26 Pseudocode ABC (Karaboga & Akay, 2009)	41
Gambar 2.27 Pseudocode KH (Gandomi & Alavi, 2012)	43
Gambar 2.28 Pseudocode CS (Yang & Deb, 2009)	46

Gambar 2.29 Pseudocode BA (Yang, 2010).....	48
Gambar 2.30 Pseudocode GBS (Rashedi et al., 2009).....	50
Gambar 2.31 Bintang bergerak mendekati blackhole	51
Gambar 2. 32 Tukar posisi blackhole	52
Gambar 2.33 Generate bintang baru	52
Gambar 2.34 Pseudocode BHO (Hatamlou, 2013).....	52
Gambar 3.1 Model penelitian.....	54
Gambar 3.2 Waterfall model.....	57
Gambar 3. 3 Waterfall model yang digunakan	57
Gambar 4.1 Arsitektur package sebelumnya.....	62
Gambar 4.2 Proses Optimasi R package "metaheuristicOpt"	62
Gambar 4.3 Informasi package	63
Gambar 4.4 Arsitektur package setelah penambahan algoritma baru.....	66
Gambar 4.5 Grafik hasil testing	82
Gambar 4.6 Desain eksperimen.	83
Gambar 4.7 Dampak besar variabel terhadap fitness fungsi KH.....	98
Gambar 4.8 Dampak besar variabel terhadap fitness fungsi CS.....	99
Gambar 4.9 Dampak banyak iterasi terhadap fitness pada test function f_3	104
Gambar 4.10 Dampak banyak iterasi terhadap fitness pada test function f_{11}	104
Gambar 4.11 Dampak banyak populasi terhadap fitness pada test function f_5 ...	105
Gambar 4.12 Dampak banyak populasi terhadap fitness pada test function f_{12} ..	105
Gambar 4.13 Contoh optimasi menggunakan package "metaheuristicOpt"	107
Gambar 4.14 Rangkaian active filter butterworth (De et al., 2015).....	108

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Kode Program

Lampiran 2 Data Hasil Eksperimen

Lampiran 3 Manual Package metaheuristicOpt

DAFTAR PUSTAKA

- Agrawal, A. F. (2006). Evolution of Sex: Why Do Organisms Shuffle Their Genotypes? *Current Biology*, 16(17), R696--R704.
- Agrawal, R., & Srikant, R. (1994). Fast Algorithms for Mining Association Rules. *Proc. 20th Int. Conf. Very Large Data Bases, VLDB*, 1–2. Retrieved from <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.40.7506&rep=rep1&type=pdf>
- Ahmadianfar, I., Adib, A., & Salarijazi, M. (2015). Optimizing Multireservoir Operation: Hybrid of Bat Algorithm and Differential Evolution. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 142(2), 5015010.
- Ardia, D., Boudt, K., Carl, P., Mullen, K., & Peterson, B. G. (2011). Differential Evolution with DEoptim: an Application to Non-Convex Portfolio Optimization. *The R Journal*, 3(1), 27–34.
- Arora, S., & Singh, S. (2019). Butterfly Optimization Algorithm: a Novel Approach for Global Optimization. *Soft Computing*, 23(3), 715–734.
- Beheshti, Z., & Shamsuddin, S. M. H. (2013). A Review of Population-Based Meta-Heuristic Algorithms. *Int. J. Adv. Soft Comput. Appl*, 5(1), 1–35.
- Bergmeir, C., Molina, D., & Benitez, J. M. (2012). Rmalschains: Continuous Optimization using Memetic Algorithms with Local Search Chains (MA-LS-Chains) in R. *Journal of Statistical Software*.
- Birge, B. (2003). PSO a Particle Swarm Optimization Toolbox for Use with Matlab. In *Proceedings of the 2003 IEEE Swarm Intelligence Symposium. SIS'03 (Cat. No. 03EX706)* (pp. 182–186).
- Black, P. E. (2012). Greedy Algorithm, Dictionary of Algorithms and Data Structures. *US Nat. Inst. Std. & Tech Report*, 88, 95.
- Castro, L., & Zuben, F. J. V. (2002). Learning and Optimization Using the Clonal Selection Principle. *Immune Systems*, 6(3), 239–251. <https://doi.org/10.1109/TEVC.2002.1011539>
- Cauchy, A. (1847). Méthode Générale Pour la Résolution des Systemes D'équations Simultanées. *Comp. Rend. Sci. Paris*, 25(1847), 536–538.

- Chu, S.-C., Tsai, P.-W., & Pan, J.-S. (2006). Cat Swarm Optimization. In *Pacific Rim international conference on artificial intelligence* (pp. 854–858).
- Contributed Packages. (n.d.). Retrieved from <https://cran.r-project.org/web/packages/>
- Das, S., & Suganthan, P. N. (2011). Differential Evolution : A Survey of the State - of - the - Art. *Ieee Transactions on Evolutionary Computation*, *15*(1), 4–31. <https://doi.org/10.1109/TEVC.2010.2059031>
- De, B. P., Kar, R., Mandal, D., & Ghoshal, S. P. (2015). Optimal Selection of Components Value for Analog Active Filter Design Using Simplex Particle Swarm Optimization. *International Journal of Machine Learning and Cybernetics*, *6*(4), 621–636.
- Dorfman, R. (1969). An Economic Interpretation of Optimal Control Theory. *The American Economic Review*, *59*(5), 817–831.
- Duchi, J., Hazan, E., & Singer, Y. (2011). Adaptive Subgradient Methods for Online Learning and Stochastic Optimization. *Journal of Machine Learning Research*, *12*(Jul), 2121–2159.
- Eberhart, R., & Kennedy, J. (1995). A New Optimizer Using Particle Swarm Theory. In *MHS'95. Proceedings of the Sixth International Symposium on Micro Machine and Human Science* (pp. 39–43).
- Elbeltagi, E., Hegazy, T., & Grierson, D. (2005). Comparison Among Five Evolutionary-Based Optimization Algorithms. *Advanced Engineering Informatics*, *19*(1), 43–53.
- Eusuff, M., Lansey, K., & Pasha, F. (2006). Shuffled Frog-Leaping Algorithm: A Memetic Meta-Heuristic for Discrete Optimization. *Engineering Optimization*, *38*(2), 129–154.
- Gandomi, A. H., & Alavi, A. H. (2012). Krill Herd: A New Bio-Inspired Optimization Algorithm. *Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation*, *17*(12), 4831–4845. <https://doi.org/10.1016/j.cnsns.2012.05.010>
- Geem, Z. W., Kim, J. H., & Loganathan, G. V. (2001). A New Heuristic Optimization Algorithm: Harmony Search. *Simulation*, *76*(2), 60–68.

- Goldberg, D. E., & Holland, J. H. (1988). Genetic Algorithms and Machine Learning. *Machine Learning*, 3(2), 95–99.
- Hatamlou, A. (2013). Black hole: A New Heuristic Optimization Approach for Data Clustering. *Information Sciences*, 222(December), 175–184. <https://doi.org/10.1016/j.ins.2012.08.023>
- Hayes, B. (2019). Data Scientist Most Used Programming Language. Retrieved January 13, 2019, from <http://businessoverbroadway.com/2019/01/13/program>
- Hegazy, T. (1999). Optimization of Resource Allocation and Leveling Using Genetic Algorithms. *Journal of Construction Engineering and Management*, 125(3), 167–175.
- Hwang, S. ., & Moon, R. M. (2016). An Implementation of Bat Algorithm in R. *An Implementation of Bat Algorithm in R*.
- Ihaka, R., & Gentleman, R. (1996). R: A Language for Data Analysis and Graphics. *Journal of Computational and Graphical Statistics*, 5(3), 299–314. <https://doi.org/10.1080/10618600.1996.10474713>
- Karaboga, D., & Akay, B. (2009). A Comparative Study of Artificial Bee Colony Algorithm. *Applied Mathematics and Computation*, 214(1), 108–132. <https://doi.org/10.1016/j.amc.2009.03.090>
- Kingma, D. P., & Ba, J. (2014). Adam: A method for Stochastic Optimization. *ArXiv Preprint ArXiv:1412.6980*.
- Koziel, S., & Bandler, J. W. (2008). Space Mapping with Multiple Coarse Models for Optimization of Microwave Components. *IEEE Microwave and Wireless Components Letters*, 18(1), 1–3.
- Lancaster, D. (1975). Active-Filter Cookbook, Howard W. Sams & Co. Inc., USA.
- Mathews, G. B. (1896). On The Partition of Numbers. *Proceedings of the London Mathematical Society*, 1(1), 486–490.
- McNally, S., Roche, J., & Caton, S. (2018). Predicting the price of Bitcoin using Machine Learning. In *2018 26th Euromicro International Conference on Parallel, Distributed and Network-based Processing (PDP)* (pp. 339–343).
- Mirjalili, S. (2015a). Moth-flame Optimization Algorithm: A Novel Nature-inspired Heuristic Paradigm. *Knowledge-Based Systems*, 89, 228–249.

- Mirjalili, S. (2015b). The Ant Lion Optimizer. *Advances in Engineering Software*, 83, 80–98.
- Mirjalili, S. (2016a). Dragonfly Algorithm: a New Meta-heuristic Optimization Technique for Solving Single-objective, Discrete, and Multi-objective Problems. *Neural Computing and Applications*, 27(4), 1053–1073.
- Mirjalili, S. (2016b). SCA: a Sine Cosine Algorithm for Solving Optimization Problems. *Knowledge-Based Systems*, 96, 120–133.
- Mirjalili, S., & Lewis, A. (2016). The Whale Optimization Algorithm. *Advances in Engineering Software*, 95, 51–67.
- Mirjalili, S., Mirjalili, S. M., & Lewis, A. (2014). Grey Wolf Optimizer. *Advances in Engineering Software*, 69, 46–61.
- Molga, M., & Smutnicki, C. (2005). Test Functions for Optimization Needs. *Test Functions for Optimization Needs*, 101.
- Morjan, C. L., & Rieseberg, L. H. (2004). How Species Evolve Collectively: Implications of Gene Flow and Selection for the Spread of Advantageous Alleles. *Molecular Ecology*, 13(6), 1341–1356.
- Nossal, G. J. V. (2003). The Double Helix and Immunology. *Nature*, 421(6921), 440.
- Papa, J. P., Rosa, G. H., Rodrigues, D., & Yang, X.-S. (2017). Libopt: An Open-Source Platform for Fast Prototyping Soft Optimization Techniques. *ArXiv Preprint ArXiv:1704.05174*.
- Pavlyukevich, I. (2007). Lévy flights, Non-local Search and Simulated Annealing. *Journal of Computational Physics*, 226(2), 1830–1844. <https://doi.org/10.1016/j.jcp.2007.06.008>
- Pearl, J. (1984). Heuristics: Intelligent Search Strategies for Computer Problem Solving.
- Piryonesi, S. M., & Tavakolan, M. (2017). A Mathematical Programming Model for Solving Cost-Safety Optimization (CSO) Problems in the Maintenance of Structures. *KSCE Journal of Civil Engineering*, 21(6), 2226–2234.
- Pressman, R. S. (2005). *Software Engineering: a Practitioner's Approach*. Palgrave Macmillan.
- Rao, S. S. (2009). *Engineering Optimization: Theory and Practice*. John Wiley &

Sons.

- Rashedi, E., Nezamabadi-pour, H., & Saryazdi, S. (2009). GSA: A Gravitational Search Algorithm. *Information Sciences*, 179(13), 2232–2248. <https://doi.org/10.1016/j.ins.2009.03.004>
- Riza, L. S., Prasetyo, N. E., Iip, & Munir. (2018). MetaheuristicOpt: An R Package for Optimisation Based on Meta-Heuristics Algorithms. *Pertanika Journal of Science & Technology*, 26(3).
- Royce, W. W. (1970). Managing the Development of Large Software Systems. *Process/Waterfall. Pdf*.
- Saremi, S., Mirjalili, S., & Lewis, A. (2017). Grasshopper Optimization Algorithm: Theory and Application. *Advances in Engineering Software*, 105, 30–47.
- Sawyer, S. A., Parsch, J., Zhang, Z., & Hartl, D. L. (2007). Prevalence of Positive Selection Among Nearly Neutral Amino Acid Replacements in *Drosophila*. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104(16), 6504–6510.
- Schumann, E. (2016). NMOF: Numerical Methods and Optimization in Finance. R package version 0.40-0, URL <https://CRAN.R-project.org/package=NMOF>.
- Seeley, T. D. (2009). *The Wisdom of the Hive: The Social Physiology of Honey Bee Colonies*. Harvard University Press.
- Sharma, G., Singh, M., & Singh, T. (2011). Optimization of energy in robotic arm using genetic algorithm. *InternatIonal Journal of Computer SCIEncE and TeChnology*, 2(2), 315–317.
- Sörensen, K., & Glover, F. W. (2013). Metaheuristics. In *Encyclopedia of operations research and management science* (pp. 960–970). Springer.
- Stedinger, J. R., Sule, B. F., & Loucks, D. P. (1984). Stochastic Dynamic Programming Models for Reservoir Operation Optimization. *Water Resources Research*, 20(11), 1499–1505.
- Sutskever, I., Martens, J., Dahl, G., & Hinton, G. (2013). On the Importance of Initialization and Momentum in Deep Learning. In *International conference on machine learning* (pp. 1139–1147).
- Talbi, E.-G. (2009). *Metaheuristics: From Design to Implementation* (Vol. 74). John Wiley & Sons.
- Tambunan, A. P. (2008). *Menilai Harga Wajar Saham*. Elex Media Komputindo.

- Team, R. C. (2019a). R Installation and Administration. Retrieved from <https://cran.r-project.org/doc/manuals/r-release/R-admin.pdf>
- Team, R. C. (2019b). Writing R Extensions. Retrieved from <https://cran.r-project.org/doc/manuals/r-release/R-admin.pdf>
- Tieleman, T., & Hinton, G. (2012). Lecture 6.5-rmsprop: Divide the gradient by a running average of its recent magnitude. *COURSERA: Neural Networks for Machine Learning*, 4(2), 26–31.
- Tuba, M., Subotic, M., & Stanarevic, N. (2011). Modified Cuckoo Search Algorithm for Unconstrained Optimization Problems. *Proceedings of the 5th European Conference on European Computing Conference*, 263–2668.
- Vega, G., & Muñoz, E. (2013). ABCOptim: Implementation of Artificial Bee Colony (ABC) Optimization. *R Package, Version 0.13*, 11.
- Venables, W. N., & Smith, D. M. (2010). *An Introduction to R. User's Manual* (Vol. 2.15.0). <https://doi.org/doi:10.1201/b10966-2>
- Vrbančič, G., Brezočnik, L., Mlakar, U., Fister, D., & Fister Jr, I. (2018). NiaPy: Python Microframework for Building Nature-Inspired Algorithms. *J. Open Source Softw.*, 3, 613.
- Vukcevic, D. (2018). Extending a Constrained Hybrid Dynamics Solver for Energy-Optimal Robot Motions in the Presence of Static Friction. *Technical Report/Hochschule Bonn-Rhein-Sieg-University of Applied Sciences, Department of Computer Science*.
- What are R and CRAN. (n.d.). Retrieved from <https://cran.r-project.org/index.html>
- Wickham, H. (2015). *R packages organize, test, document and share your code*. O'Reilly Media, Inc.
- Williamson, D. P., & Shmoys, D. B. (2011). *The Design of Approximation Algorithms*. Cambridge university press.
- Wolpert, D. H., & Macready, W. G. (1997). No Free Lunch Theorems for Optimization. *IEEE Trans. on Evolutionary Computation*, 1(1), 67–82. <https://doi.org/10.1023/A:1021251113462>
- Yang, X.-S. (2009). Firefly Algorithms for multimodal Optimization. In *International symposium on stochastic algorithms* (pp. 169–178).
- Yang, X.-S. (2012). Bat Algorithm for Multi-objective Optimisation, 1–12.

<https://doi.org/10.1504/IJBIC.2011.042259>

- Yang, X.-S., & Deb, S. (2009). Cuckoo Search via Lévy Flights. In *2009 World Congress on Nature & Biologically Inspired Computing (NaBIC)* (pp. 210–214).
- Yao, X., Liu, Y., & Lin, G. (1999). Evolutionary Programming Made Faster. *IEEE Transactions on Evolutionary Computation*, 3(2), 82–102. <https://doi.org/10.1109/4235.771163>
- Zambrano-Bigiarini, M., Rojas, R., & Zambrano-Bigiarini, M. M. (2018). Package ‘hydroPSO.’
- Zeiler, M. D. (2012). ADADELTA: an Adaptive Learning Rate Method. *ArXiv Preprint ArXiv:1212.5701*.
- Zhang, J.-R., Zhang, J., Lok, T.-M., & Lyu, M. R. (2007). A Hybrid Particle Swarm Optimization--back-propagation Algorithm for Feedforward Neural Network Training. *Applied Mathematics and Computation*, 185(2), 1026–1037.
- Zhang, X., & Yuen, S. Y. (2015). A Directional Mutation Operator for Differential Evolution Algorithms. *Applied Soft Computing*, 30, 529–548.
- Zhang, Z., Schwartz, S., Wagner, L., & Miller, W. (2000). A Greedy Algorithm for Aligning Dna Sequences. *Journal of Computational Biology*, 7(1–2), 203–214. <https://doi.org/10.1089/10665270050081478>