



دانشکده فنی و مهندسی
گروه مهندسی کامپیوتر

گسسته‌سازی الگوریتم جستجوی فاخته مطالعه موردی: مسئله رنگ آمیزی گراف

پایان‌نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد رشته مهندسی کامپیوتر- هوش مصنوعی

استاد راهنما:

دکتر شهریار لطفی

استاد مشاور:

مهندس سعیدالله سبحانی

پژوهشگر:

شادی محمودی

سال ۱۳۹۱

چکیده

بهینه‌سازی اهمیت زیادی در بسیاری از شاخه‌های علوم همچون فیزیک، شیمی و مهندسی دارد. پژوهشگران در این شاخه‌ها علاقه دارند تا طرح‌های بهینه‌ای برای ایجاد فرآیندهای مختلف به کار برند و میزان تولید محصول را با داشتن شروطی مثل هزینه و آلودگی کم، به حداکثر برسانند. در این راستا در برآزش غیرخطی مدل و منحنی نیز، به نوعی به بهینه‌سازی نیاز است.

با توجه به اهمیت بحث بهینه‌سازی در جهان پیرامون، مسائل شناخته شده‌ای در زمینه‌ی بهینه‌سازی ترکیبی وجود دارد. بهینه‌سازی ترکیبی شاخه‌ای از بهینه‌سازی است که اغلب این مسائل غیر چندجمله‌ای-سخت می‌باشند و سعی می‌شود با بررسی کارآمد فضای معمولاً بزرگی از پاسخ‌های امکان‌پذیر این‌گونه مسائل، به بهترین پاسخ مسئله رسید. این مسائل با فضای گسسته سروکار دارند. گسسته‌سازی مسائل به سه دسته طبقه‌بندی شده است: حل مسائل گسسته با ماهیت پیوسته الگوریتم، حل مسائل گسسته با نمایش بردارهای عدد صحیح در الگوریتم‌ها، حل مسائل گسسته با الگوریتم‌های دودویی. با توجه به اهمیت حل مسائل ترکیبی، روز به روز روش‌های سریع‌تری در هر سه دسته جهت حل آن‌ها ارائه می‌گردد و از هم پیشی می‌گیرند.

مسئله رنگ‌آمیزی گراف از جمله مسائلی است که در فضای گسسته قابل حل می‌باشد که کاربردهای عملی بسیاری دارد. از جمله کاربردهای مهم این مسئله می‌توان به مسائل زمان‌بندی، تخصیص فرکانس در شبکه‌های سلولی و تخصیص ثبات‌ها اشاره نمود. همچنین یکی از رایج‌ترین مسائل غیر چندجمله‌ای-سخت می‌باشد که مورد مطالعه قرار می‌گیرد. بنابراین همواره روش‌های بسیاری برای حل این مسئله توسعه داده می‌شود. با توجه به دلایل اهمیتی که برای این حل مسئله مطرح می‌باشد، همین انگیزه‌ای شد تا به حل مسئله رنگ‌آمیزی گراف به وسیله‌ی الگوریتم فاخته پردازیم. از طرفی به دلیل نوظهور بودن الگوریتم فاخته، گسسته‌سازی آن هنوز بررسی نشده است؛ لذا در این پژوهش هدف گسسته‌سازی الگوریتم فاخته و تست آن بر روی مسئله رنگ‌آمیزی گراف می‌باشد که با مطالعات انجام شده موفق به ارائه چهار مدل از گسسته‌سازی الگوریتم فاخته شدیم و نتایج حاصل از این گسسته‌سازی را با الگوریتم‌های مطرح در این زمینه مقایسه نمودیم که نتایج مقایسه به خوبی دقت و سرعت گسسته‌سازی‌های انجام شده را نشان می‌دهد.

واژه‌های کلیدی: الگوریتم‌های بهینه‌سازی، الگوریتم بهینه‌سازی فاخته، گسسته‌سازی و مسئله رنگ‌آمیزی گراف

فهرست مطالب

| عنوان | شماره صفحه |
|---|------------|
| فصل ۱ مقدمه | ۱ |
| فصل ۲ شرح مسئله | ۴ |
| ۱-۲ نظریه بهینه‌سازی | ۵ |
| ۲-۲ تقسیم‌بندی مسائل بهینه‌سازی از دیدگاه‌های مختلف | ۵ |
| ۳-۲ تعریف مسئله بهینه‌سازی گسسته | ۶ |
| ۴-۲ هدف | ۸ |
| ۵-۲ خلاصه فصل | ۹ |
| فصل ۳ مفاهیم پایه‌ای | ۱۰ |
| ۱-۳ مفاهیم مربوط به الگوریتم‌های فاخته | ۱۱ |
| ۱-۱-۳ جستجوی فاخته | ۱۱ |
| ۲-۱-۳ الگوریتم بهینه‌سازی فاخته | ۱۲ |
| ۲-۳ مفاهیم مربوط به مسئله رنگ‌آمیزی گراف | ۱۶ |
| ۱-۲-۳ چگونگی پیدایش مسئله رنگ‌آمیزی گراف | ۱۶ |
| ۲-۲-۳ تعریف مسئله رنگ‌آمیزی گراف و عدد کروماتیک | ۱۷ |
| ۳-۲-۳ روش‌های حل مسئله رنگ‌آمیزی گراف | ۱۷ |
| ۴-۲-۳ ارزیابی گراف‌ها | ۱۸ |
| ۳-۳ خلاصه فصل | ۱۸ |
| فصل ۴ راه‌کارهای گذشته | ۱۹ |
| ۱-۴ گسسته‌سازی الگوریتم‌های پیوسته | ۲۰ |
| ۱-۱-۴ بهینه‌سازی گروه ذرات در فضای گسسته | ۲۰ |
| ۲-۱-۴ الگوریتم گرانشی دودویی | ۲۱ |
| ۳-۱-۴ الگوریتم گسسته تکامل تفاضلی | ۲۱ |
| ۲-۴ روش‌های ارائه شده جهت حل مسئله رنگ‌آمیزی گراف | ۲۳ |
| ۳-۴ خلاصه فصل | ۲۵ |
| فصل ۵ راه‌کار پیشنهادی | ۲۶ |
| ۱-۵ مقایسه دو الگوریتم فاخته | ۲۷ |
| ۲-۵ طبقه‌بندی چگونگی حل مسائل گسسته | ۲۸ |
| ۱-۲-۵ حل مسائل گسسته با ماهیت پیوسته الگوریتم | ۲۸ |
| ۲-۲-۵ حل مسائل گسسته با نمایش بردار عدد صحیح در الگوریتم‌ها | ۲۸ |
| ۳-۲-۵ حل مسائل گسسته با الگوریتم‌های دودویی | ۲۹ |

| | | |
|---|---|-------|
| ۲۹ | گسسته‌سازی‌های انجام شده بر روی الگوریتم فاخته..... | ۳-۵ |
| ۲۹ | گسسته‌سازی با استفاده از نگاشت فضا..... | ۱-۳-۵ |
| ۳۰ | گسسته‌سازی با استفاده از تغییر عملگر..... | ۲-۳-۵ |
| ۳۶ | گسسته‌سازی دودویی الگوریتم فاخته..... | ۳-۳-۵ |
| ۳۷ | مسائل حل شده با مدل‌های گسسته‌سازی انجام شده..... | ۴-۵ |
| ۳۷ | حل مسئله رنگ‌آمیزی گراف با الگوریتم DCOA1..... | ۱-۴-۵ |
| ۴۰ | حل مسئله رنگ‌آمیزی گراف با استفاده از الگوریتم DCOA2..... | ۲-۴-۵ |
| ۴۲ | مسائل حل شده برای الگوریتم DCOA3..... | ۳-۴-۵ |
| ۴۴ | مسائل حل شده با الگوریتم دودویی فاخته..... | ۴-۴-۵ |
| ۴۵ | خلاصه فصل..... | ۵-۵ |
| فصل ۶ ارزیابی و نتایج عملی..... | | |
| ۴۶ | تحلیل نتایج الگوریتم DCOACOL1..... | ۱-۶ |
| ۴۹ | تحلیل نتایج الگوریتم DCOACOL2..... | ۲-۶ |
| ۵۶ | قابلیت اطمینان الگوریتم DCOACOL2..... | ۱-۲-۶ |
| ۶۲ | پایداری الگوریتم DCOACOL2..... | ۲-۲-۶ |
| ۶۳ | همگرایی الگوریتم DCOACOL2..... | ۳-۲-۶ |
| ۶۴ | آزمون‌های آماری..... | ۴-۲-۶ |
| ۷۰ | تحلیل نتایج به دست آمده از الگوریتم DCOA3..... | ۳-۶ |
| ۷۳ | تحلیل نتایج به دست آمده از الگوریتم BCOA..... | ۴-۶ |
| ۷۸ | خلاصه فصل..... | ۵-۶ |
| فصل ۷ نتیجه‌گیری و راه‌کارهای آتی..... | | |
| ۸۰ | نتیجه‌گیری..... | ۱-۷ |
| ۸۱ | راه‌کارهای آتی..... | ۲-۷ |
| ۸۲ | پیوست: معرفی توابع محک مسئله رنگ‌آمیزی گراف..... | |

- [1] Nazari-Shirkouhi, S., Eivazy, H., Ghodsi, R., Rezaie, K. & Atashpaz-Gargari, E., Solving the Integrated Product Mix-Outsourcing Problem by a Novel Meta-Heuristic Algorithm: Imperialist Competitive Algorithm, *Expert Systems with Applications*, Vol. 37, pp. 7615-7626, 2010.
- [2] Kennedy, J. & Eberhart, R.C., "A Discrete Binary Version of the Particle Swarm Algorithm", *Proceedings of the International Conference on Systems, Man, and Cybernetics, IEEE Service Center*, pp. 4104-4108, 1997.
- [3] Prado, R.S., Silva, R.C.P., Gadelha, F. & Neto, O.M., A New Differential Evolution Based Metaheuristic for Discrete Optimization, *International Journal of Natural Computing Research (IJNCR)*, Vol. 1, pp. 15-32, 2010.
- [4] available from http://www.icasite.info/2010/05/blog-post_31.html.
- [5] Hao, J.-K., *Memetic Algorithms in Discrete Optimization*, in Handbook of Memetic Algorithms, ed: Springer Berlin Heidelberg, pp. 73-94, 2012.
- [6] Galinier, P. & Hertz, A., "A Survey of Local Search Methods for Graph Coloring", *Computers and Operations Research*, Vol. 33, pp. 2547-2562, 2006.
- [7] Lucia, M., *introduction to the theory of np-completeness: Lectures 1-5*, university of ottawa, 2002.
- [8] Yang, X.S. & Deb, S., "Cuckoo search via Lévy Flights", In: *World Congress on Nature & Biologically Inspired Computing (NaBIC 2009)*. IEEE Publications, pp. 210-214, 2009.
- [9] Yang, X.-S., *Nature-Inspired Metaheuristic Algorithms*: Luniver Press, 2010.
- [10] Rajabioun, R., Cuckoo Optimization Algorithm, In: *Applied Soft Computing journal*, Vol. 11, pp. 5508-5518, 2011.
- [11] Harjo, T., *Graph theory*, Department of Mathematics university of Turku.
- [12] Lint, J.H., & Wilson, R.M., *A Course in Combinatorics*, Cambridge University Press, 2001.
- [13] Jensen, T.R., & Toft, B., *Graph Coloring Problems*, John Wiley & Sons, 1995.
- [14] Diestel, R., *Graph Theory*, 3ed, Springer Verlag Heidelberg, New York, 2005.
- [15] بزرگزاده، م. و عبادزاده، م.م.، استفاده از الگوریتم‌های تکاملی با ساختار کروموزوم دو پارچه برای حل مسئله رنگ‌آمیزی گراف، هفتمین کنفرانس سیستم‌های فازی، دانشگاه فردوسی مشهد، ۲۰۰۷.
- [16] Rashedi, E., Nezamabadi-pour, H. & Saryazdi, S., BGSA: Binary Gravitational Search Algorithm, *Natural Computing: an international journal*, Vol. 9, pp. 1-19, 2010.
- [17] Storn, R. & Price, K., Differential Evolution – A Simple and Efficient Heuristic for Global Optimization over Continuous Spaces, *Journal of Global Optimization*, Vol. 11, pp. 341-359, 1997.
- [18] Mladenovic, N. & Hansen, P., Variable Neighborhood Search, *Computers and Operations Research*, Vol. 24, pp. 1097-1100, 1997.
- [19] Avanthay, C., Hertz, A. & Zuffere, N., A Variable Neighborhood Search for Graph Coloring, *European Journal of Operational Research*, Vol. 151, 2003.
- [20] Rochat Y. & Taillard, E., Probabilistic Diversification and Intensification in Local Search for Vehicle Routing, *Journal of Heuristics*, Vol. 1, pp. 147-167, 1995.
- [21] Galinier, P., Hertz, A. & Zufferey, N., "An Adaptive Memory Algorithm for the k-colouring Problem", *Les cahiers du GERADG*, 2003.
- [22] Galinier, P. & Hao, J.K., Hybrid Evolutionary Algorithms for Graph Coloring, *Journal of Combinatorial Optimization*, Vol. 3, 1999.
- [23] Al-Omari, H. & Sabri, K.E., New Graph Coloring Algorithms, *American Journal of Mathematics and Statistics*, pp.439-441, 2006.
- [24] Hertz, A. & Zufferey, N., "A New Ant Algorithm for Graph Coloring", *Workshop*

- on Nature Inspired Cooperative Strategies for Optimization*, 2006.
- [25] Salari E. & Eshghi, K., An ACO Algorithm for the Graph Coloring Problem, *In: International Journal of Contemporary Mathematical Sciences*, pp.293-304, 2008.
- [۲۶] مطیع، ق. ح، میرزایی، ع. ث. و دادجویان، ع. ا. الگوریتم نوین جهت رنگ‌آمیزی گراف با استفاده از اتوماتای یادگیر، *پانزدهمین کنفرانس بین‌المللی سالانه انجمن کامپیوتر ایران*، ۲۰۰۹.
- [27] Ray, B., Pal, A., Bhattacharyya, D. & Kim, T., An Efficient GA with Multipoint Guided Mutation for Graph Coloring Problems, *In: International Journal of Signal Processing, Image Processing and Pattern Recognition*, 2010.
- [28] Bessedik, M. Toufik, B. & Drias, H., How Can Bees Colour Graphs, *In: International Journal of Bio-Inspired Computation*, pp. 67-76, 2011.
- [۲۹] فرجی، م.، ارائه الگوریتمی بر پایه زندگی زنبوران برای حل مسئله رنگ‌آمیزی گراف، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران، ۱۳۹۰.
- [30] Moraglio, A., Chio, C.D., Togelius, J. & Poli, R., Geometric Particle Swarm Optimization, *Journal of Artificial Evolution and Applications*, 2008.
- [31] Qin, J., Yin, Y. & Ban, X., Hybrid Discrete Particle Swarm Algorithm for Graph Coloring Problem, *JCP*, Vol. 6, pp. 1175-1182, 2011.
- [32] Sivanandam, S.N. & Deepa, S.N., *Introduction to Genetic Algorithms*, 1 ed.: Springer, 2007.
- [33] Faraji, M., Proposing a New Algorithm Based on Bees Behavior for Solving Graph Coloring, *Int. J. Contemp. Math. Sciences*, Vol. 6, pp. 41-49, 2011.
- [34] Ahmed, Z. H., Genetic Algorithm for the Traveling Salesman Problem using Sequential Constructive Crossover Operator, *International Journal of Biometrics & Bioinformatics (IJBB)*, Vol. 3, pp. 96-105, 2010.
- [35] Bui, T.N., Nguyen, T.H., Patel, C.M. & Phan, K.-A.T., An ant-based algorithm for coloring graphs, *Discrete Applied Mathematics*, Vol. 156, pp. 190-200, 2008.
- [36] Abbasian, R., Mouhoub, M. & Jula, A., "Solving Graph Coloring Problems Using Cultural Algorithms", *In: The 24th Florida Artificial Intelligence Research Society Conference (FLAIRS-24)*, 2011.
- [37] Maitra, T., Pal, A.J., Kim, T.-h. & Bhattacharyya, D., Hybridization of Genetic Algorithm with Bitstream Neurons for Graph Coloring, *International Journal of u- and e- Service, Science and Technology*, Vol. 3, pp. 37-53, 2010.
- [38] Pala, A.J., Rayb, B., Zakariaa, N. & Sarmac, S.S., "Comparative Performance of Modified Simulated Annealing with Simple Simulated Annealing for Graph Coloring Problem", *International Conference on Computational Science (ICCS)*, Vol. 9, pp. 321-327, 2012.
- [39] Torkestani, J.A. & Meybodi, M.R., A cellular learning automata-based algorithm for solving the vertex coloring problem, *Expert Systems with Applications: An International Journal*, Vol. 38, pp. 9237-9247, 2011.
- [۴۰] بایزیدی، ا.، اولادی، ب. و عباسی، ن.، تحلیل داده‌های پرسش‌نامه‌ای به کمک نرم افزار SPSS، چاپ چهارم، انتشارات عابد، ۱۳۹۱.
- [41] available from <http://comopt.ifi.uni-heidelberg.de/software/TSPLIB./۹۵>
- [42] Martinjak, I. & Golub, M., "Comparison of Heuristic Algorithms for the N-Queen Problem", *Proceedings of the ITI 29th Int. Conf. on Information Technology Interfaces*, pp. 759-764, 2007.