

Optimasi Proses Penjadwalan Mata Kuliah di Perguruan Tinggi : *A Literature Review*

Raden Budi Setiadi^{1*}, Dita Meliana², Hernadewita³, Hendra⁴

^{1,2,3} Magister Teknik Industri, Universitas Mercu Buana, Jakarta

⁴ Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Banten

*e-mail korespondensi penulis: r_budi_setiadi@yahoo.com

Abstrak

Penjadwalan mata kuliah yang efektif dan efisien di perguruan tinggi merupakan tantangan kompleks yang melibatkan banyak variabel dan kendala. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi metode optimasi terbaik yang dapat digunakan dalam penjadwalan mata kuliah melalui analisis literatur. Dengan menggunakan metode kuantitatif, dilakukan identifikasi dan review jurnal yang relevan dari tahun 2018 hingga 2023 melalui database seperti *Publish or Perish* dan *Google Scholar*. Hasil review menunjukkan bahwa algoritma genetika merupakan metode yang paling sering digunakan dan terbukti efektif dalam menghasilkan solusi optimal untuk penjadwalan mata kuliah. Selain itu, metode optimasi lainnya seperti algoritma pewarnaan graf, algoritma meta-heuristik, dan optimasi gerombolan partikel juga digunakan dengan hasil yang signifikan. Penelitian ini menyimpulkan bahwa penggunaan sistem penjadwalan otomatis dengan algoritma optimasi dapat mengurangi kesalahan, meningkatkan efisiensi, dan memperbaiki kualitas pengajaran di perguruan tinggi. Penelitian lebih lanjut diperlukan untuk mengembangkan model penjadwalan yang lebih kompleks dengan mempertimbangkan lebih banyak variabel dan kendala yang relevan.

Kata Kunci: penjadwalan mata kuliah, algoritma genetika, optimasi, efisiensi, perguruan tinggi

Abstract

Effective and efficient course scheduling in higher education institutions is a complex challenge involving numerous variables and constraints. This study aims to identify the best optimization methods for course scheduling through literature analysis. Using a quantitative approach, relevant journals from 2018 to 2023 were identified and reviewed from databases such as Publish or Perish and Google Scholar. The review results indicate that genetic algorithms are the most frequently used and proven effective in generating optimal solutions for course scheduling. Additionally, other optimization methods such as graph coloring algorithms, meta-heuristic algorithms, and particle swarm optimization are also used with significant results. This study concludes that the use of automatic scheduling systems with optimization algorithms can reduce errors, enhance efficiency, and improve teaching quality in higher education institutions. Further research is needed to develop more complex scheduling models that consider more relevant variables and constraints.

Keywords: course scheduling, genetic algorithms, optimization, efficiency, higher education

1. Pendahuluan

Institusi pendidikan tinggi mendidik mahasiswa sesuai dengan jadwal kursus. Jadwal perkuliahan yang ilmiah dan terstandar dapat memaksimalkan mobilisasi dan pemanfaatan sumber daya pengajaran, sehingga meningkatkan kualitas pengajaran. Setelah mengecualikan berbagai batasan,



masalah penjadwalan dapat dikatakan sebagai masalah pengaturan dan penggabungan mata kuliah yang berbeda, dan pengaturan serta kombinasi yang berbeda akan membawa kualitas pengajaran yang berbeda. Namun pada permasalahan penjadwalan yang sebenarnya, optimalisasi skema penjadwalan tunduk pada berbagai kendala, antara lain jenis mata kuliah, jumlah kelas yang diperlukan untuk setiap mata kuliah, jumlah guru, luas ruang kelas, jumlah dan ukuran mata kuliah, kelas, dan durasi kursus.

Perguruan tinggi dan universitas harus mengatur waktu dan lokasi mata kuliah dan dosen sesuai struktur rencana pengajaran dan rencana studi setiap semester. Ada banyak aturan untuk pengaturan kursus, dan faktor-faktor seperti waktu pengajaran, lokasi, dan dosen harus diperhatikan. Yang masuk akal konfigurasi faktor-faktor ini membentuk seorang profesional masalah optimasi nilai dengan banyak kendala. Saat ini, sebagian besar perguruan tinggi dan universitas telah mengatur kursus secara manual oleh anggota fakultas. Karena banyaknya mata kuliah dan dosen, lokasi pengajaran yang dibutuhkan, dan banyak pembatasan, banyak kesulitan yang dialami ditemui. (Nugroho et al., 2022).

Perencana pendidikan di perguruan tinggi senantiasa dihadapkan pada berbagai sumber daya dan keterbatasan dalam menetapkan jadwal perkuliahan, sehingga penyusunan jadwal dengan mempertimbangkan segala keterbatasan tersebut dalam waktu singkat dan tanpa mengganggu alokasi sumber daya bukanlah hal yang otomatis. Selain itu, tidak mudah untuk menerapkan perubahan yang diperlukan karena perubahan waktu akses terhadap sumber daya atau perubahan kebijakan universitas sehubungan dengan undang-undang dan prioritas perencanaan (Shuai, 2021).

Penjadwalan adalah proses perencanaan yang melibatkan penentuan waktu dan lokasi pelaksanaan setiap tindakan sebagai bagian dari pekerjaan keseluruhan, mempertimbangkan keterbatasan sumber daya dan alokasi sumber daya pada waktu tertentu, dengan memperhatikan kapasitas yang tersedia. Penjadwalan perkuliahan adalah aspek yang sangat krusial dalam mendukung kelancaran proses pembelajaran. Hal ini melibatkan berbagai pihak yang terlibat dalam proses belajar mengajar, termasuk dosen yang mengajar dan mahasiswa yang mengikuti mata kuliah. (Zhang, 2022).

Masalah penjadwalan mata kuliah di universitas diperkenalkan secara singkat. Algoritma genetika diusulkan untuk mengoptimalkan skema penjadwalan. Algoritma genetika diperbaiki dengan menggunakan prinsip koevolusi. Kebaruan dari penelitian ini adalah penjadwalan mata kuliah dengan algoritma genetika sebagai pengganti tenaga kerja dan penggunaan koevolusi untuk meningkatkan kinerja algoritma genetika dalam mencari solusi terbaik. Keuntungan menggunakan algoritma genetika untuk penjadwalan mata kuliah adalah dapat memberikan beberapa solusi penjadwalan dengan lebih cepat dan memilih solusi terbaik dari solusi tersebut. (Zhang, 2022).

Jurnal ini bertujuan untuk mengidentifikasi kesenjangan dalam proses pengajaran di perguruan tinggi melalui analisis literatur terkait optimasi penjadwalan mata kuliah. Hasil literature review ini untuk mengidentifikasi metode yang paling baik digunakan untuk melakukan optimasi proses penjadwalan mata kuliah di perguruan tinggi.

2. Metodologi Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan melakukan identifikasi jurnal yang relevan dengan cakupan penelitian yang dapat dipertanggungjawabkan seperti *Publish of Perish* dan *Google Scholar* dalam pencarian literatur yang relevan tersebut. Kata kunci yang digunakan dalam pencarian adalah optimasi, efisiensi, dan penjadwalan mata kuliah.

3. Analisis Hasil dan Pembahasan

Literature review dilakukan terhadap jurnal yang diterbitkan dari tahun 2018 sampai dengan 2023. Jurnal bervariasi dalam hal pembahasan optimasi dan penjadwalan. Penyajian hasil *literature review*

dilakukan pada tabel 1 berikut ini.

Tabel 1. Hasil *Literature Review*

Peneliti	Tujuan	Metode	Hasil Penelitian
(T. Li et al., 2022)	Mengembangkan sistem penjadwalan otomatis berbasis algoritma genetika Monte Carlo untuk jurusan teknik elektronika	Metode eksperimental	Hasil penelitian ini adalah pengembangan sebuah sistem penjadwalan otomatis berbasis algoritma genetika Monte Carlo untuk jurusan teknik elektronika.
(Bordel et al., 2023)	Mengembangkan alat penjadwalan otomatis berbasis teori graf untuk kursus keamanan siber	Metode algoritma pewarnaan graf	Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan alat penjadwalan otomatis berbasis teori graf dalam kursus keamanan siber dapat meningkatkan hasil akademik mahasiswa dan pengalaman belajar mereka.
(Wang et al., 2023)	Mengembangkan model matematis dan metode optimasi untuk penjadwalan kursus universitas dengan mempertimbangkan preferensi profesor.	Metode algoritma meta-heuristik	Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa dengan mempertimbangkan batasan model matematika dan fungsi tujuan, jadwal mata kuliah fakultas dikurangi dari 4 hari seminggu menjadi 3 hari kerja. Selain itu, kursus master direncanakan dalam dua hari, dan kursus dalam kelompok pendidikan tidak saling mengganggu.
(X. Chen et al., 2020)	Mengoptimalkan jadwal kelas universitas dengan mempertimbangkan preferensi mahasiswa dan dosen	Metode algoritma genetika	Hasil penelitian ini adalah berhasil menghasilkan jadwal kelas universitas yang optimal dengan mempertimbangkan preferensi mahasiswa dan dosen serta meminimalkan deviasi dari rencana ideal.
(Díaz-Ramírez et al., 2022)	Mengembangkan model matematis dan metode optimasi untuk penjadwalan kursus universitas	Metode matematis dan optimasi eksak dengan menggunakan perangkat lunak GAMS	Hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan mempertimbangkan kendala dan fungsi tujuan model matematis, jadwal kursus fakultas dapat dikurangi dari 4 hari menjadi 3 hari kerja dalam seminggu.
(Mzili et al., 2023)	Menghasilkan sistem penjadwalan baru yang mengurangi dampak dan tingkat kesalahan	Metode algoritma genetika	Hasil penelitian ini adalah penciptaan sistem penjadwalan baru dengan tingkat keberhasilan di atas 50% tanpa kesalahan dan bentrok.
(Ge & Chen, 2022)	Mengintegrasikan persepsi kenyamanan pengguna ke dalam pengontrol rumah pintar	Metode gerombolan partikel dan logika fuzzy	Hasil penelitian dari jurnal ini adalah pengontrol rumah pintar yang ditingkatkan dengan pendekatan baru yang mengintegrasikan persepsi kenyamanan pengguna menggunakan optimasi gerombolan partikel dan logika fuzzy.
(Imran Hossain et al., 2019)	Mengatasi masalah Penjadwalan Kursus Universitas (UCSP)	Metode pendekatan metaheuristik	Hasil eksperimen mengungkapkan efektivitas dan keunggulan metode yang diusulkan dibandingkan dengan

Peneliti	Tujuan	Metode	Hasil Penelitian
(Shuai, 2021)	Solusi untuk tuntutan penjadwalan kursus yang meningkat	Metode algoritma genetika	metode metaheuristik terkemuka lainnya (misalnya GA, HS) Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa algoritma genetika adaptif yang ditingkatkan lebih unggul daripada algoritma genetika asli dalam menyelesaikan masalah penjadwalan kursus di perguruan tinggi.
(Y. Li et al., 2023)	Mengoptimalkan manajemen sumber daya pengajaran di perguruan tinggi	Metode algoritma genetika	Hasil penelitian menunjukkan bahwa algoritma penjadwalan kuliah yang diusulkan dalam penelitian ini menghasilkan kinerja yang lebih baik dibandingkan dengan algoritma lain dalam hal keberhasilan penjadwalan dan waktu penjadwalan.
(Nasien & Andi, 2022)	Mengembangkan model optimasi untuk penjadwalan kuliah di Universitas Sebelas Maret	Binary Integer Linear Programming (BILP).	Hasil penelitian ini adalah model optimasi yang dikembangkan dapat menghasilkan jadwal kuliah yang lebih efisien dan efektif dibandingkan dengan penjadwalan manual.
(Huang et al., 2019)	Mengatasi tantangan dalam mengadaptasi layanan transportasi untuk memenuhi persyaratan baru untuk kembali ke sekolah dan tempat kerja yang aman selama pandemi COVID-19.	MIP, Branch & Bound, Branch & Cut, column generation, dan cutting planes	Hasil eksperimen menunjukkan bahwa algoritma Tabu Search yang disesuaikan berhasil meningkatkan kualitas solusi dibandingkan dengan kumpulan algoritma yang diuji.
(Rivera et al., 2020)	Penjadwalan kursus berdasarkan penambahan preferensi siswa	Metode algoritma genetika	Hasil penelitian ini menyoroti pendekatan kemanjuran dan jadwal perkuliahan yang dihasilkan setara dengan jadwal berjalan yang disusun secara manual di universitas.
Tepphakorn, et.al., (2020)	Mengembangkan Program Penjadwalan Berbasis Pengoptimalan Kawanan Partikel	Accelerated Particle Swarm Optimization (APSO)	Hasil eksperimen menunjukkan bahwa efek utama dan interaksi D-APSO signifikan secara statistik dengan interval kepercayaan 95%. S-APSO dan Maurice Clerc PSO (MCPSO) mengungguli varian PSO lainnya untuk sebagian besar kumpulan data sedangkan waktu eksekusi yang diperlukan oleh semua varian PSO sedikit berbeda.

Peneliti	Tujuan	Metode	Hasil Penelitian
(Shao et al., 2023)	Mengoptimalkan sistem penjadwalan mata kuliah di perguruan tinggi.	Metode algoritma jalur terpendek	Hasil penelitian ini digunakan sebagai parameter untuk mengoptimalkan sistem penjadwalan mata kuliah di perguruan tinggi. Dengan menerapkan algoritme ke dalam sistem penjadwalan kursus, masalah jarak pergerakan guru dan siswa di berbagai area pengajaran dapat diselesaikan secara efektif, dan dengan hasil yang baik.
(Wen-Jing, 2018)	Merancang algoritma penjadwalan berbasis kecerdasan buatan	Metode algoritma genetika	Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa algoritma genetika yang telah diperbaiki mampu menyelesaikan masalah penjadwalan kursus bahasa Inggris perguruan tinggi dengan lebih cepat dan efisien dibandingkan dengan algoritma genetika tradisional.
(Xu, 2021)	Memodelkan dampak keputusan jaringan distribusi dan mikrogrid	Metode pendekatan hierarkis	Hasil penelitian ini adalah pengembangan pendekatan hierarkis untuk mengoptimalkan jaringan distribusi daya aktif dengan mikrogrid, yang mempertimbangkan ketidakpastian sumber energi terbarukan dan permintaan daya.
(Yuan et al., 2022)	Mengoptimalkan penjadwalan mata kuliah di universitas	Metode algoritma genetika	Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa algoritma genetika yang telah ditingkatkan dengan teknik ko-evolusi menghasilkan solusi yang lebih baik dan konvergen lebih cepat dibandingkan dengan algoritma genetika tradisional dalam menyelesaikan permasalahan penjadwalan mata kuliah di universitas.

Dari Tabel 1 diatas, beberapa Poin penting dari review Jurnal tentang Penjadwalan Otomatis sebagai berikut :

1. Penggunaan Beragam Metode Algoritma:
 - Banyak peneliti menggunakan berbagai algoritma seperti algoritma genetika, algoritma pewarnaan graf, algoritma meta-heuristik, dan optimasi gerombolan partikel untuk mengatasi masalah penjadwalan.
 - Algoritma genetika adalah metode yang paling sering digunakan karena fleksibilitas dan kemampuannya untuk menghasilkan solusi yang optimal dalam berbagai kondisi penjadwalan.
2. Optimasi Jadwal yang Efektif:
 - Sebagian besar penelitian menunjukkan bahwa penggunaan algoritma dan model optimasi dapat mengurangi jumlah hari kerja atau waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan jadwal, meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya.
 - Misalnya, Wang et al. (2023) dan Díaz-Ramírez et al. (2022) menunjukkan bahwa jadwal mata kuliah dapat dikurangi dari 4 hari menjadi 3 hari kerja.
3. Peningkatan Pengalaman dan Hasil Akademik Mahasiswa:

Beberapa penelitian, seperti yang dilakukan oleh Bordel et al. (2023), menunjukkan bahwa alat penjadwalan otomatis berbasis teori graf dapat meningkatkan hasil akademik dan pengalaman belajar mahasiswa.

4. **Pertimbangan Preferensi Pengguna:**
Banyak penelitian mempertimbangkan preferensi dosen dan mahasiswa dalam penjadwalan, seperti yang ditunjukkan oleh X. Chen et al. (2020) dan Wang et al. (2023). Hal ini penting untuk meningkatkan kepuasan pengguna dan efektivitas jadwal.
5. **Penggunaan Teknologi Canggih:**
Beberapa penelitian mengintegrasikan teknologi canggih seperti logika fuzzy dan optimasi gerombolan partikel untuk meningkatkan sistem yang sudah ada, seperti yang dilakukan oleh Ge & Chen (2022) dalam pengontrol rumah pintar.
6. **Keefektifan dan Keunggulan Metode yang Diusulkan:**
 - Imran Hossain et al. (2019) menunjukkan bahwa metode metaheuristik yang diusulkan lebih efektif dan unggul dibandingkan metode metaheuristik lainnya.
 - Shuai (2021) menunjukkan bahwa algoritma genetika adaptif lebih unggul daripada algoritma genetika asli dalam menyelesaikan masalah penjadwalan kursus.
7. **Penggunaan Data Nyata untuk Validasi:**
Beberapa penelitian menggunakan data nyata untuk menguji dan memvalidasi model yang diusulkan, seperti yang dilakukan oleh Rivera et al. (2020) yang menggunakan data dari mata kuliah Pilihan Terbuka di universitas.
8. **Peningkatan Efisiensi dan Pengurangan Beban Kerja:**
Wen-Jing (2018) menunjukkan bahwa algoritma genetika yang telah diperbaiki mampu meningkatkan efisiensi dan mengurangi beban kerja dalam penjadwalan kursus bahasa Inggris di perguruan tinggi.

Dari hasil review jurnal-jurnal tentang penjadwalan otomatis di perguruan tinggi, beberapa diskusi penting yang dapat diambil adalah sebagai berikut:

- a. Penelitian lebih lanjut diperlukan untuk membandingkan kinerja algoritma-algoritma ini dalam berbagai skenario dan kondisi nyata di perguruan tinggi yang berbeda.
- b. Penelitian lebih lanjut diperlukan untuk mengeksplorasi bagaimana algoritma penjadwalan dapat lebih diarahkan untuk meningkatkan kualitas pendidikan dan kepuasan mahasiswa.
- c. Perguruan tinggi dapat mengeksplorasi penggunaan teknologi canggih lainnya seperti kecerdasan buatan dan pembelajaran mesin untuk mengoptimalkan proses penjadwalan dan meningkatkan kualitas pengajaran.
- d. Validasi menggunakan data nyata sangat penting untuk memastikan bahwa model yang diusulkan dapat diterapkan dalam konteks nyata dan memberikan hasil yang diinginkan.

4. Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan dari hasil review jurnal-jurnal ini adalah terdapat berbagai metode yang efektif untuk mengoptimalkan penjadwalan kursus di perguruan tinggi. Penggunaan algoritma optimasi seperti algoritma genetika, algoritma pewarnaan graf, dan optimasi gerombolan partikel dapat meningkatkan efisiensi dan kualitas penjadwalan. Selain itu, mempertimbangkan preferensi pengguna dan menggunakan data nyata untuk validasi adalah kunci untuk mencapai hasil yang optimal.

Saran yang dapat disampaikan adalah Perguruan tinggi perlu terus mengembangkan dan mengadopsi teknologi canggih serta melakukan penelitian lebih lanjut untuk mengeksplorasi berbagai metode optimasi dan aplikasi mereka dalam konteks nyata. Dengan demikian, diharapkan dapat tercipta sistem penjadwalan yang lebih efisien, efektif, dan responsif terhadap kebutuhan semua pihak yang terlibat.

Daftar Pustaka

- Bordel, B., Alcarria, R., & Robles, T. (2023). Automated Activity Scheduling Tools for Improving Learning and Evaluation of Cybersecurity Competencies in Computer Engineering Courses. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 18(8), 4–25. <https://doi.org/10.3991/ijet.v18i08.34879>.
- Chen, M., Werner, F., & Shokouhifar, M. (2023). Mathematical Modeling and Exact Optimizing of University Course Scheduling Considering Preferences of Professors. *Axioms*, 12(5). <https://doi.org/10.3390/axioms12050498>.
- Chen, X., Yue, X. G., Man Li, R. Y., Zhumadillayeva, A., & Liu, R. (2020). Design and Application of an Improved Genetic Algorithm to a Class Scheduling System. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 16(1), 44–59. <https://doi.org/10.3991/IJET.V16I01.18225>.
- Díaz-Ramírez, J., Leal-Garza, C. M., & Gómez-Acosta, C. (2022). A smart school routing and scheduling problem for the new normalcy. *Computers and Industrial Engineering*, 168. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2022.108101>
- Gabriel, D. F., & Maria Pangilinan, J. A. (n.d.). Faculty Course Scheduling Optimization. *American Scientific Research Journal for Engineering*. <http://asrjetsjournal.org/>
- Ge, R., & Chen, J. (2022). Analysis of College Course Scheduling Problem Based on Ant Colony Algorithm. *Computational Intelligence and Neuroscience*, 2022. <https://doi.org/10.1155/2022/7918323>.
- Huang, R., Huang, J., Wang, X., Luo, Y., & Yu, J. (2019). Study of the Experimental Course Scheduling System Based on MIP Model.
- Imran Hossain, S., Akhand, M. A. H., Shuvo, M. I. R., Siddique, N., & Adeli, H. (2019). Optimization of University Course Scheduling Problem using Particle Swarm Optimization with Selective Search. *Expert Systems with Applications*, 127, 9–24. <https://doi.org/10.1016/J.ESWA.2019.02.026>.
- Li, T., Xie, Q., & Zhang, H. (2022). Design of College Scheduling Algorithm Based on Improved Genetic Ant Colony Hybrid Optimization. *Security and Communication Networks*, 2022. <https://doi.org/10.1155/2022/2565639>.
- Li, Y., Ma, J., Xie, Z., Hu, Z., Shen, X., & Zhang, K. (2023). A Scheduling Method for Heterogeneous Signal Processing Platforms Based on Quantum Genetic Algorithm. *Applied Sciences (Switzerland)*, 13(7). <https://doi.org/10.3390/app13074428>.
- Mzili, T., Mzili, I., Riffi, M. E., & Dhiman, G. (2023). Hybrid Genetic and Spotted Hyena Optimizer for Flow Shop Scheduling Problem. *Algorithms*, 16(6). <https://doi.org/10.3390/a16060265>.
- Nasien, D., & Andi, A. (2022). Optimization of Genetic Algorithm in Courses Scheduling. *IT Journal Research and Development*, 151–161. <https://doi.org/10.25299/itjrd.2022.7896>.
- Niño, E., Ardila, C., Perez, A., Donoso, Y., Niño, E., Ardila, C., Perez, A., & Donoso, Y. (2010). A Genetic Algorithm for Multiobjective Hard Scheduling Optimization. In *Communications & Control: Vol. V (Issue 5)*.
- Nugroho, A. K., Permadi, I., & Yasifa, A. R. (2022). OPTIMIZING COURSE SCHEDULING FACULTY OF ENGINEERING UNSOED USING GENETIC ALGORITHMS. *JITK (Jurnal Ilmu Pengetahuan Dan Teknologi Komputer)*, 7(2), 91–98. <https://doi.org/10.33480/jitk.v7i2.2262>.
- Rivera, G., Cisneros, L., Sánchez-Solís, P., Rangel-Valdez, N., & Rodas-Osollo, J. (2020). Genetic algorithm for scheduling optimization considering heterogeneous containers: A real-world case study. *Axioms*, 9(1). <https://doi.org/10.3390/axioms9010027>.
- Shao, K., Fu, H., & Wang, B. (2023). An Efficient Combination of Genetic Algorithm and Particle Swarm Optimization for Scheduling Data-Intensive Tasks in Heterogeneous Cloud Computing. *Electronics (Switzerland)*, 12(16). <https://doi.org/10.3390/electronics12163450>
- Shuai, C. J. (2021). Design of Automatic Course Arrangement System for Electronic Engineering Teaching Based on Monte Carlo Genetic Algorithm. *Security and Communication Networks*, 2021. <https://doi.org/10.1155/2021/3564722>.
- Wang, W., Xiao, J., Feng, D., Wei, S., & Wang, Z. (2023). Multi-Objective Production and Scheduling Optimization of Offshore Wind Turbine Steel Pipe Piles Based on Improved Hesitant Fuzzy

- Method. *Journal of Marine Science and Engineering*, 11(8).
<https://doi.org/10.3390/jmse11081505>.
- Wen-Jing, W. (2018). Improved adaptive genetic algorithm for course scheduling in colleges and universities. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 13(6), 29–42.
<https://doi.org/10.3991/ijet.v13i06.8442>.
- Xu, J. (2021). Improved Genetic Algorithm to Solve the Scheduling Problem of College English Courses. In *Complexity* (Vol. 2021). Hindawi Limited. <https://doi.org/10.1155/2021/7252719>.
- Yuan, F., Li, J., Zhou, Q., & He, M. (2022). Research on Shipboard Material Scheduling Optimization Based on Improved Genetic Algorithm. *Wireless Communications and Mobile Computing*, 2022. <https://doi.org/10.1155/2022/3451408>.
- Zhang, Q. (2022). An optimized solution to the course scheduling problem in universities under an improved genetic algorithm. *Journal of Intelligent Systems*, 31(1), 1065–1073.
<https://doi.org/10.1515/jisys-2022-0114>.