

KECERDASAN KERUMUNAN UNTUK OPTIMASI PEMECAHAN MASALAH

Rumadi Hartawan¹

Teknik Informatika¹

STMik Jakarta¹

rumadi@stmik.jayakarta.ac.id¹

Abstrak

Kecerdasan kerumunan (*swarm intelligence*) adalah disiplin yang berhubungan dengan sistem alami dan sistem buatan yang terdiri dari banyak individu yang berkoordinasi dengan menggunakan kendali yang terdesentralisasi dan pengorganisasian diri. Secara khusus, disiplin ini berfokus pada perilaku kolektif yang dihasilkan dari interaksi lokal individu dengan satu sama lain dan dengan lingkungan mereka. Contoh sistem yang dipelajari oleh kecerdasan kerumunan adalah koloni semut dan rayap, ikan, kawanan burung, kawanan hewan darat. Beberapa artefak manusia juga termasuk dalam ranah kecerdasan kerumunan, terutama beberapa sistem multi-robot, dan juga program komputer tertentu yang ditulis untuk mengatasi masalah optimisasi dan analisis data.

Kata Kunci: kecerdasan kerumunan, *swarm intelligence*

I. PENDAHULUAN

Kecerdasan kerumunan memiliki karakter multidisiplin. Penelitian dalam kecerdasan kerumunan dapat diklasifikasikan berdasarkan kriteria yang berbeda. [1]

Alami (*natural*) vs. buatan (*artificial*): Merupakan kebiasaan untuk membagi penelitian kecerdasan kerumunan menjadi dua bidang sesuai dengan sifat sistem yang dianalisis. Karena itu, kita berbicara tentang penelitian kecerdasan berkelompok alami, di mana sistem biologi dipelajari; dan kecerdasan segerombolan buatan, di mana artefak manusia dipelajari. [1]

Ilmiah (*scientific*) vs. rekayasa (*engineering*): Klasifikasi alternatif dan yang lebih informatif dari penelitian kecerdasan kerumunan dapat diberikan berdasarkan tujuan yang dikejar: kita dapat mengidentifikasi aliran ilmiah dan aliran rekayasa. Tujuan dari aliran ilmiah adalah untuk memodelkan sistem kecerdasan kerumunan dan untuk memilih dan memahami mekanisme yang memungkinkan suatu sistem secara keseluruhan untuk berperilaku secara terkoordinasi sebagai hasil dari interaksi individu ke individu lokal dan individu ke lingkungan. Di sisi lain, tujuan aliran rekayasa adalah untuk mengeksplorasi pemahaman yang dikembangkan oleh aliran ilmiah untuk merancang sistem yang mampu memecahkan masalah yang mempunyai relevansi praktis. [1]

Kecerdasan kerumunan mengacu pada kecerdasan kolektif. Ahli biologi dan ilmuwan alam telah mempelajari perilaku sosial serangga karena efisiensi mereka dalam memecahkan masalah yang kompleks

seperti menemukan jalur terpendek antara sarang mereka dan sumber makanan atau mengatur sarang mereka. Terlepas dari kenyataan bahwa serangga ini tidak cangguh secara individual, mereka membuat keajaiban sebagai kawanan interaksi dengan satu sama lain dan lingkungan mereka. Dalam dua dekade terakhir, perilaku berbagai kawanan yang digunakan dalam mencari mangsa atau kawin disimulasikan ke dalam teknik optimasi numerik. [2]

Teknik-teknik kecerdasan kerumunan diantaranya adalah pengoptimal koloni semut, pengoptimal partikel kerumunan, algoritma koloni lebah buatan, algoritma *glowworm*, algoritma *firefly*, algoritma pencarian *cuckoo*, algoritma kelelawar, dan algoritma pencarian berburu. Tercatat bahwa sebagian besar algoritma berbasis kecerdasan kerumunan adalah teknik sederhana dan kuat yang menentukan solusi optimal masalah optimasi secara efisien tanpa memerlukan banyak menggunakan pendekatan matematika. [2]

II. LITERATUR DAN METODE

Sistem kecerdasan kerumunan pada umumnya memiliki sifat-sifat berikut:

- terdiri dari banyak individu;
- individu-individu tersebut relatif homogen (mis., mereka semua identik atau memiliki tipologi yang mirip);
- interaksi antar individu didasarkan pada aturan perilaku sederhana yang mengeksplorasi hanya informasi lokal yang ada individu bertukar secara langsung atau melalui lingkungan (*stigmergy*);

- keseluruhan perilaku sistem dihasilkan dari interaksi individu satu sama lain dan dengan mereka lingkungan, yaitu, perilaku kelompok mengatur diri. [1]

Karena sifat-sifat di atas, dimungkinkan untuk merancang sistem kecerdasan kerumunan yang dapat berkembang sesuai skala (*scalable*), bekerja secara bersamaan (*parallel*), dan toleransi terhadap kegagalan (*fault toleran*).

Skalabilitas berarti bahwa suatu sistem dapat mempertahankan fungsinya sambil meningkatkan ukurannya tanpa perlu mendefinisikan ulang caranya bagian berinteraksi. Karena dalam kecerdasan kerumunan interaksi hanya melibatkan individu tetangga, jumlah interaksi cenderung tidak tumbuh dengan jumlah keseluruhan individu dalam kelompok: perilaku masing-masing individu hanya longgar dipengaruhi oleh dimensi kerumunan. Dalam sistem buatan, skalabilitas menarik karena sistem skalabel dapat meningkatkan kinerjanya dengan hanya meningkatkan ukurannya, tanpa perlu pemrograman ulang.

Tindakan paralel dimungkinkan dalam sistem kecerdasan kerumunan karena individu yang menyusun kerumunan dapat melakukan yang berbeda tindakan di tempat yang berbeda secara bersamaan. Dalam sistem buatan, tindakan paralel diinginkan karena dapat membantu membuat sistem lebih fleksibel, yaitu, mampu mengatur diri sendiri dalam tim yang mengurus secara bersamaan berbagai aspek dari tugas yang kompleks.

Toleransi kesalahan adalah sifat inheren dari sistem kecerdasan kerumunan karena sifat desentralisasi, terorganisasi dari struktur kendalinya. Karena sistem ini terdiri dari banyak individu yang dapat dipertukarkan dan tidak satupun dari mereka yang bertugas mengendalikan perilaku sistem secara keseluruhan, individu yang gagal dapat dengan mudah diberhentikan dan diganti oleh yang lain yang berfungsi penuh.

Sistem kecerdasan kerumunan biasanya terdiri dari populasi agen sederhana atau boids yang berinteraksi secara lokal satu sama lain dan dengan lingkungannya. Inspirasi sering datang dari alam, terutama sistem biologis. Agen mengikuti aturan yang sangat sederhana, dan meskipun tidak ada struktur kontrol terpusat yang menentukan bagaimana agen individu harus berperilaku, lokal, dan sampai tingkat tertentu secara acak, interaksi antara agen tersebut menyebabkan munculnya perilaku global "cerdas",

yang tidak diketahui oleh individu agen. Contoh kecerdasan kerumunan dalam sistem alami termasuk koloni semut, berkelompok burung, berburu elang, penggembalaan hewan, pertumbuhan bakteri, sekelompok ikan dan kecerdasan mikroba.

Penerapan prinsip kerumunan (*swarm*) untuk robot disebut kerumunan robotika (*swarm robotics*), sedangkan '*swarm intelligence*' mengacu pada serangkaian algoritma yang lebih umum. 'Prediksi kerumunan' telah digunakan dalam konteks masalah perkiraan. Pendekatan serupa dengan yang diusulkan untuk kerumunan robotika dipertimbangkan untuk organisme yang dimodifikasi secara genetik dalam kecerdasan kolektif sintetis. [3]

Boids adalah program kehidupan buatan, yang dikembangkan oleh Craig Reynolds pada tahun 1986, yang mensimulasikan perilaku berkelompok burung. Nama "boid" sesuai dengan versi singkat dari "*bird-oid object*", yang mengacu pada objek seperti burung. [4]

Seperti kebanyakan simulasi kehidupan buatan, Boids adalah contoh perilaku yang muncul; yaitu, kompleksitas Boids muncul dari interaksi agen individu (boids, dalam hal ini) mengikuti serangkaian aturan sederhana. Aturan yang diterapkan di dunia Boids paling sederhana adalah sebagai berikut:

- Pemisahan (*separation*): mengarahkan untuk menghindari kerumunan kawanan domba lokal
- Penyelarasan (*alignment*): mengarahkan ke arah rata-rata teman sekawanan lokal
- Kohesi (*cohesion*): mengarahkan untuk bergerak ke arah posisi rata-rata (pusat massa) teman kawanan lokal

Aturan yang lebih kompleks dapat ditambahkan, seperti penghindaran rintangan dan pencarian tujuan. [5].

III. METODE

Penelitian tentang kecerdasan kerumunan umumnya dapat dikelompokkan ke dalam tiga kategori besar. Kategori pertama adalah pada algoritma. Setiap algoritma kecerdasan kerumunan telah dipelajari dan dimodifikasi untuk meningkatkan kinerjanya dari berbagai perspektif seperti konvergensi, akurasi solusi, dan efisiensi algoritma, dll. Misalnya, dalam algoritma optimasi kerumunan partikel (*particle swarm optimization*, PSO), dampak bobot inersia, koefisien percepatan, dan lingkungan pada kinerja

algoritma telah dipelajari luas. Akibatnya, semua jenis varian PSO telah diusulkan.

Kategori kedua ada pada jenis masalah yang algoritma dirancang dan / atau dimodifikasi untuk menyelesaikan masalah. Secara umum, sebagian besar algoritma kecerdasan kerumunan awalnya dirancang untuk memecahkan masalah optimisasi objektif tunggal yang tidak terbatas. Algoritma kemudian dipelajari dan dimodifikasi agar sesuai untuk memecahkan jenis masalah lainnya sebagai kendala optimisasi masalah objektif tunggal, optimisasi objektif multi masalah, kendala optimisasi multi-tujuan masalah, dan optimisasi kombinatorial masalah, dll.

Kategori ketiga adalah pada aplikasi algoritma. Algoritma kecerdasan kerumunan telah berhasil diterapkan untuk menyelesaikan semua jenis masalah mencakup berbagai aplikasi dunia nyata. Karena karakteristik algoritma seperti itu mereka biasanya tidak memerlukan kontinuitas dan diferensiasi yang penting untuk memiliki algoritma pengoptimalan tradisional, algoritma kecerdasan kerumunan telah mampu memecahkan banyak masalah aplikasi dunia nyata yang sangat sulit, jika tidak mungkin, untuk memecahkan algoritma tradisional.

Karenanya, algoritma kecerdasan kerumunan telah menarik lebih banyak perhatian dari para insinyur sektor industri. Ini adalah aplikasi dunia nyata yang sukses yang menjadi pendorong dan vitalitas yang mendorong kemajuan penelitian tentang kecerdasan kerumunan.[6]

IV. KESIMPULAN

Tren penting dalam karya terbaru tentang optimisasi kerumunan partikel, dan memang pada metaheuristik secara umum, adalah menuju penciptaan algoritma hybrid. Sementara tema dari perhitungan evolusioner terus dimasukkan dalam PSO, yang lain telah mengeksplorasi ide hibridisasi dengan teknik yang jarang digunakan seperti pencarian pencar dan penghubungan kembali jalur, optimisasi koloni semut. Sementara itu, berbagai masalah yang PSO dapat diterapkan telah sangat meningkat dengan pengembangan bentuk multi-objektif PSO

Pekerjaan lain telah melibatkan penggunaan banyak kawanan. Ini memungkinkan setiap kelompok untuk mengoptimalkan bagian berbeda dari solusi. Atau, setiap gerombolan dapat dikonfigurasi secara

berbeda untuk mengambil keuntungan dari kekuatan varian PSO yang berbeda, dalam upaya untuk membuat algoritma yang lebih andal yang dapat diterapkan ke berbagai domain masalah..

REFERENSI

- [1] Marco Dorigo and Mauro Birattari (2007). "Swarm intelligence" in Scholarpedia Antoinette Brown. Swarm Intelligence, http://www.scholarpedia.org/article/Swarm_intelligence.
- [2] Yang, Xin-She, et. all (2013), Swarm Intelligence and Bio-Inspired Computation, Published by Elsevier Inc, <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/swarm-intelligence>.
- [3] Solé R, Rodriguez-Amor D, Duran-Nebreda S, Conde-Pueyo N, Carbonell-Ballesteros M, Montañez R (October 2016). "Synthetic Collective Intelligence". *BioSystems*. 148: 47–61. <https://doi.org/10.1016%2Fj.biosystems.2016.01.002>
- [4] Reynolds, Craig (1987). Flocks, herds and schools: A distributed behavioral model. SIGGRAPH '87: Proceedings of the 14th Annual Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques. Association for Computing Machinery. pp. 25–34. CiteSeerX 10.1.1.103.7187. doi:10.1145/37401.37406. ISBN 978-0-89791-227-3.
- [5] Banks, Alec; Vincent, Jonathan; Anyakoha, Chukwudi (July 2007). "A review of particle swarm optimization. Part I: background and development". *Natural Computing*. 6 (4): 467–484. CiteSeerX 10.1.1.605.5879. <https://doi.org/10.1007%2Fs11047-007-9049-5>.
- [6] Panigrahi, Bijaya Ketan, et. all (2011), "Handbook of Swarm Intelligence", Published by Springer-Verlag Berlin Heidelberg.