**LECTURE NOTES**

**Selected Topics in Computational Intelligence I**

**Session 5**

**Artificial Bee Colony**

**LEARNING OUTCOMES**

**Tujuan Instruksional Umum :**

1. Mahasiswa dapat menjelaskan konsep dari Artificial Bee Colony

**Tujuan Instruksional Khusus :**

1. Mahasiswa dapat menjelaskan langkah-langkah pada Artificial Bee Colony algorithm.
2. Mahasiswa dapat menjelaskan penerapan Artificial Bee Colony untuk masalah traveling salesmen problem (TSP).

1. **Behavior Koloni Lebah**

Kualitas setiap madu bunga (nectar) berbeda-beda. Tentu tidak mudah buat lebah menemukan kualitas madu yang bagus. Namun secara berkoloni, lebah mampu mengatasi hal tersebut untuk secara Bersama-sama menemukan nectar yang berkualitas.

Kawanan lebah yang berada di dalam sebuah sarang ada yang bertugas sebagi pengumpul nectar. Mereka memiliki tugas untuk berkeliling diantara bunga-bunga dan mengumpulkan nectar sebanyak mungkin. Ketika kembali ke sarang, mereka menyerahkan semua nectar yang mereka bawa kepada lebah-lebah yang bertugas menjaga sarang dan menyimpan bahan makanan. Lebah-lebah penyimpan bahan makanan ini kemudian menyimpan nectar didalam sel sarang madu. Lebah-lebah pengumpul saling ‘belajar’ untuk menentukan menentukan kualitas sumber bunga yang ditemukannya.

Lebah pengumpulan nectar tersebut akan mengamati dan menunggu untuk bertemu dengan seekor lebah penyimpan makanan yang telah siap menerima nectar.

Jika lebah penyimpan terlalu lama menyambut lebah pengumpul, itu mengindakasikan bahwa nectar yang dibawa kurang berkualitas. Sebaliknya jika lebah pengumpul makanan tersebut disambut oleh sejumlah besar lebah-lebah penyimpanan makanan maka sebagian besar kemungkinan bahwa muatan nectar yang dia temukan memiliki kualitas yang baik.

Pengetahuan yang diperoleh oleh lebah pengumpul tersebut, menjadi dasar untuk mengikuti lebah pengumpul yang lain. Lebah pengumpul yang memperoleh informasi akani memutuskan apakah sumber bunganya senilai dengan kerja keras yang akan dilakukan pada tingkat selanjutnya. Jika iya, maka lebah ini melakukan tarian getarnya agar dipahami oleh lebah-lebah lain. Lama tarian ini memperlihatkan seberapa besar keuntungan yang mungkin dapat diperoleh dari sumber bunga ini.

Model minimal dari seleksi mencari makan yang mengarah pada munculnya kecerdasan kolektif kawanan lebah madu, terdiri dari tiga komponen penting yaitu sumber makanan, lebah pekerja dan lebah unemployed. Model tersebut mendefinisikan dua modus perilaku yang paling penting yaitu rekrutmen ke sumber nectar dan ditinggalkan ke sumber.

1. **Sumber makanan**. Nilai sumber makanan tergantung pada banyak factor yaitu jarak terdekat kesarang, kekeayaan atau konsentrasi dari energy sumber makanan tersebut dan tingkat kemudahan dalam pengambilan energy makanan. Untuk penyederhanaan keuntungan dari sumber makanan dapat diwakili dari satu kuantitas.
2. **Lebah pekerja**. Mereka dikaitkan dengan sumber makanan tertentu yang sedang mereka eksploitasi atau tempat mereka dipekerjakan. Mereka juga membawa informasi tentang letak dari sumber makanan, karak dan arah dari sarang. Profitabilitas atau keuntungan sumber makanan tersebut dan membagikan informasi ini dengan nilai keuntungan tertentu.
3. **Lebah unemployed**. Mereka secara terus menerus keluar mencari sumber makanan untuk dieksploitasi. Ada dua jenis lebah unemployed yaitu lebah scout yang bertugas mencari lingkungan disekitar sarang untuk mendapatkan sumber makanan baru dan lebah onlooker yang bertugas menunggu disarang dan mendapatkan sumber makanan elalui informasi yang dibagikan oleh lebah pekerja. Jumlah rata-rata lebah scout sekitar 5-12% dari jumlah lebah keseluruhan.

Pertukaran informasi diantara lebah dalam kejadian yang paling penting dalam pembentukan pengetahuan kolektif. Saat memeriksa seluruh sarang, dimungkinkan untuk dapat membedakan beberapa bagian yang umumnya ada disemua sarang. Dan bagian paling penting dari sarang yang berkaitan dengan pertukaran informasi adalah dancing area. Komunikasi diantara lebah yang berkaitan dengan mutu sumber makanan terjadi di dancing area. Tarian lebah ini disebut dengan waggle dance.

Karena informasi tenang semua sumber yang kaya makanan tersedia untuk lebah onlooker di dancing area, memungkinkan lebah tersebut untuk dapat menonton berbagai tarian lebah dan menutuskan untuk mempekejakan dirinya pada sumber yang paling menguntungkan. Ada peluang yang lebih besar bagi lebah onlooker untuk memilih sumber0sumber makanan yang lebih menguntungkan, karena lebih banyak informasi yang beredar tentang sumber-sumber makanan yang lebih menguntungkan tersebut. Lebah pekerja membagi informasi sesuai dengan probabilitas yang sebanding dengan profitability dari sumber makanan, dan membagi informasi melalui waggle dancing dengan durasi yang lebih lama. oleh karena itu, rekruitmen sebanding dengan profitability dari sumber makanan

1. **Artificial Bee Colony (ABC ) Algorithm**

Untuk dapat memahami karakteristik perilaku dasar dari pencarian makanan lebah dengan lebih baik dapat dilihat gambar 5.1. Diasumsikan bahwa ada dua sumber makanan yang ditemukan, yaitu A dan B yang pada mulanya lebah pencari makan yang potensial akan mulai sebagai lebah unemployed. Lebah tersebut tidak memiliki pengetahuan tentang sumber makanan disekitar ruang. Ada dua opsi pilihan untuk lebah tersebut yaitu:

Bisa menjadi scout dan mulai mencari-cari sumber makanan disekitar sarang secara spontan karena adanya motivasi internal atau petunjuk eksternal yang mungkin (S pada gambar)

Bisa menjadi rekrutan setelah menonton waggle dance dan mulai mencari sumber makanan (R pada gambar)



Gambar 5.1 Perilaku lebah madu mencari makan untuk nektar

Setelah menemukan sumber makanan, lebah tersebut menggunakan kemampuannya sendiri untuk mengingat lokasi sumber makanan dan kemudian mulai mengeksploitasinya segera. Oleh karena itu, lebah tersebut akan menjadi lebah pekerja. Lebah pekerja mengambil nectar lalu kembali kesarang dan membongkar nectar pada tempat persediaan makanan. Setelah pembongkaran makanan, lebah pekerja tersebut memiliki tiga opsi yaitu menjadi pengikut tidak terikat setelah meninggalakan sumber makanan (UF), melakukan waggle dance dan kemudian merekrut lebah lainnya sebelum kembali kesumber makanan yang sama (EF1) atau meneruskan untuk mencari makanan disumber makanan semula tanpa merekrut lebah lainnya (EF2).

Dan penting dicatat bahwa tidak semua lebah mulai mencari makan secara bersamaan. Percobaan yang telah dilakukan menegaskan bahwa lebah yang baru mulai mencari makan pada tingkat yang sebanding dengan perbedaan antara jumlah akhir lebah dan jumlah lebah yang sedang mencari makan.

Dalam kasus lebah madu, sifat dasar organisasi yang mengandalkan diri sendiri (self organization) adalah sebagai berikut :

* umpan balik positif. ketika jumlah nectar sumber makanan meningkat, jumlah lebah onlooker yang mengunjungi sumber makanan tersebut meningkat juga.
* Umpan balik negative. Proses eksplorasi sumber makanan yang ditinggalkan oleh lebah dihentikan.
* Fluktuasi. Lebah scout melakukan proses pencarian acak untuk menentukan sumber makanan baru.
* Multiple interactions, lebah pekerja membagi informasi tentang posisis sumber makanan dengan lebah-lebah lainnya pada area dance.

Dalam model, koloni lebah buatan terdiri dari tiga kelompok lebah: lebah yang dipekerjakan (employee), penonton (onlooker) dan pengintai (scout).

 Tahap pertama koloni terdiri dari sebagian lebah employee dan sebagian lagi menjadi onlooker. Untuk setiap sumber makanan, hanya ada satu lebah yang dipekerjakan. Dengan kata lain, jumlah lebah yang dipekerjakan sama dengan jumlah sumber makanan di sekitar sarang. Lebah employee yang sumber makanannya telah habis akan menjadi lebah scout. Langkah-langkah utama dari algoritma diberikan di bawah ini:

**REPEAT**

Send the employed bees onto the food sources and determine their nectar amounts

Calculate the probability value of the sources with which they are preferred by the

onlooker bees

Stop the exploitation process of the sources abandoned by the bees

Send the scouts into the search area for discovering new food sources, randomly

Memorize the best food source found so far

**UNTIL (requirements are met)**

Setiap siklus pencarian terdiri dari tiga langkah:

1. Memindahkan lebah employee dan onlooker ke sumber makanan dan menghitung jumlah nektar mereka;
2. Menentukan lebah scout
3. Mengarahkan scout ke sumber makanan yang mungkin.

Posisi sumber makanan merupakan solusi yang mungkin untuk masalah yang akan dioptimalkan. Jumlah nektar dari sumber makanan sesuai dengan kualitas solusi yang diwakili oleh sumber makanan tersebut.

Onlooker ditempatkan pada sumber makanan dengan menggunakan proses pemilihan berdasarkan probabilitas. Ketika jumlah nektar dari sumber makanan meningkat, nilai probabilitas dengan mana sumber makanan lebih disukai oleh onlooker juga meningkat. Setiap koloni lebah memiliki scout yang merupakan penjelajah koloni. Para penjelajah tidak memiliki panduan saat mencari makanan. Scout dianggap lebah yang memiliki penemuan kualitas nectar yang rendah.Namun adakalanya scout menemukan secra tidak sengaja sumber yang bagus. Lebah employee akan berubah menjadi lebah scout dengan memenuhi kriteria ambang batas tertentu. Apabila sumber makanan yang disediakan lebah employee bee tidak diminati dalam batas tertentu. Maka lebah employee akan diubah menjadi lebah scout.

Dalam proses pencarian yang kuat proses eksplorasi dan eksploitasi harus dilakukan bersama.

Dalam algoritma ABC, sementara employee dan onlooker melaksanakan proses eksploitasi, scouter mengendalikan proses eksplorasi.

1. **ABC untuk menyelesaikan Optimisasi Problem**

Dalam studi simulasi, Algoritma Artificial Bee Colony (ABC) diaplikasikan untuk menemukan minimum global dari tiga fungsi tes yang terkenal.

* 1. fungsi Sphere yaitu fungsi kontinyu, cembung dan unimodal. xr berada dalam interval [-100, 100]. Nilai minimum global untuk fungsi ini adalah 0 dan solusi optimalnya

Xopt = (X1, X2, X3, X4, X5) = (0,0,0,0,0)

* 1. Fungsi Rosenbrock valley. Optimalitas global berada di dalam panjang, sempit, berbentuk parabola lembah datar. Oleh karena itu, sangat sulit menyatukan global optimum. Variabel dari fungsi sangat tergantung, dan gradien umumnya tidak menunjuk ke arah optimal. Interval X nya berada dalam interval [-2.048, 2.048], nilai minimum global adalah 0; dan solusi optimal adalah (X1, X2) = (1,1).
  2. Fungsi Rastrigin yang didasarkan pada fungsi Sphere dengan penambahan modulasi kosinus untuk menghasilkan banyak minima lokal. Interval X berada dalam interval [-600, 600] dan nilai minimum adalah 0. Solusi optimal untuk ini fungsi adalah (X1, X2, ...,X10) (0,0, ..., 0)

**Tabel 5.1 Fungsi Benchmark yang diselesaiakn dengan ABC algoritma**

****

**Tabel 5.2 Parameter ABC yang digunakan**

****

Tabel 5.3 Hasil dengan ABC

****

**SIMPULAN**

Algoritma ABC sangat sederhana dan sangat fleksibel bila dibandingkan dengan algoritma berbasis colony yang ada. Ini juga sangat bagus, setidaknya untuk masalah tes yang dipertimbangkan dalam pekerjaan ini. Dari hasil simulasi, disimpulkan bahwa algoritma yang diusulkan dapat digunakan untuk memecahkan masalah optimasi numerik unimodal dan multi-modal. Dalam pekerjaan ini, algoritma diuji pada serangkaian masalah pengujian yang sangat terbatas. Studi simulasi harus dilakukan pada serangkaian fungsi pengujian yang lebih besar dan kinerja algoritma harus diperiksa secara rinci.

**DAFTAR PUSTAKA**

* Adries P. Engelbrect. (2007), ***Computational Intelligence An Introduction***. 2nd ed. John Wiley & Sons. USA.
* Bansal, Jagdish Chand, Pramod Kumar Singh, and Nikhil R. Pal . (2017) "***Evolutionary and Swarm Intelligence Algorithms***", Springer,