BAB II

GENETIC ALGORITHM

Dalam bab ini akan dijelaskan mengenai Genetic Algorithm dan kegunaan algoritma tersebut dalam game “Splatted”. Genetic Algorithm (atau disebut Algoritma Genetik) adalah sebuah Algoritma yang terinspirasi oleh proses seleksi alam, diciptakan oleh John Holland dan tim-nya pada tahun 1960. Genetic Algorithm dapat dipakai untuk menemukan pilihan terbaik dari sebuah permasalahan, seperti catur, optimisasi Decision Tree dan banyak lagi. [[1]](#footnote-1)

1. Terminologi

Di dalam bab Genetic Algorithm, akan ada beberapa istilah yang berhubungan dengan biologi, seperti Kromosom dan Gene. Dikarenakan itu, akan ada beberapa kata yang jarang ditemukan di dalam kehidupan sehari – hari. Jadi sebelum mendalami Genetic Algorithm, perlu diketahui beberapa istilah asing yang akan sering dijumpai dalam bab ini, yaitu;

1. Gene dan Chromosom (Kromosom)

Kromosom adalah sebuah representasi calon solusi yang dibuat oleh algoritma genetik, umumnya direpresentasikan menggunakan sebuah array 1 dimensi. sementara bagian – bagian yang membentuk Kromosom adalah sebuah Gene, yang merepresentasikan sebuah variabel dalam kromosom, direpresentasikan menggunakan angka, huruf ataupun angka biner.

1. Populasi / Generasi

Populasi adalah kumpulan dari kromosom – kromosom yang ada. Dalam sebuah populasi dapat berisi satuan hingga ratusan jumlah kromosom yang nantinya akan mempengaruhi kecepatan dari Algoritma tetapi akan meningkatkan kemungkinan mendapat solusi yang lebih baik. Generasi adalah nama lain dari sebuah populasi dimana Generasi menampilkan iterasi dari populasi tersebut. Seperti sebuah Generasi ke-7 menandakan bahwa Generasi tersebut adalah populasi ke-7 yang dibuat oleh Genetic Algorithm.



Gambar 2.1

Visualisasi Gene, Kromosom dan Populasi

1. Fitness

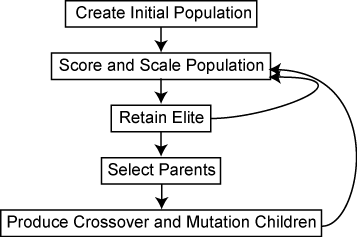
Fitness adalah sebuah angka yang menunjukkan kualitas jawaban dari sebuah kromosom, cenderung semakin tinggi Fitness-nya semakin baik kualitasnya. Semisal ada Kromosom pertama dengan Fitness 50 dan Kromosom ke-3 dengan Fitness 300, maka bisa kelihatan jelas bila Kromosom ke-3 lebih baik daripada kromosom pertama. Fitness didapat menggunakan Fitness Function buatan kita sendiri yang akan dijelaskan di dalam subbab selanjutnya.

1. Parent & Child Chromosome

Parent Chromosome adalah kromosom yang dipilih berdasarkan Fitnes kromosom itu sendiri, dimana parent tersebut akan dipasangkan dengan parent lain untuk membuat sebuah anak kromosom baru. Anak tersebut dipanggil Child Chromosome dan akan menjadi parent dalam Generasi selanjutnya.

1. Metodologi

Genetic Algorithm didasarkan pada seleksi alam, dimana didalam sebuah popuulasi spesies hewan, hanya hewan dengan fitur tertentu yang akan bertahan hidup untuk waktu yang lama. Dari konsep tersebut Genetic Algorithm akan menciptakan sejumlah kandidat solusi yang pada algoritma ini akan berevolusi dengan harapan setiap generasi solusi yang dibuat akan selalu berkembang dan lebih bagus daripada solusi generasi sebelumnya.



Gambar 2.X

Visualisasi Garis besar cara kerja Algoritma Genetik

Di gambar 2.X diatas, ditunjukkan secara garis besar apa yang terjadi di dalam sebuah Algoritma Genetik. Di saat program dimulai dalam “Create Initial Population” akan dibuat Generasi pertama, biasanya dengan Gene yang isinya acak. Setelah dibuat maka akan diambil nilai Fitness dari setiap kromosom di Generasi pertama tersebut yang diwakilkan dengan tag “Score and Scale Population” diatas.

Selanjutnya “Retain Elite” akan menyimpan beberapa kromosom dengan Fitness tertinggi. Setelah itu dilakukan “Select Parents” yang memilih parent – parent dengan dasar nilai fitness setiap kromosom dimana cenderung semakin tinggi fitness, semakin mungkin dipilih. Terakhir adalah “Produce Crossover and Mutation Children”, dimana setiap pasang parent akan membuat anak kromosom baru yang berisi Gene parent-nya. Pemilihan parent lalu pembuatan anak diulangi hingga dapat mengisi sebuah populasi penuh dengan Kromosom – kromosom baru, setelah itu generasi ke-2 juga dimasuki dengan kromosom – kromosom yang disimpan dalam proses “Retain Elite” tersebut.

Setelah generasi ke - 2 baru telah dibuat, proses yang tadi dilakukan akan diulangi mulai dari menghitung Fitness setiap kromosom. Pengulangan ini akan terjadi terus sampai sebuah syarat tertentu tercapai, seperti jumlah Generasi maksimal, Fitness terbaik sudah mencapai nilai tertentu, Fitness tidak membaik setelah banyak generasi, dan banyak lagi. Tapi sebelum syarat berhenti tercapai, algoritma Genetik akan berjalan terus.

1. Langkah - langkah Algoritma Genetik

Setelah dijelaskan Metodologi dan seluruh Terminologi yang diperlukan, maka akan dilanjutkan dalam subbab ini. Pada subbab ini akan dijelaskan tahap – tahap dalam Algoritma Genetik dan apa yang terjadi. Tahap – tahap yang dilakukan adalah sebagai berikut;[[2]](#footnote-2)

1. Inisialisasi Populasi

Pada tahap ini, dibuatlah populasi pertama atau juga bisa disebut generasi pertama dengan kromosom – kromosom yang isinya acak. Di sini perlu ditetapkan beberapa hal penting, seperti : cara merepresentasikan solusi, jumlah kromosom dalam 1 populasi dan jumlah iterasi maksimal agar Algoritma bisa berhenti.

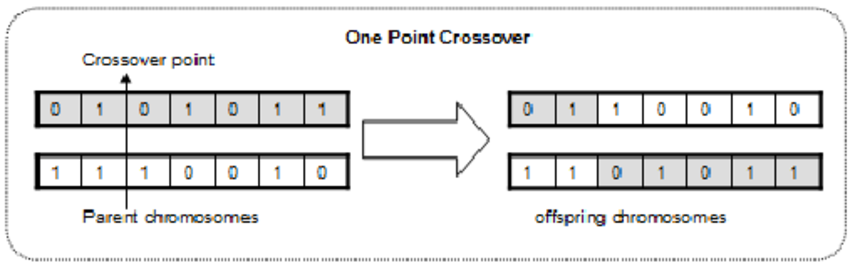
1. Seleksi

Setelah populasi pertama dibuat, maka akan dipilih kromosom – kromosom terbaik berdasarkan fitness mereka. Fitness adalah sebuah nilai yang menunjukkan kecocokan antara kromosom dengan solusi yang diinginkan, cenderung bila nilai fitness semakin tinggi, maka itu merupakan tanda bila kromosom semakin bagus. Fitness dihitung menggunakan fungsi, dimana nilai dari seluruh Gene dalam sebuah kromosom akan dimasukkan dalam sebuah rumus atau perhitungan yang mengeluarkan nilai Fitness dari kromosom tersebut.

Setelah mendapatkan fitness dari seluruh kromosom dalam sebuah populasi, kromosom – kromosom dengan nilai Fitness tertinggi akan dipilih untuk “reproduksi”. Metode untuk ber-reproduksi ini ada berbagai macam, tetapi terdapat 2 unsur utama yang harus ada dalam sebuah metode pemilihan kromosom; pemilihan berdasarkan fitness tertinggi dan memiliku unsur. Contoh pemilihan kromosom yang populer adalah metode Roulette Wheel, dimana setiap kromosom yang ada memiliki kesempatan untuk dipilih dan semakin tinggi fitness-nya, semakin tinggi kemungkinan agar kromosom tersebut dipilih.

1. Reproduksi

Tahap ini akan terjadi setelah dipilih 2 kromosom yang akan dirujuk sebagai parent atau orang tua, lalu akan diciptakan anak baru menggunakan 2 parent yang telah dipilih menggunakan metode yang dinamakan crossover, dimana kedua kromosom parent yang dipilih akan digabung untuk membuat anak kromosom baru. Terdapat banyak metode untuk melakukan crossover, salah satu contoh yang umum adalah One Point Crossover.



Gambar 2.2

Visualisasi One Point Crossover

Dalam One Point Crossover, dipilih sebuah titik diantara 2 Gene yang akan memisah sebuah kromosom jadi 2. Lalu setelah posisi tersebut dipilih, potong kedua kromosom di posisi tersebut, tukar kromosom yang telah terpotong, entah yang kiri atau yang kanan, dan sambung kembali kedua kromosom tersebut. Dari situ telah diciptakan 2 anak kromosom baru, dan Algoritma Genetik kembali ke tahap seleksi untuk memilih parent baru. Proses ini akan diulang hingga jumlah kromosom anak yang dibuat mencapai jumlah kromosom seharusnya dalam sebuah populasi yang telah ditetapkan di tahap inisialisasi.

1. Mutation (Mutasi)

Saat seluruh anak kromosom telah dibuat dan sebelum memasuki iterasi selanjutnya, Mutasi dilakukan terhadap setiap anak kromosom yang telah dibuat. Dalam mutasi, sebuah kromosom akan mengalami perubahan ke dalam struktur Gene-nya yang dapat terjadi dalam berbagai cara, seperti salah satunya adalah perubahan isi Gene secara acak atau dinamakan Random Mutation.



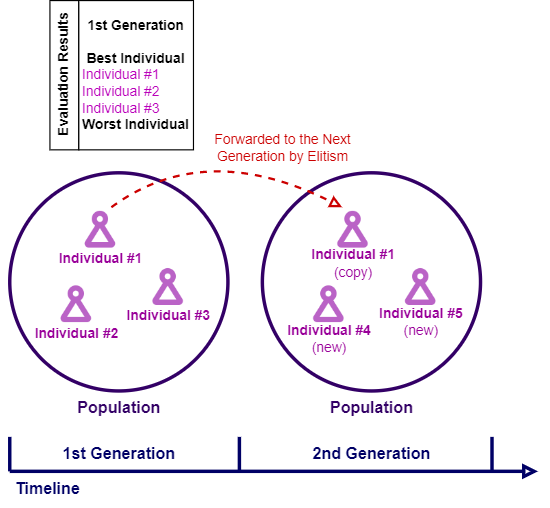
Gambar 2.3

Visualisasi Random Mutation

Ide dari Random Mutation itu sederhana, dimana setiap Gene yang ada di dalam kromosom memiliki kemungkinan yang bisa diatur oleh pengguna untuk mengganti isi sebuah Gene menjadi isi yang baru. Terdapat banyak lagi metode untuk melakukan mutasi, seperti Bit-String mutation dimana setiap Gene dilihat sebagai sebuah angka biner dan setiap bit bisa diganti. Perbedaan utama antara mutasi dan Crossover adalah meskipun mereka memiliki tujuan yang mirip, yaitu mengubah sebuah kromosom, Crossover mengubah kromosom berdasarkan Gene 2 kromosom, sementara Mutation mengubah sebuah kromosom berdasarkan isi kromosom itu sendiri atau mengubah isi Gene menjadi isi yang baru.

1. Elitism

Elitism adalah sebuah tahap yang bersifat opsional tapi dapat membantu dalam mencegah turunnya kualitas kromosom. Elitism adalah sebuah tahap dimana sejumlah kromosom terbaik dalam sebuah populasi dimasukkan dalam populasi generasi berikutnya, hal ini bertujuan agar bila kromosom – kromosom yang terdapat di generasi baru secara tidak beruntung memiliki tingkat Fitness yang secara keseluruhan lebih rendah daripada generasi sekarang ini, kromosom – kromosom yang dipindah ke generasi baru dapat menjadi jaminan yang menuntun kromosom lain untuk menjadi lebih baik.



Gambar 2.4

Visualisasi konsep Elitism

1. Repetisi dan Pemberhentian

Setalah tahap – tahap di atas telah diselesaikan, algoritma genetik telah membuat sebuah generasi baru yang memiliki harapan nilai Fitness lebih baik daripada generasi sebelumnya. Setelah generasi baru dibuat, maka algoritma genetik akan kembali ke tahap ke-2 yaitu seleksi, maju ke tahap ke-3 reproduksi dan siklus ini akan terus berlanjut hingga jumlah generasi telah mencapai iterasi maksimal yang telah ditetapkan atau tidak terjadi perkembangan terhadap Fitness maksimal dalam sebuah populasi sebanyak jumlah iterasi yang telah ditentukan.

1. Library GeneticSharp

Dalam tugas akhir ini, akan dipakai library yang telah disediakan oleh Diego Giacomelli dengan username Github giacomelli bernama GeneticSharp. GeneticSharp sesuai namanya adalah sebuah library yang telah menyediakan Genetic Algorithm siap dipakai. Dalam subbab ini akan diberi contoh penggunaan GeneticSharp sederhana berupa jarak garis diagonal dalam sebuah kubus 10 x 10 x 10. Kita tahu bila garis diagonal yang terpanjang adalah dari ujung ke ujung menembus titik tengah dari kubus, tapi Algoritma Genetik kita tidak tahu. Inilah aplikasi dari konsep tersebut.

Algoritma 2.1 Pseudocode Library GeneticSharp

1. Menggunakan library GeneticSharp.Domain.\*
2. varKromosom = new FloatingPointChromosome(
3. Array batas minimum gene => [0,0,0,0,0,0],
4. Array batas maximum gene => [10,10,10,10,10,10],
5. Array jumlah bit gene => [3,3,3,3,3,3],
6. Array jumlah bilangan desimal => [0,0,0,0,0,0])
7. varPopulasi = new Population(
8. minPopulasi,maxPopulasi,kromosom => varKromosom)
9. varFungsiFitness = new FuncFitness((c)=>
10. kromosomSekarang = c as FloatingPointChromosome
11. arrKromosom = kromosomSekarang.ToFloatingPoints()
12. X1 = arrKromosom[0]
13. Y1 = arrKromosom[1]
14. Z1 = arrKromosom[2]
15. X2 = arrKromosom[3]
16. Y2 = arrKromosom[4]
17. Y2 = arrKromosom[5]
18. euclDist = Akar2(Pangkat2(X1-X2)+ Pangkat2(Y1-Y2) + Pangkat2(Z1-Z2))
19. return euclDist
20. )
21. varMetodeSeleksi = new RouletteWheelSelection()

**Algoritma 2.1 (Lanjutan)**

1. varCrossover = new UniformCrossover(kemungkinan crossover terjadi {0-1})
2. varMutasi = new UniformMutation()
3. varStopCon = new GenerationNumberTermination(1000);
4. varGA = new GeneticAlgorithm(
5. Populasi => varPopulasi,
6. Fitness => varFungsiFitness,
7. Metode Seleksi => varMetodeSeleksi,
8. Crossover => varCrossover,
9. Mutasi => varMutasi)
10. varGA.Termination = varStopCon
11. varGA.Start();
12. hasilJadi = varGA.BestChromosome

Sekarang akan diperjelas kegunaan dari masing – masing Line of Code ;

1. Line 3 - 7 : Dalam membuat sebuah kromosom, GeneticSharp memerlukan 4 parameter, yaitu : batas max Gene, batas min Gene, jumlah bit Gene, dan jumlah bilangan desimal, semua dalam bentuk array. Batas max dan min Gene berguna untuk mengatur batas dari isi Gene dalam membuat populasi awal, ini berguna apabila setiap Gene memiliki batas maksimal yang berbeda, dalam kasus ini akan diisi array dengan panjang 6 berisi 0 dan 10 untuk batas min dan max secara berurutan.

Parameter selanjutnya adalah jumlah bit dikarenakan GeneticSharp menggunakan mewarisi Class BinaryChromosomeBase yang hanya menggunakan angka biner, dikarenakan 10 hanya memerlukan 3 bit maka parameter ini diisi 3. Parameter terakhir adalah jumlah angka desimal apabila Gene yang diinginkan ingin memiliki angka koma, kita tidak menggunakan angka desimal jadi diisi 0.

GeneticSharp juga menyediakan Class IntegerChromosome yang memiliki kromosom numerik dan Gene angka biner yang mendirikan angka numerik tersebut, lalu ada BinaryChromosomebase yang merupakan basis dari 2 kelas Kromosom yang lainnya. Bila user tidak puas dengan pilihan ini maka user dapat membuat sebuah Class kromosom baru yang harus mewarisi class ChromosomeBase, dan melakukan Override Function tertentu.

1. Line 9 - 10 : Di Line ini ditentukan jumlah minimum dan maximum jumlah kromosom dari sebuah populasi. Minimum kromosom akan dipakai dalam inisialisasi pembuatabn generasi pertama, sementara maximum kromosom adalah batas maksimal kromosom dalam setiap generasi. Lalu terakhir di parameter ketiga adalah kromosom yang telah dibuat di line 3.
2. Line 12 – 24 : Di sini, dapat dibuat sebuah fungsi fitness yang akan menghitung fitness dari semua kromosom yang ada. Array dari kromosom yang diperiksa dapat diambil menggunakan kode di line 13 dan 14, lalu dengan array kromosom tersebut, fitness dapat dihitung sesuai dengan keperluan user, dalam kasus ini untuk melakukan Euclidian Distance terhadap 2 titik. Diambil X,Y dan Z dari kedua titik, urutan pengambilan dalam kasus ini adalah XYZXYZ, tetapi urutan ini bisa bebas, bisa XXYYZZ, bisa ZZYYXX, sesuai keperluan user. Setelah mendapat Euclidian distance, data tersebut akan di return untuk dipakai dalam selection.
3. Line 26 : Line ini dipakai untuk menentukan metode Seleksi kromosom. Metode yang disediakan oleh Diego Giacomelli diantaranya ada Elite, Stochastic Universal sampling, Uniform Crossover dan masih banyak lagi. Bila ingin membuat seleksi sendiri dapat membuat class baru yang mewarisi Class SelectionBase.
4. Line 27 : Di sini dipilih Crossover yang akan dipakai oleh Algoritma Genetik, Giacomelli sekali lagi menawari kita dari banyak pilihan seperti One-Point, Two-Point, Cut and spliced, dan banyak lagi. Crossover buatan sendiri bisa dibuat juga tetapi mewarisi Class CrossoverBase.
5. Line 29 : Mirip dengan line 21, line ini dipakai untuk memilih mutasi yang akan digunakan dalam algoritma genetik. Beberapa pilihan yang ada diantaranya adalah ; Flip-Bit, Reverse Sequence dan Twors. Mutasi buatan sendiri harus mewarisi Class MutationBase.
6. Line 31 : Kita dipersilahkan memilih dari berbagai kondisi berhenti untuk algoritma genetik kita, beberapa factor yang tersedia adalah Jumlah Generasi, Lama Evolusi, Fitness yang tidak naik naik, dan Fitness yang telah mencapai nilai tertentu. Seperti biasa dapat menggunakan Class sendiri yang mewarisi Class TerminationBase.
7. Line 33 - 42: Di sini seluruh pilihan dan fungsi yang telah dibuat sebelumnya dimasukkan dalam Constructor Genetic Algorithm yang baru ini, mulai dari populasi hingga mutasi yang ada. Lalu di line 36 algoritma genetik sudah mulai berjalan dan mulai mencari solusi
8. Line 44 : Setelah Genetic Algorithm selesai dijalankan, maka hasilnya akan disimpan dalam sebuah variabel yang ditentukan.

1. Xin-She Yang, Yang, X.-S. (2014). Genetic Algorithms. Nature-Inspired Optimization Algorithms. [↑](#footnote-ref-1)
2. Vijini Mallawaarachchi, Introduction to Genetic Algorithms — Including Example Code [↑](#footnote-ref-2)