



Chapter 7

Genetic Algorithm (GA)

4th Class

Intelligent Applications التطبيقات الذكية

إعداد المحاضرة : م. ايمان حسين رحيم

أستاذة المادة الدراسة الصباحية : أ.م.د. ايناس محمد حسين
أستاذة المادة الدراسة المسائية : م. ايمان حسين رحيم



Genetic Algorithm (GA)

7.1 Optimization

7.2 Evolutionary Algorithm (EAs)

7.3 Genetic Algorithms

7.4. Encoding

7.5. Fitness Function

7.6. Genetic Operators



7.1 Optimization

Optimization is a process that finds a best, or optimal, solution for a problem. The Optimization problems are centered around three factors:

a- **An objective function:** which is to be minimized or maximized;

Examples:

1. In manufacturing, we want to maximize the profit or minimize the cost.
2. In designing an automobile panel, we want to maximize the strength.

b- **A set of unknowns or variables:** that affects the objective function,

Examples:

1. In manufacturing, the variables are amount of resources used or the time spent.
2. In panel design problem, the variables are shape and dimensions of the panel.

c- **A set of constraints:** that allows the unknowns to take on certain values but exclude others;

Examples:

1. In manufacturing, one constrain is, that all "time" variables to be non-negative.
- 2 In the panel design, we want to limit the weight and put constrain on its shape.

An optimization problem is defined as: **Finding values of the variables that minimize or maximize the objective function while satisfying the constraints.**



7.2 Evolutionary Algorithm (EAs)

Evolutionary Algorithm (EA) is a subset of Evolutionary Computation (EC) which is a subfield of Artificial Intelligence (AI).

Evolutionary Computation (EC) is a general term for several computational techniques. Evolutionary Computation represents powerful search and optimization paradigm influenced by biological mechanisms of evolution: that of natural selection and genetic.

Evolutionary Algorithms (EAs) refers to Evolutionary Computational models using randomness and genetic inspired operations. EAs involve selection, recombination, random variation and competition of the individuals in a population of adequately represented potential solutions. The candidate solutions are referred as chromosomes or individuals.

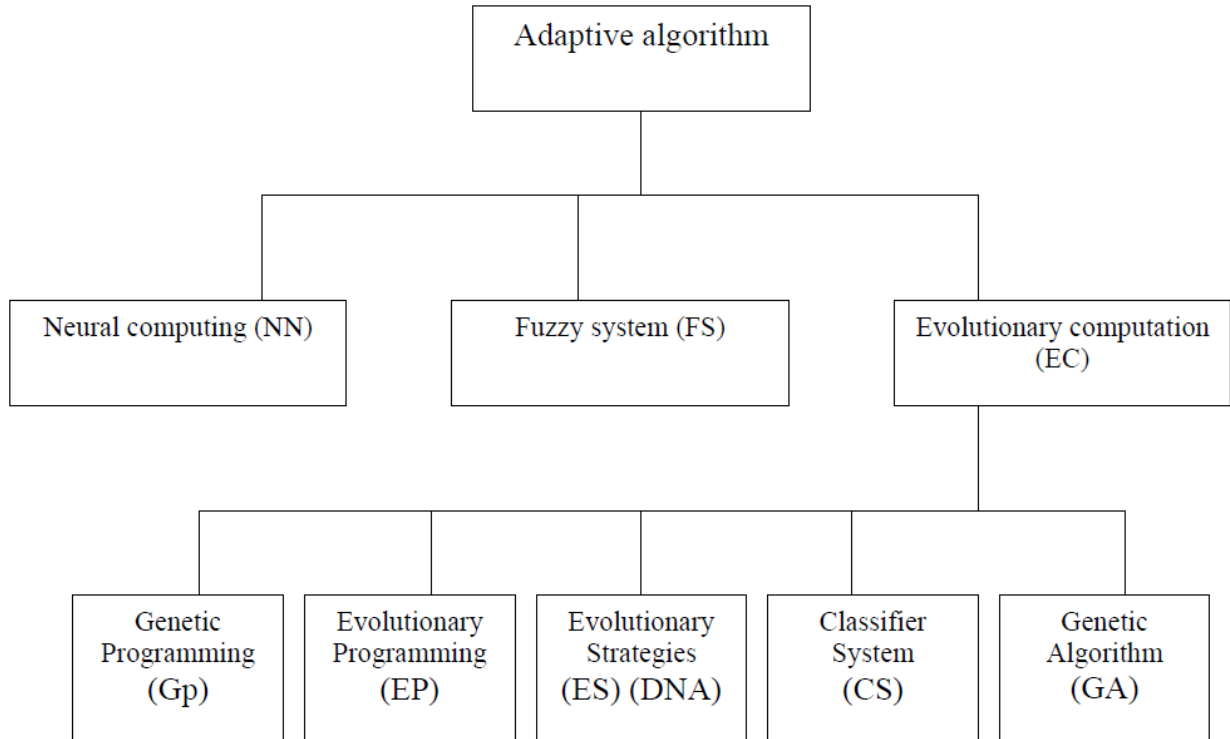
Genetic Algorithms (GAs) represent the main paradigm of Evolutionary Computation.

- GAs simulate natural evolution, mimicking processes the nature uses: **Selection, Crosses over, Mutation and Accepting.**

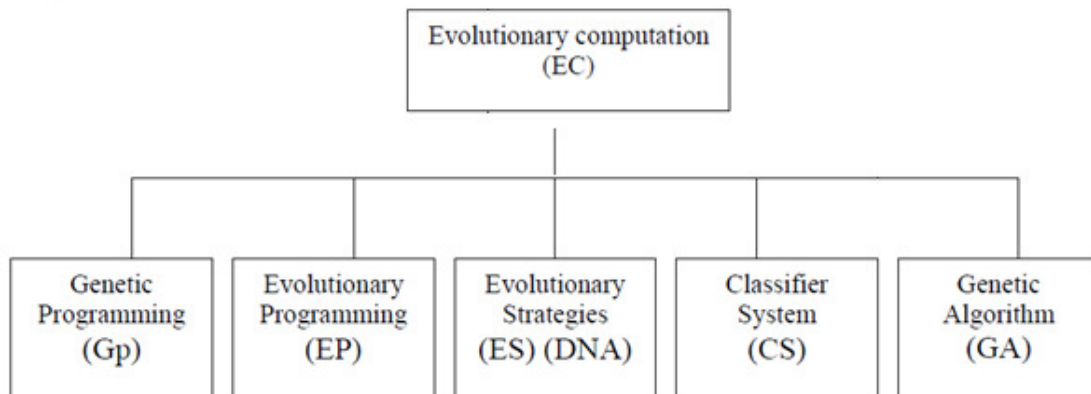
- GAs simulate the survival of the fittest among individuals over consecutive generation for solving a problem.

Development History

EC	=	GP	+	ES	+	EP	+	GA
Evolutionary Computing		Genetic Programming		Evolution Strategies		Evolutionary Programming		Genetic Algorithms
Rechenberg 1960		Koza 1992		Rechenberg 1965		Fogel 1962		Holland 1970



Structure of Adaptive Algorithm



Structure of Evolutionary Computation



Evolutionary computation (EC)

Evolutionary computation (EC):

هي خوارزميات البحث او تقنيات امثلية العالمية المستلهمة من التطور البيولوجي وتسمى تحاسبات تطويرية .

- Genetic programming (GP):

وهي احد انواع الخوارزميات التطويرية (Evolutionary Computation: EC) حيث انها تتمثل بهيكل شجري غير ثابت الحجم والطول وايضا العوامل الجينية المستخدمة فيها هي الانتقاء والطفرة والتزاوج (Selection Crossover, Mutation) .

- Evolutionary Programming (EP):

وهي احد انواع الخوارزميات التطويرية (Evolutionary Computation: EC) حيث انها تتمثل بخيط من الاعداد الحقيقية ثابت الطول والحجم (مصفوفة احادية بها اعداد حقيقية ثابتة الطول والحجم) وايضا العوامل الجينية المستخدمة فيها هي الانتقاء والطفرة (Selection and Mutation) .

- Evolutionary Strategies (ES):

وهي احد انواع الخوارزميات التطويرية (Evolutionary Computation: EC) حيث انها تتمثل بخيط من الاعداد الحقيقية ثابت الطول والحجم وايضا العوامل الجينية المستخدمة فيها هي الانتقاء والطفرة والتزاوج (Crossover, Mutation, Selection) .

- Genetic Algorithm (GA)

وهي احد انواع الخوارزميات التطويرية (Evolutionary Computation: EC) حيث انها تتمثل بخيط من البتات ثابت الطول والحجم وايضا العوامل الجينية المستخدمة فيها هي الانتقاء والطفرة والتزاوج (Selection Crossover, Mutation) . وتعد الخوارزميات الجينية من التقنيات المهمة في البحث العشوائي عن الحل الامثل وهي تمثيل للاعتقاد السائد بأن الذكاء البشري يخلق مع الانسان ويتم اكتسابه عن طريق الوراثة بشكل كبير. فهي محاكاة لعملية التزاوج بين الكائنات الحية من النوع نفسه. وقد استعيرت عدة مصطلحات وصفات من علم الوراثة (مثل : الجيل، الوالدين، العبور، الطفرة،...) وتحاول الوصول بهذه الطريقة الى الحل الانسب للمشكلة المطروحة معتمدة على مبدأ العالم داروين في الاصطفاء الطبيعي القائم على الاحتفاظ بالميزات والصفات الجيدة الموجودة في جيل الالاء لنقلها الى جيل الابناء وبهدف الحصول على ذرية قوية تتمتع بصفات جيل السلف.



7.3 Genetic Algorithms

Genetic Algorithms are *search* and *optimization* techniques based on Darwin's Principle of *Natural Selection*.

A genetic algorithm (GA) is a search technique used in computing to find exact or approximate solutions to optimization and search problems.

"Select the Best, Discard the Rest"

Applications of GAs:

- ❑ **Numerical and Combinatorial Optimization**
 - Job-Shop Scheduling, Traveling salesman
- ❑ **Automatic Programming**
 - Genetic Programming
- ❑ **Machine Learning**
 - Classification, NNet training, Prediction
- ❑ **Economic**
 - Biding strategies, stock trends
- ❑ **Ecology**
 - host-parasite co evolution, resource flow, biological arm races
- ❑ **Population Genetics**
 - Viability of gene propagation
- ❑ **Social systems**
 - Evolution of social behavior in insect colonies



Terminology	
Nature	Computer
Individual	Solution to a problem
Population	Set of solutions
Fitness	Quality of a solution
Chromosome	Encoding for a solution
Gene	Part of the encoding of a solution
Crossover and Mutation	Search operators
Natural Selection	Reuse of good (sub-) solutions

Before getting into GAs, it is necessary to explain few terms.

- **Chromosome**: a set of genes; a chromosome contains the solution in form of genes.
- **Gene**: a part of chromosome; a gene contains a part of solution. It determines the solution. e.g. 16743 is a chromosome and 1, 6, 7, 4 and 3 are its genes.
- **Individual**: same as chromosome.
- **Population**: number of individuals present with same length of chromosome.
- **Fitness** : the value assigned to an individual based on how far or close a individual is from the solution; greater the fitness value better the solution it contains.
- **Fitness function**: a function that assigns fitness value to the individual. It is problem specific.
- **Breeding**: taking two fit individuals and then intermingling there chromosome to create new two individuals.
- **Mutation**: changing a random gene in an individual.
- **Selection**: selecting individuals for creating the next generation.



7.4. Encoding

Encoding is the process of representing the solution in the form of a **string** that conveys the necessary information.

1- **Binary Encoding** : Most common method of encoding. Chromosomes are strings of 1s and 0s .

Example:

Chromosome1 : 1 0 1 1 1 1 1 0

Chromosome2 : 1 0 0 1 1 0 0 1

2- **Permutation Encoding** : Useful in ordering problems such as the Traveling Salesman Problem (TSP) or a task ordering problem. Every chromosome is a string of numbers, which represents number in a sequence.

Example: In TSP, every chromosome is a string of numbers, each of which represents a city to be visited.

Chromosome1 : 1 4 7 9 6 3 5 0 2 8

Chromosome2 : 9 3 2 5 8 1 6 0 4 7

3- **Value Encoding** : Used in problems where complicated values, such as real numbers, are used and where binary encoding would not suffice.

Example:

Chromosome1 : A B E D B C A E D D

Chromosome2 : N W W N E S S W N N

NOTE: In chromosome 1 above, A could represent a particular task, B another, etc. For chromosome 2, N could be north, S south and thus could be the path through a maze.

4- 4- Complex encoding:

A- Tree encoding is used to actually have programs or expressions evolve. In tree encoding every chromosome is a tree of some objects, such as functions or commands in the programming language. LISP is often used for this because programs in LISP can be represented in this form and then be easily parsed as a tree.

B- Marker based encoding



التشفير(Encoding):- وهي عملية لتمثيل الفرد(solution) بشكل سلسلة من (الارقام الثنائية او الاعداد الحقيقية او الاعداد الصحيحة او الرموز او الاحرف) حيث ان هذا الكروموسوم سوف ينقل المعلومات الضرورية. ان اختيار طريقة التشفير لها تأثير كبير على نجاح او فشل الخوارزميات التطويرية ، وتعتمد طريقة الاختيار على طبيعة المسألة المراد حلها.

ومن الطرق الشائعة لاجراء عملية التشفير هي:

1- Binary encoding (التشفير الثنائي) وهو من الطرق الشائعة للتشفير حيث يتم تمثيل الكروموسوم بسلسلة من ارقام الثنائية (1,0)

Chromosome 1: 10111110

Chromosome 2: 10011001

2- Permutation encoding :- التشفير التبادلي وهو طريقة تشفير مفيدة في المشاكل التي تحتاج الى طرق ترتيبية المعلومات مثل مشكلة البائع المتجول Traveling Sales man problem. حيث ان الكروموسوم يكون عبارة عن سلسلة من الارقام وهذه الارقام يتم تمثيلها بشكل متسلسل

Chromosome 1: 1479635028

Chromosome 2: 9325816047

3- Value encoding :- تشفير القيم وهذه الطريقة تستخدم في القيم المعقدة مثل (الارقام الحقيقية والاحرف والرموز...) ويتم استخدامه عندما يكون التشفير الثنائي غير كافي لحل المشكلة.

Chromosome 1: ABEDBCAEDD

Chromosome 2: NWWNESSWNN

Chromosome 3: 1.234 5.526 7.198

4- Complex encoding :- التشفير المعقد ان الطرق الثلاثة السابقة تتشابهة في الهيكل العام للكروموسوم والذي يكون عبارة عن خيط احادي البعد(ID) ثابت الحجم ونجح استعماله في معظم خوارزميات التطوير، اما في المشاكل التي لا يمكن تمثيلها بخيط احادي البعد نلجا الى التشفير المعقد ومن انواعه:-

a- Tree encoding :- التشفير الشجرة وهي طريقة تشفير معقد وفيها يتم تشفير هيكل الكروموسوم بهيئة شجرة ويستعمل هذا التشفير في البرمجة الجينية (GP).



b- التشفير المعتمد على المحتوى (Marker based encoding) وهي احد انواع طرق التشفير المعقد حيث ان هذا النوع يعتمد معنى الجينة على المشكلة المراد حلها (يعتمد معنى الجينات على السياق المستعملة فيه).

عيوب التشفير المعقد:-

- 1- يحول الخوارزمية التطويرية من طريقة بحث عام الى خاص
- 2- يخالف كل النظريات و يفرض بناء خوارزمية GA خاصة بالتجربة والمسألة.

7.5. Fitness Function

A fitness function quantifies the optimality of a solution (chromosome) so that that particular solution may be ranked against all the other solutions.

- A fitness value is assigned to each solution depending on how close it actually is to solving the problem.
- Example. In TSP, $f(x)$ is sum of distances between the cities in solution. The lesser the value, the fitter the solution is.

7.6. Genetic Operators

The process of evolving a solution to a problem involves a number of operations that are loosely modeled on their counterparts from genetics.

Modeled after the processes of biological genetics, pairs of vectors in the population are allowed to “mate” with a probability that is proportional to their fitness. The mating procedure typically involves one or more genetic operators .The most commonly applied genetic operators are:-

1- Selection.

2- Crossover(Recombination).

3- Mutation.

- Reproduction(Crossover+ Mutation)



1- Selection: (الانتقاء)

وهي الطريقة المسؤولة عن اختيار الأبناء للتزاوج، ويلعب الانتقاء دوراً مهماً في تطور الخوارزميات التطورية، وذلك لأن طريقة الانتقاء التي تقوم باختيار أفضل أفراد المجتمع بصورة دائمة يؤدي إلى تقليل التنوع في المجتمع (Low Diversity) وطريقة الانتقاء التي تختار الأفراد ذوي الصلاحية الواطنة تؤدي إلى بطء عملية التطور، لذلك يجب إيجاد موازنة في عملية اختيار الأفراد من المجتمع.

ويوجد العديد من طرق الانتقاء سنتناول بعض الأنواع المشهورة :

طرق الانتقاء (selection methods)

- 1- انتقاء متناسب مع الصلاحية :
 - 1- RWS(Roulette Wheel Selection) : انتقاء عجلة الروليت
 - 2- Stochastic Universal Sampling (SUS) : الانتقاء الكوني الصدفي
- 2- Rank Selection with used SUS Selection method :انتقاء الرتبة مع استعمال الانتقاء الكوني الصدفي
- 3- Boltzman Selection : انتقاء بولتزمان مضبوط الضغط الانتقائي
- 4- Stochastic Tournament Selection : انتقاء المجموعات الصدفي
 - 1- طريقة وايتلي
 - 2- طريقة كولديبيرج

* What is an advantage of Stochastic Tournament Selection?

- تتميز بسرعتها وإمكانيتها العالية على إجراء عملية الانتقاء المتوازي .

* What is disadvantage of (Rank Selection with used SUS Selection) method?

- من مساوئ هذه الطريقة هي أنها غير مناسبة للانتقاء المتوازي

* List (only) the problems of Roulette Wheel Selection (RWS)?

- 1- مشكلة التقارب المبكر (Premature Conversion)
- 2- الانتهاء البطيء (Slow Finishing)
- 3- عدد النسخ الحقيقي لا يتوافق مع عددها المتوقع للفرد .



• **Roulette wheel selection (Fitness-Proportionate Selection)**

Probability of i^{th} string is $p_i = F_i / (\sum_{j=1}^n F_j)$, where

n = no of individuals, called population size; p_i = probability of i^{th} string being selected; F_i = fitness for i^{th} string in the population.

Because the circumference of the wheel is marked according to a string's fitness, the Roulette-wheel mechanism is expected to make $\frac{F_i}{\bar{F}}$ copies of the i^{th} string.

Average fitness = $\bar{F} = F_j / n$; Expected count = $n \times p_i$

Example of Roulette wheel selection

Evolutionary Algorithms is to maximize the function $f(x) = x^2$ with x in the integer interval $[0, 31]$, i.e., $x = 0, 1, \dots, 30, 31$.

1. The first step is encoding of chromosomes; use binary representation for integers; 5-bits are used to represent integers up to 31.
2. Assume that the population size is 4.
3. Generate initial population at random. They are chromosomes or genotypes; e.g., 01101, 11000, 01000, 10011.
4. Calculate fitness value for each individual.
 - (a) Decode the individual into an integer (called phenotypes),
 01101 → 13; 11000 → 24; 01000 → 8; 10011 → 19;
 - (b) Evaluate the fitness according to $f(x) = x^2$,
 13 → 169; 24 → 576; 8 → 64; 19 → 361.
5. Select parents (two individuals) for crossover based on their fitness in p_i . Out of many methods for selecting the best chromosomes, if roulette-wheel selection is used, then the probability of the i^{th} string in the population is $p_i = F_i / (\sum_{j=1}^n F_j)$, where



F_i is fitness for the string i in the population, expressed as $f(x)$
 p_i is probability of the string i being selected,
 n is no of individuals in the population, is population size, $n=4$
 $n * p_i$ is expected count

String No	Initial Population	X value	Fitness F_i $f(x) = x^2$	p_i	Expected count $N * Prob i$
1	0 1 1 0 1	13	169	0.14	0.58
2	1 1 0 0 0	24	576	0.49	1.97
3	0 1 0 0 0	8	64	0.06	0.22
4	1 0 0 1 1	19	361	0.31	1.23
Sum			1170	1.00	4.00
Average			293	0.25	1.00
Max			576	0.49	1.97

The string no 2 has maximum chance of selection.



2- Crossover: (التزاوج)

It is the process in which two chromosomes (strings) combine their genetic material (bits) to produce a new offspring which possesses both their characteristics.

- Two strings are picked from the mating pool at random to cross over.
- The method chosen depends on the Encoding Method.
- Crossover between 2 good solutions MAY NOT ALWAYS yield a better or as good a solution.
- Since parents are good, probability of the child being good is high.
- If offspring is not good (poor solution), it will be removed in the next iteration during “Selection”.

التزاوج:- هو عملية انتاج طفل او اكثر نتيجة توارث جينات الابوين المختارين باحدى طرق الانتقاء. ويتم التزاوج عادة باحتمالية معينة (Probability of crossover: pc) عادة تتراوح في المدى $0.7 \leq PC \leq 0.9$ وهناك طرق عديدة للتزاوج يتم تطبيقها تبعا لملائمتها مع طريقة التمثيل المستعملة في تشفير الكروموسوم، وعلى هذا الاساس هناك طرائق قياسية للتزاوج تميزت بها الخوارزميات الجينية عن باقي خوارزميات التطور.

وفيما يلي عرضا لاكثر طرق التزاوج القياسية الشائعة:-

1- تزاوج المقطع الواحد (1X- crossover): وهي ابسط انواع طرق التزاوج وتسمى (one point crossover) وتستعمل كثيرا في الخوارزمية الجينية البسيطة ويمتاز هذا العامل بسرعة الفائقة ولكن من مشاكلها نقصان التنوعية ولاسيما عندما يحتوي المجتمع على افراد متشابهة.

اما سلبيات هذا العامل (1X):

- 1- لا يمكنه توحيد كل نماذج التماثل الممكنة مثلا :
- 2- لا يمكنه توحيد امثله لنموذجي التماثل (**11****) و (**11*****) لتكوين مثال للتزاوج هو (1*11**11)
- 3- اضافة الى انه نماذج التماثل ذات الطول المعرف الطويل تكون محتملة التدمير تحت العامل (1X).
- 3- متحيز موضعيا (positioned bits).

2- تزاوج المقطعين (2X-crossover): ويسمى ايضا (Two point crossover) وهنا تختار نقطتان عشوائيتان مختلفتان ثم يتم تبادل كتلة مابين الموضعين. ويستعمل عادة مع الكروموسومات (الكبيرة الحجم) اذ يقوم بتوريث الاباء مقطعين من احد الابوين ومقطع واحد من الاب الاخر مما يساعد على انتاج اطفال مختلفة (تنوعية المجتمع). وهذه الطريقة عادة تستعمل مع الخوارزمية الجينية لحاله الاستقرار (SSGA).



ومن خصائص هذه الطريقة 2X-crossover

- 1- تقلص التميز الموضعي (المصاحب للعامل 1X)
- 2- وتحافظ على النقاط الطرفية
- 3- وتقلل احتمالية تدمير نماذج التماثل ذات الطول المعرف الكبير (الطويل)
- 4- ويمكنه توحيد نماذج تماثل أكثر مما للعامل (1X). كما يوجد بعض نماذج التماثل لا يمكن للعامل 2X توحيدها.
- 5- عمليا للعامل (2x) انجازية مساوية او افضل مما للعامل (1X) لانه يمتاز بسرعه والكفاءة رغم انه اكثر تمزيقا بسبب استعماله نقطتي قطع .

3- عامل التزاوج المنتظم (UX: Uniform Crossover): يسمى ايضا التزاوج المتعدد المقاطع (Multi-Point Crossover) لقد كان التعامل في طريقتي التزاوج السابقة على مستوى المقاطع ولكن في هذه الطريقة تكون على مستوى الجينة الواحدة.

ومن خصائص هذه الطريقة UX-crossover

- 1- اي نماذج تماثل موجودة في مواضع مختلفة للوالدين يمكن توحيدها في الاطفال.
- 2- لكن يمكن ان يكون له تاثيرا تدميرا كبيرا على نماذج التماثل .
- 3- يعطي مادة انجازية جيدة بسبب اقتداره على الحفاظ على التنوع في المجتمع.

Crossover Method :

1- Single Point Crossover : (1X- Crossover), (One Point Crossover)

A random point is chosen on the individual chromosomes (strings) and the genetic material is exchanged at this point.

Example: Suppose you have two parents (C1, C2), give the new children of chromosome by using (One Point Crossover).

Note: (C: Chromosome, O: Offspring)

C1= 010001111:1111

Sol:

C2= 10101010:0100

O1= 010001110100

O2= 10101010 1111





2- Two-Point Crossover : (2X- Crossover)

Two random points are chosen on the individual chromosomes (strings) and the genetic material is exchanged at these points.

Example: Suppose you have two parents (C1, C2), give the new children of chromosome by using (Two Point Crossover):

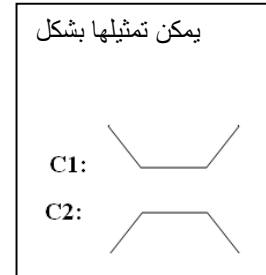
C1= 00100:11011: 001000

C2= 10101:00001:111110

Sol:

O1= 00100 00001 001000

O2= 10101 11011 111110



3- Uniform Crossover (UX) / (Multi-Point Crossover)

The uniform crossover scheme works as follows:

- A randomly generated bit string called the crossover mask generalizes the process
- A bit value of 1 in this bit string indicates that corresponding bits in the parents are to be exchanged while a 0 bit indicates no bit interchange

Example: Suppose you have two parents (C1, C2), give the new children of chromosome by using (Uniform Crossover):

Cross mask = **10010100**

C1 = 73215611

C2 = 04941153

Sol:

O1 = 03245111

O2 = 74911653

توضيح : - لاننتاج O1 اذا bit الماسك قيمتها صفر لايوجد تأثير وينزل نفس قيمة ال bit للكرموسوم الاول لكن اذا bit الماسك تساوي 1 اذن يوجد تأثير وينزل قيمة الكرموسوم الثاني المقابلة الى موقع ال bit في الكرموسوم الاول . - لاننتاج O2 اذا bit الماسك قيمتها صفر لايوجد تأثير وينزل نفس قيمة ال bit للكرموسوم الثاني لكن اذا bit الماسك تساوي 1 اذن يوجد تأثير وينزل قيمة الكرموسوم الاول المقابلة الى موقع ال bit في الكرموسوم الثاني .



Permutation Crossover Operations

ان طرق التزاوج السابقة لا تستعمل المسائل التي تعتمد الصلاحية فيها على ترتيبية المعلومات . لذلك اقترح عدد من الباحثين مجموعه من العوامل تسمى عوامل التزاوج التبادلي (Permutation Crossover Operations) والتي تستعمل للمسائل التي تعتمد الصلاحية فيها على ترتيبية المعلومات فقط مثل مسائل البائع المتجول . وهذه العوامل تبادل التشابهات هامه بين كروموسومين لتكوين طفلين دورانية ومن هذه العوامل

PMX(partially matched crossover) -1

تزاوج التوافق الجزئي [جولديبيرج ولينجل في 1985]

CX(Cycle Crossover) -2

التزاوج الدوراني [اولفير 1987]

OX(Order Crossover) -3

التزاوج الترتيبي [دافيس 1985]

Note: Other Type of Crossover

Order crossover operator (OX1)

Partially mapped crossover (PMX)

Cycle crossover (CX)

Order based crossover (OX2)

Position based crossover (POS)

Heuristic crossover

Genetic edge recombination crossover (ER)

Sorted match crossover

Maximal preservative crossover (MPX)

Voting recombination crossover (VR)

Alternating position Crossover (AP)



Examples:

1- Cycle Crossover //CX

Example: Suppose you have two parents (C1, C2); give the new children of chromosome by using permutational operators (**Cycle Crossover //CX**):

C1 = 2 9 3 5 7 1 4 6 8

C2= 3 4 1 9 6 2 8 7 5

Sol :

O1 = 2 4 3 9 6 1 8 7 5

O2= 3 9 1 5 7 2 4 6 8



2- Partially mapped crossover

Example: Suppose you have two parents (C1, C2); give the new children of chromosome by using permutational operators (**Partially mapped crossover**): note - cut **point (3-4)** .

C1 = A B :C D : E F G

C2= C F :E B :G D A

O1 = A D E B C F G

O2= E F C D G B A



3- Mutation : (الطفرة)

The basic idea of it is to add new genetic information to chromosomes. It is important when the chromosomes are similar and the GA may be yet stuck in Local maxima. A way to introduce new information is by changing the a of some genes. Mutation can be applied to:-

1- Chromosomes selected from the MP (mating pool).

2- Chromosomes that have already subject to crossover.

تعد الطفرة العملية الثانوية من الخوارزميات التطويرية، اذ تضيف موادا جينية جديدة او مفقودة، كذلك تعمل على الحفاظ على التنوع الجيني في المجتمع. فالطفرة هو تغير عشوائي لجين او اكثر، واحتمال حدوث هذا التغير يعرف بأحتمالية الطفرة ($pm=1/\max len$) وعادة تكون قيمة صغيرة حيث يتم اختياره بقيمة متدنية نسبياً بحدود (0.001 الى 0.003).

(probability of mutation) : Pm

العوامل التي تؤثر على اختيار طرائق الطفرة :

1- اختلاف طرائق التشفير المستخدم

2- طبيعة المشكلة المراد حلها

يوجد نوعان من الطفرة :

1- **عامل الطفرة (1m) :** هنا تتم عملية اجراء الطفرة على جينة واحدة (gene) فقط ويتم تغير قيمتها وبذلك فان هذا العامل يسمح بدخول قيمة جديدة الى الكروموسوم .

Example: Suppose you have chromosome (A), give the new child of chromosome by using (1m Mutation):

Chromosome : 10111110 (هنا سوف يتم اجراء الطفرة على الجين الثالث)
Offspring : 10011110

2- **عامل الطفرة (2m) :** يقوم هذا العامل بأختيار موقعين ضمن الكروموسوم الواحد، ومبادلة قيمتي هذين الموقعين . ومن مميزات هذا العامل انه يحتفظ بالقيمة الجينية ضمن الكروموسوم الواحد .

Example1: Suppose you have chromosome, give the new child of chromosome by using (2m Mutation):

Chromosome : 9462310578 (هنا سوف يتم اجراء الطفرة بمبادلة الجين الثاني و الثالث)
Offspring : 9642310578

Example2: Suppose you have chromosome (A), give the new child of chromosome by using (2m Mutation):

A= 03849265173062

A= 03349265178062

SOL:



نموذج التماثل: Schemata

وهو لوحة موائمة أنماط تستعمل لوصف التماثلات بين مجموعة كروموسومات. لوحة الموائمة ويرمز لها (H) تستعمل الهجائية الثلاثية (*، 0، 1)، حيث (*) تعني لا تهتم وتوائم اي جينية اخرى .

$$H = '1***1'$$

مثال:

رتبة نموذج التماثل O(H)

الرتبة O(H) لنموذج التماثل (H) هي عدد الجينات المعرفه في H.

Examples:

1- $H = ('** * 101 * *')$
 $O(H) = 3$

2- $H = ('1*** * 1')$
 $O(H) = 2$

(يعطي عدد المواضع التي يمكن ان تمزق H في الطفرة)

الطول المعرف لنموذج التماثل S(H)

الطول المعرف S(H) لنموذج التماثل (H) هو البعد بين اول واخر جينة معرفه داخل H.

Examples:

1- $H = ('**101 * *')$
 $S(H) = 2$

2- $H = ('1*** * 1')$
 $S(H) = 5$

(يعطي عدد المواضع التي يمكن ان تمزق H في التزاوج)



Q: Suppose you have chromosome H, $H = ('1 * * 010 * * *')$, find the value of $\{O(H), S(H)\}$.

Sol:

$$O(H) = 4$$

$$S(H) = 5$$

Q: How can designer select the best Encoding?

كيف يتم اختيار تشفيراً مناسباً او جيداً لاي مسألة؟

الجواب : لكي نختار تشفيراً مناسباً هناك قاعدتان اساسيتان للاختيار :

1- مبدأ الكتل البنائية ذات المعنى (principle of meaningful building blocks) :
" يجب ان ينتقي المصمم تشفيراً بحيث تكون نماذج التماثل القصيرة والمنخفضة الرتبة ذات علاقة بالمسألة المعنية وغير مرتبطة نسبياً بنماذج تماثل على مواضع ثابتة اخرى ". وهذا نادر عملياً ولهذا يعد (تصميم شفرة للكتل البنائية ذات المعنى principle of meaningful building blocks) شي من الفن .

2- مبدأ اصغر الهجائيات (principle of minimal alphabets):
" يجب ان ينتقي المصمم اصغر الهجائيات التي تسمح بالتعبير الطبيعي عن المسألة ".
حيث ان التماثلات هي جوهر البحث فيجب عند تصميم شفرة ان تعظم (maximum) عدد نماذج التماثل .
ومن الواضح ان هجائية الثنائيات (binary) تعطي العدد الاقصى لنماذج التماثل مقارنة بأي هجائية اخرى .
وان عدد نماذج التماثلات الهجائية ذات الاساس (k) عندما يكون طول الكروموسوم (L) هو :
 $(K+1)^L$.



Q: Prove by examples that Binary alphabets gives maximum number of Schemata from Decimal alphabets?

Sol:

ان هجائية الثنائيات (Binary alphabets) تعطي العدد الاقصى لنماذج التماثل مقارنة بأي هجائية اخرى .
وان عدد نماذج التماثلات الهجائية ذات الاساس (k) عندما يكون طول الكروموسوم (L) هو :
 $(K+1)^L$. وسوف نثبت ذلك بالامثلة :

مثال : - سوف نطبق الهجائيات الثنائيات (Binary alphabets) على كروموسوم طوله (L=16)
 $(K+1)^L = (2+1)^{16}$

$$= (3)^{16} \quad (\text{عدد نماذج التماثل})$$

$$= 43,046,721$$

- والان نطبق هجائية العشرييات (Decimal alphabets) على كروموسوم طوله (L=16)
(كل 4bit هو one digit ، لانها هجائية عشرية (k=10) ، (L= 16/4 = 4) .

$$(K+1)^L = (10+1)^4$$

$$= (11)^4 \quad (\text{عدد نماذج التماثل})$$

$$= 14,641$$

$$43,046,721 > 14,641$$



Probability of destroy & Probability of safe

كيفية حساب التأثير التدميري وتأثير البقاء لكل من عاملي التزاوج Crossover و الطفرة Mutation

1- Crossover:

$$P.d = P.c * (S (H)/L-1)$$

P.d: Probability of destroy (التأثير التدميري لعامل التزاوج)

P.c: Probability of crossover (0.7 ≤ pc ≤ 0.9) (احتمالية التزاوج)

L : طول الكروموسوم

$$P.S = 1 - P.d$$

P.S: Probability of safe (تأثير البقاء لعامل التزاوج)

2 – Mutation :

$$P.^d = Pm * O(H)$$

P.^d : Probability of destroy (التأثير التدميري لعامل الطفرة)

Pm : Probability of mutation (0.01 ≤ pm ≤ 0.03) (احتمالية الطفرة)

$$P.^s = 1- P.^d$$

P.^s: Probability of safe (تأثير البقاء لعامل الطفرة)



Example: Suppose you have chromosome H, the probability of crossover is 0.8, the probability of mutation is 0.02, where the length of chromosome is 7, find (O (H), S (H), P.d, P.s, P.`d, P.`s), where the chromosome: H= ('101* * *1').

Sol:

$$H = ('101* * *1')$$

$$O(H) = 4$$

$$S(H) = 6$$

$$L = 7$$

$$PC = 0.8$$

$$Pm = 0.02$$

$$\begin{aligned} P.d &= PC * (S(H)/L-1) \\ &= 0.8 * (6 / (7-1)) \\ &= 0.8 * (6/6) \\ &= 0.8 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P.S &= 1 - P.d \\ &= 1 - 0.8 \\ &= 0.2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P.`d &= Pm * O(H) \\ &= 0.02 * 4 \\ &= 0.08 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P.`s &= 1 - P.`d \\ &= 1 - 0.08 \\ &= 0.92 \end{aligned}$$



Q: explain the difference between SSGA and SGA?

تتفوق الخوارزمية الجينية لحالة الاستقرار (SSGA) على الخوارزميات الجينية (GAs) الأخرى وخاصة على الخوارزمية الجينية القياسية (SGA) فيما يلي :

1- ان (SSGA) تعثر على حلول جيدة بنقاط معاينة اقل مقارنة بال (SGA) حيث يمكنها انتقاء افراد جدد فور تكونهم على عكس (SGA) التي يجب ان تعالج كل افراد المجتمع قبل انتقاء الافراد الجيدين الجدد.

2-(SSGA) تجنب تكرار نفس الفرد في المجتمع موفرة بذلك احتواء المجتمع على حلول مختلفة (تنوعية في الافراد اي لا توجد تشابه بين الافراد).

3- (SSGA) اكثر استقرارا ضد التباعد الجيني .
افترض وجود عامل يحتوي على توليفة جينية عالية الصلاحية ،اذا مزقها عامل التزاوج في الجيل الجديد(الاطفال الجدد) فإن الفرد الاصلي ما زال موجود في المجتمع ويمكن انتقائه ثانية على عكس ما يحدث في ال (SGA).

Chromosome:

وهي عبارة عن عدد من المواقع تسمى جينات (genes) حيث تختلف قيم هذه المواقع باختلاف طرائق التشفير المستعملة،والهيكل العام للكرموسوم عبارة عن خيط احادي البعد (one dimensional structure) ثابت الحجم حيث نجح استعمال هذا الهيكل في معظم خوارزميات التطور.

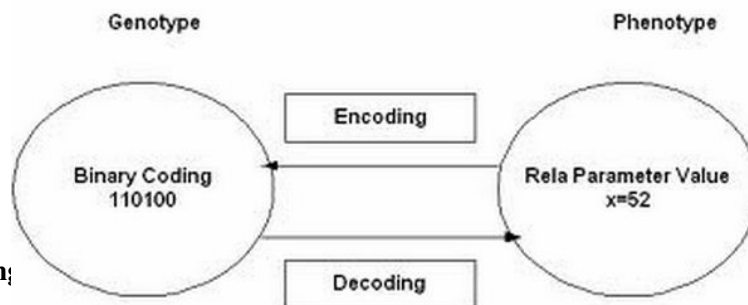
Examples:

Chromosome : 9 4 6 2 3 1 0 5 7 8

Chromosome : 1 0 1 1 1 1 1 0

NOTE :

genetics	Genetics algorithm
Chromosome	String
Gene	Position
Allele	Position Value
Genotype	Encoded String
Phenotype	Decoded String



Teacher Mornin;

sein Raheem

**AL- Mustansirya University
College of Education
Department of Computer Science**



**Course: Intelligent Applications
Lecturer: Iman Hussein
Fourth Class**

Teacher Morning Time: Enas M.H Saeed

Teacher Evening Time: Iman Hussein Raheem