

This file has been cleaned of potential threats.

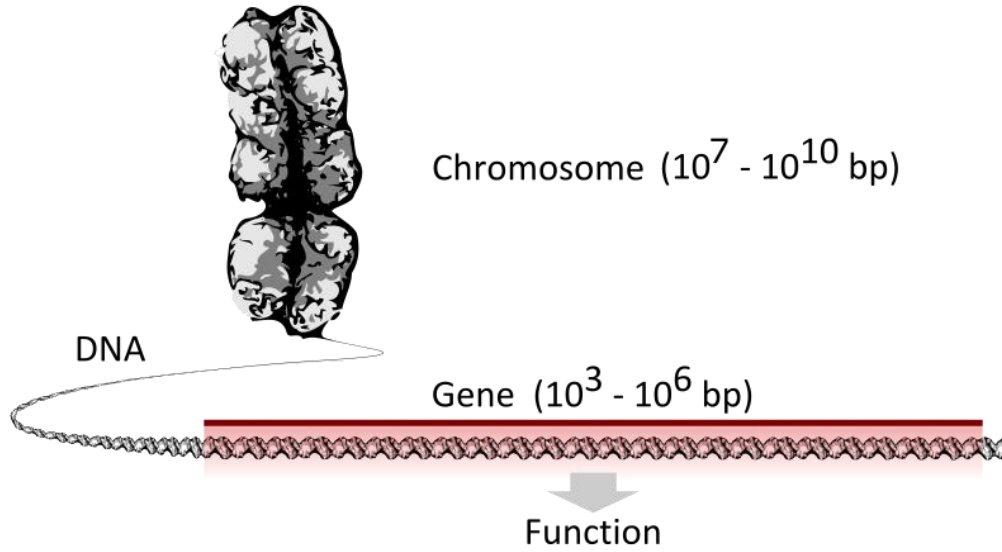
To view the reconstructed contents, please SCROLL DOWN to next page.

الفصل الثالث

الإلكترونيات وعلم الوراثة

٣ - ١ مقدمة في علم الوراثة

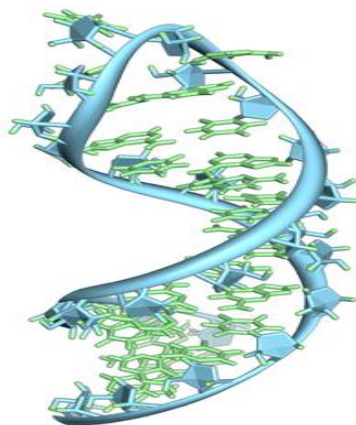
علم الوراثة هو دراسة الجينات^(١) فما هي الجينات، وماذا تفعل، وكيفية عملها، الجينات هي منطقة من الحمض النووي تقوم بتشفير الحمض النووي أو البروتين المنتج، وهي وحدة الوراثة الجزيئية. إنتقال الجينات إلى ذرية الكائن الحي هو الأساس لوراثة السمات المظهرية.



الشكل (٣ - ١) الجينات منطقة من الحمض النووي (DNA) الذي يقوم بالتشفير الوظيفي

A gene is a region of DNA that encodes a functional RNA or protein product, and is the molecular unit of heredity. The transmission of genes to an organism's offspring is the basis of the inheritance of phenotypic traits. Most biological traits are under the influence of many different genes environment interactions. Some genetic traits are instantly visible, – as well as the gene & (such as eye colour , and some are not, such as blood type, risk for specific diseases Ribonucleic acid (RNA) is a polymeric molecule implicated in various biological roles nucleic in coding, decoding, regulation, and expression of genes. RNA and DNA are acids, and, along with proteins and carbohydrates, constitute the three major macromolecules essential for all known forms of life.

تظهر معظم الصفات البيولوجية بتأثير جينات مختلفة كثيرة فضلا عن التفاعلات بين الجينات والبيئة. بعض الصفات الوراثية مرئية على الفور، مثل لون العين، وبعضها غير مرئي، مثل نوع الدم، وخطر الإصابة بأمراض معينة.



الشكل (٣ - ٢) حلقة دبوس من الحمض النووي الريبي

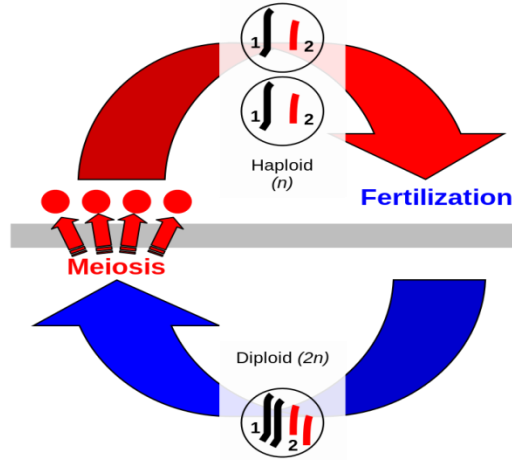
تتكون الجينات^(٢) من جزيئات داخل نواة الخلية^(٣) ملتصقين معا بأسلوب يحمل تسلسل المعلومات التي تحدد كيف تعيش الكائنات وترث الصفات المظهرية، والسمات المظهرية^(٤) التي تحددها الكائنات الحية^(٥) التي تلقوها من آبائهم، عودة الى الوراء عبر

٢ تتكون الجينات (Genes are made up of molecules inside the nucleus of a cell that are strung together) in such a way that the sequence carries information: that information determines how living organisms inherit phenotypic traits, (features) determined by the genes they received from their parents and thereby going back through the generations. A human chromosome can (have up to 500 million base pairs of DNA with thousands of genes.

٣ نواة الخلية تحتوي على معظم المواد الجينية للخلية، منظمة كجزيئات الحامض النووي وهي خطية طويلة متعددة مع مجموعة كبيرة ومتنوعة من البروتينات، مثل هيستونيس، إلى شكل الكروموسومات (Cell nuclei contain most of) the cell's genetic material, organized as multiple long linear DNA molecules in complex with a large variety of proteins, such as histones, to form chromosomes.

٤ السمات المظهرية (A phenotypic trait, is a distinct variant of a phenotypic characteristic of) inherited or determined environmentally, but typically either an organism; it may be (occurs as a combination of the For example, eye color is a character of an organism an organism is any contiguous living system, such as an animal, plant,) ٥ الكائنات الحية (fungus, or bacterium. All known types of organisms are capable of some degree of

الأجيال , على سبيل المثال، الذرية الناتجة عن التكاثر الجنسي^(٦) عادة ما تبدو متشابهة حيث أنهم ورثوا بعض من جينات والديهم. يحدد علم الوراثة التشابه والميزات التي يتم توريثها، وتشرح كيف يستمر التشابه والميزات من جيل إلى جيل بالإضافة إلى توريث الصفات.



الشكل (٣- ٣) إنقسام الكروموسومات عند التكاثر الجنسي، من عدد ثنائي إلى رقم فردي خلال الإخصاب"، السلاسل الفردية معا تشكل سلسلة ثنائية وتستعيد العدد الأصلي من الكروموسومات

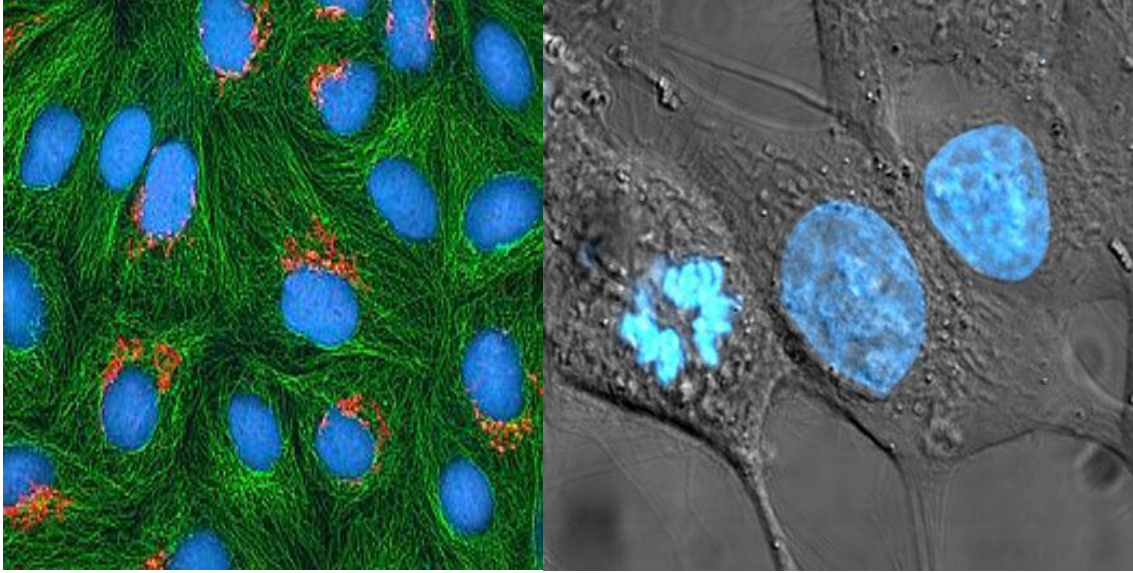
يوضح علم الوراثة عمل الجينات على نحو متقطع لمراقبة تصنيع أى من المواد في الخلية (التعبير الجيني) وكيف يمكن أن تنقسم الخلية بأسلوب الإنقسام^(٧) أو الإنقسام الإختزالي المنصف^(٨).

response to stimuli, reproduction, growth and development and homeostasis. An (organism consists of one or more cells

٦ التكاثر الجنسي (offspring are the young born of living organisms, Human offspring are referred to as children

٧ الإنقسام : (Mitosis is a part of the cell cycle in which chromosomes separated into two identical sets of chromosomes, and each set ends up in its own nucleus.)

٨ كيف يتم تشغيل الجينات على نحو متقطع لمراقبة تصنيع أى المواد في الخلية (التعبير الجيني) وكيف يمكن أن تنقسم الخلية بأسلوب الانقسام أو الانقسام الإختزالي المنصف (how genes are turned on and off to control what substances are made in a cell – gene expression; and how a cell divides—mitosis or meiosis. are made in a cell –



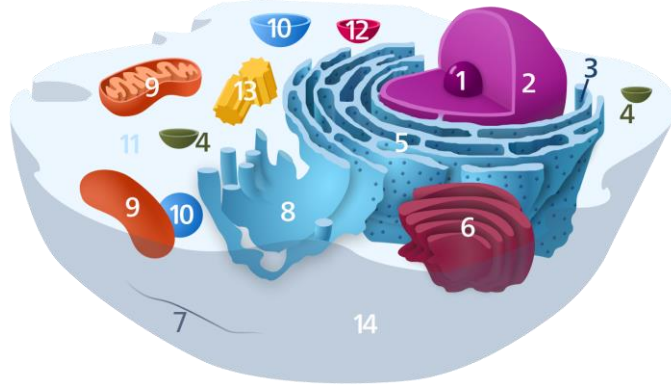
الشكل (٣ - ٤) على اليمين، خلايا هيللا^(٩) للحمض النووي مع الخلية المركزية المسماة نوى كاملة -
 وخلية منقسمة وحمضها النووي - على اليسار صورة ومضات فوتون متعدد خلايا هيللا مع ومضات
 بروتين موجهة إلى جسم غولجي

يمكن رؤية بعض الصفات المظهرية، مثل لون العينين والبعض الآخر يمكن أن يتم بالكشف
 عن فصيلة الدم^(١٠) أو الذكاء. الصفات التي تحددها الجينات يمكن تعديلها في محيط
 الحيوانات والبيئة التي تعيش فيها - على سبيل المثال، يتم توريث التصميم العام للخطوط في
 شكل النمر ولكن يتم تحديد نمط شريط معين عن طريق البيئة التي تعيش فيها النمر. مثال
 آخر هو طول الشخص فهو مؤشر يمكن تحديده من قبل كل من الوراثة والتغذية^(١١).

٩ خلايا هيللا (A HeLa or hela cell, is a cell type in an immortal cell line used in scientific research. It is the oldest and most commonly used human cell line)

١٠ فصيلة الدم (A blood group is a classification of blood based on the presence or absence (of inherited antigenic substances on the surface of red blood cells (RBCs).

١١ التغذية (Nutrition is the science that interprets the interaction of nutrients and other substances in food in relation to maintenance, growth, reproduction, health and disease (of an organism. It includes food intake, absorption



الشكل (٣ - ٥) مكونات الخلية الحيوانية النموذجية

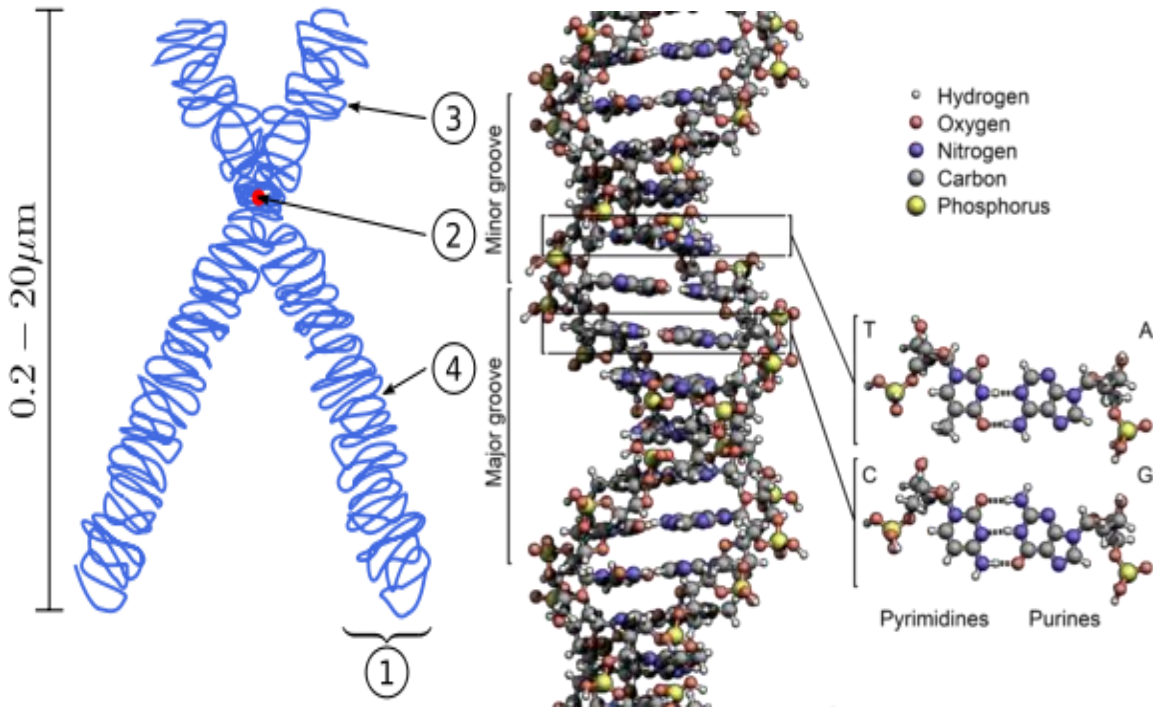
- (١) نوية - ٢ - نواة - ٣ - الريبوسوم - ٤ - حويصلة - ٥ - هيولى خشنة - ٦ - جسم غولجي - ٧ - سيتوسكيلييتون - ٨ - سلسلة هيولى - ٩ - ميتوكوندريا - ١٠ - المنقبضة - ١١ - سيتوسول (السوائل التي تحتوي على العضيات) - ١٢ - يحلول - ١٣ - سينتروسومي - ١٤ - غشاء الخلية) (١٢)

	Group A	Group B	Group AB	Group O
Red blood cell type				
Antibodies in Plasma			None	
Antigens in Red Blood Cell	A antigen	B antigen	A and B antigens	None

الشكل (٣ - ٦) تصنيف مجموعات الدم إلى وجود أو عدم وجود مواد مولده الموروثة على سطح . خلايا الدم الحمراء (كرات الدم الحمراء).

١٢ (٥- هيولى) The endoplasmic reticulum (ER) is a type of organelle in the cells of organisms that forms an interconnected network of flattened, membrane-enclosed sacs or tube-like structures known as cisternae (٦ - جسم غولجي) the Golgi body, or dictyosome, an organelle in a eukaryotic cell (١٢ - يحلول) Lysosome- proteins (lamp) are integral membrane proteins, specific associated membrane glycol ((to lysosomes

تبدل الجينات من الحمض النووي^(١٣) ، الذي ينقسم إلى أجزاء منفصلة تسمى الكروموسومات^(١٤) لدى البشر ٤٦ كروموسوم أو ٢٣ زوج من الكروموسومات.

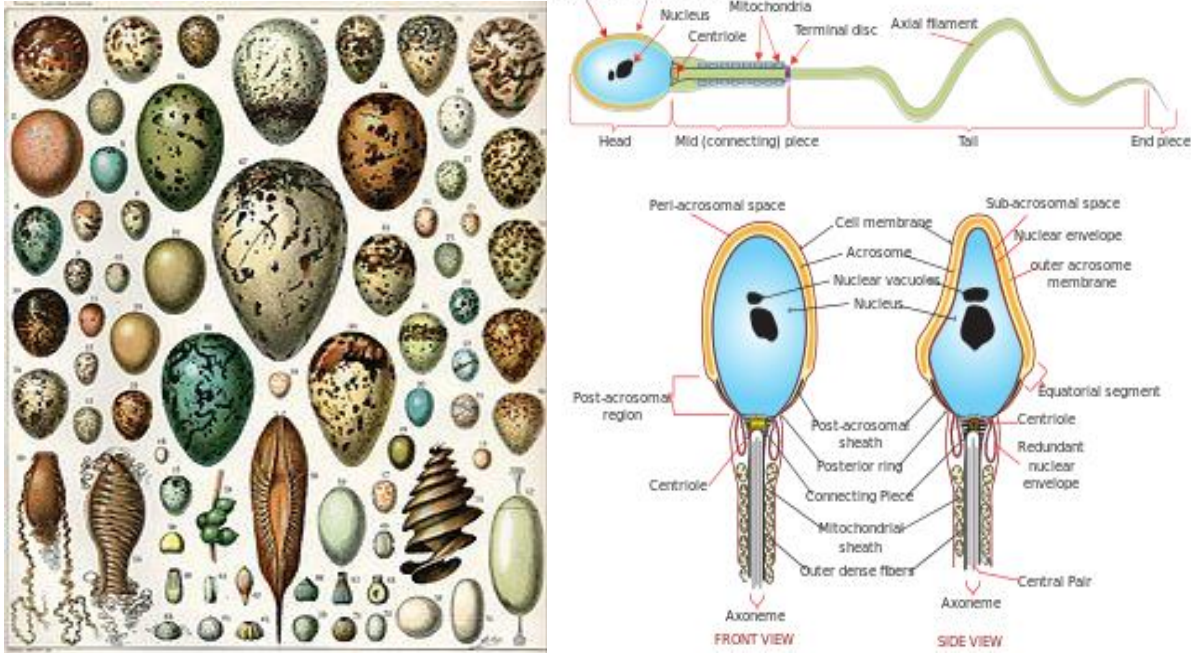


الشكل (٣ - ٧) على اليمين، جزيئات الحمض النووي - على اليسار، بنية كروموسوم مغلقة ومنظمة تحتوي على أكثر من الحمض النووي

١٣ الحمض النووي - DNA is a molecule that carries most of the genetic instructions used in the growth, development, functioning and reproduction of all known living organisms and many viruses. DNA and RNA are nucleic acids; alongside proteins and complex carbohydrates, they comprise the three major types of macromolecule that are essential for all known forms of life. Most DNA molecules consist of two biopolymer strands coiled around each other to form a double helix. The two DNA strands are known as polynucleotides since they are composed of simpler units called nucleotides)

١٤ الكروموسومات - A chromosome is a packaged and organized structure containing most of the DNA of a living organism. It is not usually found on its own, but rather is structured by being wrapped around protein complexes called nucleosomes, which consist of proteins called histones)

يخلق الإنقسام الإختزالي المنصف خلايا خاصة، الحيوانات المنوية عند الذكور^(١٥) والبيوض في الإناث^(١٦) ، والتي تمتلك ٢٣ كروموسوم ويختلف هذا العدد بين الأنواع ، على سبيل المثال العديد من الثدييات^(١٧) منها القروء لها ٢٤ زوجا.



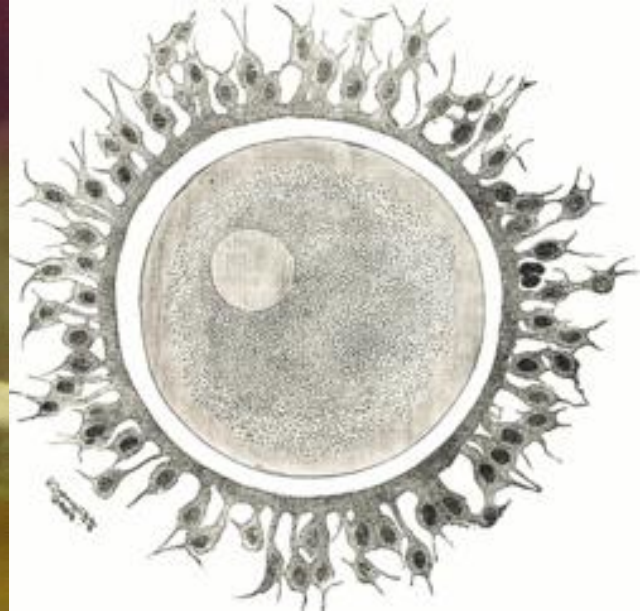
الشكل (٣ - ٨) على اليمين، رسم تخطيطي لخلية الحيوانات المنوية البشرية - على اليسار بيض لطيور مختلفة، زواحف، وأسماك

Sperm is the male reproductive cell (meaning "seed"). In the ١٥ الحيوانات المنوية عند الذكور oogamy, there is a type isogamy and its sub sexual reproduction known as an types of with the smaller one being termed the "male" marked difference in the size of the gametes or sperm cell

An egg is the organic vessel containing the zygote in which an ١٦ البيوض في الإناث - animal embryo develops until it can survive on its own, at which point the animal hatches. An egg results from fertilization of an ovum.

humans and other great apes. Primates are notable for their dexterity) العديد من الثدييات (and complex social units

تدمج الخليتين في خلية واحدة خلال الإخصاب من مرحلة التكاثر الجنسي (١٨)،
وخلق البيضة الملقحة (١٩) بها الحمض النووي الحزوني مزدوج الإنقسامات، يحتل كل حلزون
واحدة من الخلايا الوليدة، مما يؤدي الى مناصفة العدد المعتاد من الجينات.



الشكل (٣ - ٩) خلية البيضة الملقحة وجنين في الشهر التاسع

١٨ الإخصاب من مرحلة التكاثر الجنسي Fertilization is the fusion of gametes to initiate the development of a new individual organism. In animals, the process involves the fusion of an ovum with a sperm, which first creates a zygote and then leads to the development of an embryo. The cycle of fertilization and development of new individuals is called sexual reproduction)

١٩ البيضة الملقحة () A zygote is a eukaryotic cell formed by a fertilization event between two gametes. The zygote's genome is a combination of the DNA in each gamete, and contains all the genetic information necessary to form a new individual. In multi cellular organisms, the zygote is the earliest developmental stage. In single-celled organisms, the zygote can divide asexually by mitosis to produce identical offspring.)

ينقسم الزيجوت إلى أربع خلايا وليدة^(٢٠) في الوقت الذي يتم فيه التشكيل الوراثي^(٢١) عند خلق الجنين^(٢٢) مع ٢٣ زوجا من الكروموسومات، النصف من كل من الوالدين. يعطى إختيار الزوجة والتزاوج^(٢٣) نتيجة في الإنتقاء الجنسي^(٢٤). يمكن إنقسام الخلايا^(٧) العادية عندما يفصل الحزون المزدوج، ويتم تكملة كل نصف، مما يؤدي إلى سلسلتين من اللوالب المزدوجة المتطابقة في خلية واحدة، تحتل كل سلسلة واحدة خليتين من الخلايا الوليدة الجديدة التي تم إنشاؤها عند إنقسام الخلية.

كل الكروموسومات تحتوي على أربعة نيوكليوتيدات ، هي السيتوزين (C)، جوانين (G)، الأدينين (A)، وثايمين (T)، وتصطف في سلسلة طويلة في تسلسل معين، هناك سلسلتين من النيوكليوتيدات ملفوفة حول بعضها البعض في كل كروموسوم: حلزون مزدوج^(٢٥).

٢٠ ينقسم الزيجوت إلى أربع خلايا وليدة (The zygote then divides into four daughter cells by which)
time genetic recombination has created a new embryo with 23 pairs of chromosomes, half
(from each parent

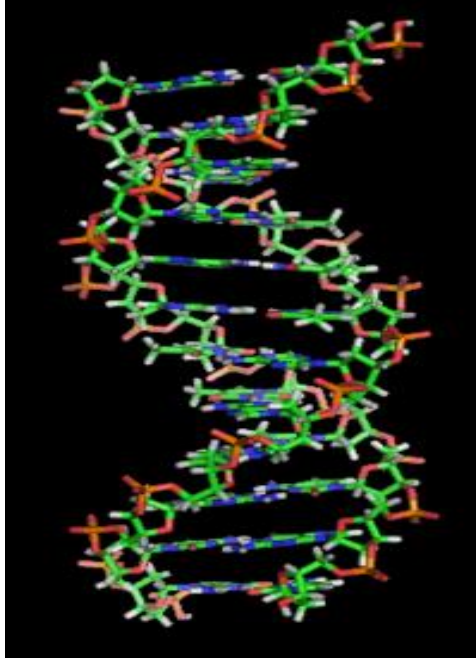
٢١ التشكيل الوراثي Genetic recombination is the production of offspring with combinations
of traits that differ from those found in either parent. Genetic recombination during
meiosis can lead to a novel set of genetic information that can be passed on from the
parents to the offspring. During meiosis, genetic recombination involves the pairing of
homologous chromosomes. This may be followed by information exchange between the
chromosomes

٢٢ الجنين - An embryo is a multi cellulardiploid eukaryote in an early stage of-
embryogenesis, or development. In general, embryo develops from a zygote, the single
cell resulting from the fertilization of the female egg cell by the male sperm cell. The
zygote possesses half the DNA of each of its two parents.

٢٣ التزاوج (the term mating is most often used to describe the pairing of opposite-sex or)
hermaphrodite organisms, usually for the purposes of sex

٢٤ الإنتقاء الجنسي (Sexual selection is a mode of natural selection where members of one)
biological sex choose mates of the other sex to mate with intersexual selection

٢٥ الحلزون المزدوج (the term double helix refers to the structure formed by double-stranded)
(such as DNA molecules of nucleic acids

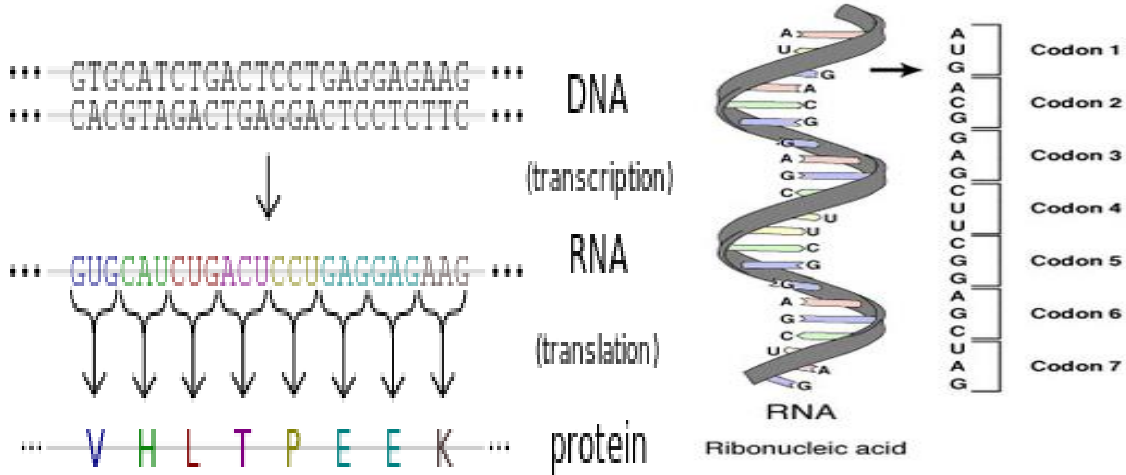


الشكل (٣ - ١٠) تشكيل بنية حلزونية مزدوجة عقدت معا بقاعدة أزواج

السلسلة السيتوزين (C) دائما عكس السلسلة جوانين (G) ، والسلسلة الأدينين (A) عكس السلسلة ثايمين (T) . هناك حوالي ٣,٢ مليار أزواج من النكليوتيدات في جميع الكروموسومات البشرية - هذا هو الجينوم البشري^(٢٦) . يحمل ترتيب النيوكليوتيدات المعلومات الوراثية، التي تم تعريفها من قواعد الشفرة الوراثية^(٢٧) ، مشابهة لكيفية ترتيب الحروف على صفحة من نص يحمل المعلومات. ثلاثة من النيوكليوتيدات في صف واحد - يحمل الشكل الثلاثي وحدة واحدة من المعلومات.

٢٦ الجينوم البشري (The human genome is the complete set of nucleic acid) within the 23 chromosome pairs in cell sequence for humans , encoded as DNA nuclei and in a small DNA molecule found within individual mitochondria. Human genomes include both protein-coding DNA genes and noncoding DNA

٢٧ الشفرة الوراثية (The genetic code is the set of rules by which information encoded within) genetic material (DNA or mRNA sequences) can be both translated into proteins by living cells or transcribed into non-coding RNAs that serve as regulatory tools in gene regulation.



الشكل (٣ - ١١) على اليمين، سلسلة من الكود في جزيء الحمض النووي الريبسي (RNA) الذي يتكون من ثلاثة النيوكليوتيدات ويتم اختصارها بالحروف (A, U, G and C) - على اليسار، التعبير عن الجينات التي يتم نسخها في الحمض النووي، وترجمتها إلى البروتين

لا تتحكم الشفرة الوراثية فقط في الوراثة فهي تسيطر أيضا على التعبير الجيني^(٢٨)، الذي يحدث عندما لا يلتف جزء من الحلزون المزدوج، وتتكشف سلسلة من النيوكليوتيدات، التي تقع ضمن المناطق الداخلية من الحمض النووي. تعرض السلسلة ثلاثة حاملات^(٢٩) بنود لأكواد المعلومات^(٣٠) للسماح للتقنية في الخلية إلى "قراءة" الأكواد على الحمض النووي المكشوف، مما يجعل الحمض النووي يقوم بتصنيع الأحماض الأمينية أو الجزيئات الميكرووية من الحمض النووي، والمسؤولة عن هيكل ووظيفة الكائن الحي أي أنها تحدد كافة الميزات

٢٨ التعبير الجيني (Gene expression is the process by which information from a gene is used in the synthesis of a functional gene product. These products are often proteins, but in non-protein coding genes such as transfer RNA (tRNA) or small nuclear RNA (snRNA) genes, the product is a functional RNA. The process of gene expression is used by all known life—(bacteria and archaea), and utilized prokaryotes cellular organisms), eukaryotes (including multi by viruses—to generate the macromolecular machinery for life.

٢٩ ثلاثة حاملات (A triplet is a set of three items, in a specific order, or unordered)
 ٣٠ أكواد المعلومات (This series of exposed triplets codons carries the information to allow machinery in the cell to "read" the codons on the exposed DNA, which results in the making (of RNA molecules

من الخلية وبالتالي كل مفرداتها وإغلاق الجزء الغير ملفوف لإيقاف الجينات. يعنى مصطلح التوريث^(٣١) أن المعلومات في جين معين ليست دائما بالضبط هي نفسها في كل فرد من هذا النوع ، لذلك لا تعطي نفس الجينات في مختلف الأفراد نفس التعليمات ويسمى كل شكل فريد من جين واحد (أليل)^(٣٢) , الأشكال المختلفة في مجموعها تسمى بأشكال متعددة^(٣٣) , على سبيل المثال، يمكن أن يعطى (أليل) واحد لجين صبغ لون الشعر وخلايا الجلد تعليمات للجسم لإنتاج صبغة سوداء، تنتج الشعر الأسود والبشرة المصبوغة.



الشكل (٣ - ١٢) على اليمين شكل جاجوار أسود - على اليسار جاجوار بلون مختلف

٣١ مصطلح التوريث (Heritability is a statistic used in breeding and genetics works that estimates how much variation in a phenotypic trait in a population is due to genetic variation among individuals in that population.

٣٢ مصطلح (أليل) يشير الى (An allele)، or allele, is one of a number of alternative forms of the same gene or same genetic locus observable phenotypic traits, such as different pigmentation. However, most genetic variations result in little or no observable variation. The word "allele" is a short form of allelomorph, which was used in the early days of genetics to describe variant forms of a gene detected as different phenotypes.

٣٣ الأشكال المختلفة في مجموعها تسمى بأشكال متعددة (Polymorphism is the occurrence of two or more clearly morphs or forms, also referred to as alternative phenotypes, in the population of a different species. To be classified as such, morphs must occupy the same habitat at the same time and belong to a panmictic population (one with random mating)

في حين أن (أليل) مختلف من نفس الجينات في أفراد مختلفين يمكن أن يعطي تعليمات مشوه من شأنها أن تؤدي إلى عدم إنتاج أي من الصبغات، وتعطي الشعر الأبيض والجلد غير المصبوغ (المهق)^(٣٤). الطفرات^(٣٥) هي تغييرات عشوائية في الجينات تخلق الأليلات الجديدة، والتي بدورها تنتج صفات جديدة، والتي يمكن أن تساعد، أو تضر، أو لا يكون لها تأثير جديد على احتمال الفرد من البقاء على قيد الحياة وبالتالي، فإن الطفرات هي أساس التطور.

٣ - ٢ الجينات والوراثة

الجينات هي أجزاء من الحمض النووي تحتوي على معلومات عن تركيب الحمض النووي أو البروتيني. يتم توريث وحدات الجينات من الأبوين وتقسم نسخ من جيناتها لأبناهم. للبشر نسختين من كل من الجينات، التي تم العثور عليها في البويضات أو الحيوانات المنوية، نسخة واحدة من كل نوع من الجينات. عملية ربط البويضات والحيوانات المنوية تشكل مجموعة كاملة من الجينات، الذرية الناتجة عن ذلك في نهاية المطاف لها نفس العدد من الجينات كأبائهم، جين واحد من النسختين يأتي من والدهما، والآخر من والدتهم. تعتمد آثار هذا الخلط على أنواع (الأليلات) الجين، إذا كان الأب لديه نسختين من أليل للشعر الأحمر، وللام نسختين للشعر البني، يحصل جميع أطفالهم على الأليلين التي تعطي تعليمات مختلفة، أليل واحد للشعر أحمر وأليل آخر للشعر البني ويعتمد لون الشعر لهؤلاء الأطفال على كيفية عمل هذه الأليلات

٣٤ مصطلح المهق (Albinism in humans "white"; is a congenital disorder characterized by the complete or partial absence of pigment in the skin, hair and eyes due to absence or defect of tyrosinase, other animals have multiple pigments and for these, albinism is considered to be a hereditary condition characterized by the absence of melanin in particular, in the eyes, skin, hair, scales, feathers or cuticle.

٣٥ الطفرات (genome of a mutation is a permanent alteration of the nucleotide sequence of the chromosomal DNA or other genetic elements. Mutations result from extra an organism, virus, or damage to DNA which is not repaired, errors in the process of replication, or from the insertion or deletion of segments of DNA by mobile genetic elements. Mutations may or may not produce changes in the observable characteristics (phenotype) of an organism. Mutations play a part in both normal and abnormal biological processes including: evolution, cancer, and the (development of the immune system, including junctional diversity

معا. إذا هيمنت تعليمات أليل واحد على تعليمات الأليل الآخر يسمى الأليل السائد، والأليل الآخر يسمى الأليل المتنحي. في حالة إبنة مع الأليلات لكل من الشعر الأحمر والبنّي، فإن الأليل البنّي هو المهيمن، ويكون لون شعر الطفلة البنّي، على الرغم من لون الأليل الأحمر لا يزال موجود في شعر الفتاة ذات الشعر البنّي ولكنه لا يظهر. هذا هو الفرق بين ما تراه في السمة (سمات الكائن الحي، ويشار له بالنمط الظاهري) والجينات داخل الكائن الحي (في التركيب الوراثي). في هذا المثال يمكنك تسمية الأليل البنّي ب⁺ والأليل الأحمر ب⁻. الإبنة ذات الشعر البنّي لديها "النمط الظاهري الشعر البنّي" ولكن النمط الجيني لها هو (ب⁺ ب⁻) ، نسخة واحدة من الأليل (ب⁺) ، ونسخة واحدة من الأليل (ب⁻) . الآن تخيل أن هذه الطفلة تكبر وتنجب أطفال من رجل ذو الشعر البنّي ولديه أيضا النمط الجيني (ب⁺ ب⁻) ، فإن بويضات هذه المرأة خليط من نوعين، نوع واحد يحتوي على أليل (ب⁺) ، ونوع واحد (ب⁻) ، وبالمثل، فإن شريكها ينتج مزيجا من نوعين من الحيوانات المنوية التي تحتوي على واحد من هذه الأليلات الإثنين. عندما يتم ربط الجينات المنقولة الى ذريتهم، هؤلاء الأطفال لديهم فرصة للحصول على الشعر إما البنّي أو الأحمر، نظرا لأنه يمكنهم الحصول على التركيب الوراثي (ب⁺ ب⁺) ويمثل الشعر البنّي، (ب⁺ ب⁻) ويمثل الشعر البنّي أو (ب⁻ ب⁻) ويمثل الشعر الأحمر في هذا الجيل، وبالتالي هناك فرصة للأليل المتنحي الظهور في النمط الظاهري للأطفال - بعضهم قد يكون لديهم شعر أحمر مثل جدهم ولكن هناك صفات كثيرة موروثة بطريقة أكثر تعقيدا من المثال أعلاه. يمكن أن يحدث هذا عندما تكون هناك العديد من الجينات المعنية ، يسهم كل منها بجزء صغير في النتيجة النهائية مثلا الأفراد طويلي القامة يميلون إلى إنتاج أطفال طويلي القامة حيث أن أطفالهم يمكنهم الحصول على حزمة من العديد من الأليلات التي يساهم كل منها بالقليل في نموهم ومع ذلك، ليس هناك مجموعة واضحة من "قصار القامة" وطويلي القامة"، كما أن هناك مجموعات من الأفراد ذوي الشعر البنّي أو الأحمر هذا هو بسبب وجود عدد كبير من الجينات المعنية؛ مما يجعل السمات متغيرة جدا والأفراد بأطوال مختلفة وعلى الرغم من سوء الفهم الشائع، فإن الصفات العين الزرقاء أو الخضراء هي أيضا موروثة في هذا النموذج المعقد ويمكن أيضا أن تكون الوراثة معقدة عندما

تعتمد السمات على التفاعل بين الوراثة والبيئة على سبيل المثال، سوء التغذية لا يغير الصفات مثل لون العين، ولكن يمكن أن يعيق النمو.

٣ - ٣ الأمراض الوراثية

بعض الأمراض وراثية ومستمرة في العائلة وأمراض أخرى، مثل الأمراض المعدية ، ناجمة عن البيئة كما تنتج أمراض أخرى مزيج من الجينات والبيئة. الإضطرابات الوراثية هي أمراض تنتج عن أليل واحد من الجينات الموروثة في العائلة وتشمل هذه مرض إضطراب الأعصاب الوراثية (هنتنغتون)^(٣٦) ، أو إضطراب وراثي يؤثر في الرئتين (التليف الكيسي)^(٣٧) أو ضمور العضلات^(٣٨) على سبيل المثال التليف الكيسي ينتج بسبب طفرات في جين واحد يسمى التليف الكيسي عبر غشاء الموصلية المنظم^(٣٩) ويورث كصفة متنحية. تتأثر أمراض أخرى عن طريق الوراثة، ولكن جينات هذا الشخص الحاصل عليها من والديه فقد تقلل خطر الحصول على المرض. معظم هذه الأمراض موروثة بطريقة معقدة، من أي من الجينات المتعددة المعنية، أو القادمة من كل من الجينات والبيئة وكمثال على ذلك، فإن خطر سرطان الثدي هو أعلى ٥٠ مرة في العائلات الأكثر تعرضا للخطر، مقارنة مع العائلات الأقل عرضة للخطر. هذا الإختلاف هو على الأرجح بسبب وجود عدد كبير من الأليلات، كل منها يقلل الخطر قليلا وقد تم تحديد

٣٦ مرض إضطراب الأعصاب الوراثية (هنتنغتون) (Huntington's disease (HD) is a neurodegenerative genetic

mental decline and behavioral symptoms disorder that affects muscle coordination and leads to

٣٧ إضطراب وراثي يؤثر في الرئتين (التليف الكيسي) (Cystic fibrosis (CF) is a genetic disorder that

affects mostly the lungs but also the pancreas, liver, kidneys, an dintestine.

٣٨ ضمور العضلات (Duchenne muscular dystrophy (DMD) is an X-linked recessive form

of muscular dystrophy, affecting around 1 in 3,600 boys, which results in muscle

degeneration and premature death. The disorder is caused by a mutation in the

gene dystrophin, located on the human X chromosome, which codes for

the protein dystrophin.

٣٩ التليف الكيسي عبر غشاء الموصلية المنظم

Cystic fibrosis trans membrane conductance regulator (CFTR) is a membrane

protein and chloride channel in vertebrates that is encoded by the *CFTR* gene

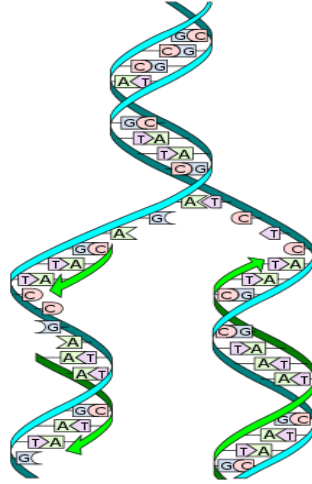
العديد من الجينات^(٤٠)، وليس جميعها ومع ذلك، على الرغم من بعض المخاطر الوراثية، يزداد خطر هذا السرطان أيضا بزيادة الوزن، وشرب الكثير من الكحول وعدم ممارسة الرياضة. خطر إصابة المرأة بسرطان الثدي يأتي من عدد كبير من الأليلات التي تتفاعل مع بيئتها، لذلك من الصعب جدا التنبؤ بها.

٣ - ٤ كيفية عمل الجينات

وظيفة الجينات هي توفير المعلومات اللازمة لتصنيع جزيئات البروتينات في الخلايا وهي أصغر أجزاء مستقلة في الكائنات الحية. يحتوي الجسم البشري على نحو ١٠٠ تريليون خلية، بينما الكائنات الصغيرة جدا مثل البكتيريا ليست سوى خلية واحدة. تمثل الخلية مصنع مصغر ومعقد للغاية يمكنه تصنيع جميع الأجزاء اللازمة لإنتاج نسخة من نفسها والذي يحدث عندما تنقسم الخلايا. هناك تقسيم بسيط للعمل في الخلايا - الجينات تعطي تعليمات والبروتينات تنفذ هذه التعليمات والمهام مثل بناء نسخة جديدة من الخلية، أو إصلاح الضرر. كل نوع من البروتين متخصص لينفذ وظيفة واحدة، حتى إذا كانت الخلية تحتاج لتنفيذ شيء جديد، فعليها تصنيع بروتين جديد للقيام بهذه المهمة وبالمثل، إذا كانت الخلية تحتاج لتنفيذ شيء ما بشكل أسرع أو أبطأ من ذي قبل، فإنها تصنع أكثر أو أقل من البروتين المسؤول. الجينات تخطر الخلايا بما يجب القيام به بإخبارها أي من البروتينات المستهدفة لتصنيعها وبأى كمية.

٤٠ تحديد العديد من الجينات - BRCA1 and BRCA2 are a human gene and its protein product, respectively. The official symbol (BRCA1, italic for the gene, non italic for the protein) and the official name (breast cancer 1) are maintained by the HGNC. Orthologs BRCA1 is a human tumor suppressor gene (to be specific, a caretaker gene), found in all humans; its protein, also called by the synonym breast cancer type 1 susceptibility protein, is responsible for repairing DNA. BRCA1 and BRCA2 are normally expressed in the cells of breast and other tissue, where they help repair damaged DNA, or destroy cells if DNA cannot be repaired. They are involved in the repair of chromosomal damage with an important role in the error-free repair of DNA double-strand break

يتم تخليق الجينات التي يتم نسخها^(٤١) داخل الحمض النووي الريبسي^(٤٢) ، ثم تترجم إلى بروتين.



الشكل (٣ - ١٣) النسخ المتماثل للحمض النووي. الحمض النووي يتعذر تفكيكة وتتم مطابقة النيوكليوتيدات لتصنيع شكل خطين جديدين

تتكون البروتينات من سلسلة من ٢٠ نوعا مختلفا من جزيئات الأحماض الأمينية وتنطوي هذه السلسلة في شكل مدمج. يتم تحديد شكل البروتين عن طريق تسلسل الأحماض الأمينية على طول السلسلة وهذا هو الشكل الذي، بدوره، يحدد ما يقوم به البروتين على سبيل المثال، بعض البروتينات لديها أجزاء من سطحها تطابق تماما الشكل من جزيء آخر، والذي يسمح

٤١ يتم التعبير عن الجينات التي يتم نسخها

Transcription is the first step of gene expression, in which a particular segment of DNA is copied into RNA (mRNA) by the enzyme RNA polymerase. Both RNA and DNA are nucleic acids, which use base pairs of nucleotides as a complementary language. The two can be converted back and forth from DNA to RNA by the action of the correct enzymes. During transcription, a DNA sequence is read by an RNA polymerase, which produces a complementary, anti parallel RNA strand called a primary transcript.

٤٢ الحمض النووي الريبسي - Ribonucleic acid (RNA) is a polymeric molecule implicated in various biological roles in coding, decoding, regulation, and expression of genes. RNA and DNA are nucleic acids, and, along with proteins and carbohydrates, constitute the three major macromolecules essential for all known forms of life.

للبروتين ربط هذا الجزيء بإحكام شديد في التسلسل الصحيح للأحماض الأمينية وتنضم هذه الأحماض الأمينية معا لعقد سلسلة بروتين كاملة. البروتينات الأخرى هي الإنزيمات التي تشبه آلات صغيرة من شأنها أن تغير جزيئات أخرى. تنظم المعلومات في الحمض النووي في تسلسل وحدات متكررة على طول سلسلة الحمض النووي وهي كما ذكرنا سابقا أربعة أنواع من النيوكليوتيدات (A، T، G و C) ، يقوم تسلسل النيوكليوتيدات بتخزين المعلومات بالترتيب الأبجدي الذي يسمى (الكود الوراثي). عند قراءة الجين بواسطة خلية يتم نسخ تسلسل الحمض النووي في جزيء مشابه جدا يسمى الحمض النووي الريبسي^(٤٢) (وهذا ما يسمى عملية النسخ^(٤١)). يتم التحكم في عملية النسخ بتسلسل حمض نووي آخر (مثل المروجين^(٤٣))، والتي تظهر الخلية التي تكون الجينات، والتحكم في كيفية ما يتم نسخه. نسخة الحمض النووي الريبسي مصنوعة من الجينات تتغذى من خلال هيكل يسمى الريبوسوم^(٤٤)، والذي يترجم تسلسل النيوكليوتيدات في الحمض النووي الريبسي في البروتين الجديد الذي يتحول إلى شكله النشط. ويطلق على عملية ترجمة المعلومات من لغة الحمض النووي الريبسي إلى لغة الأحماض الأمينية^(٤٥). إذا تغير تسلسل النيوكليوتيدات في الجينات، يتغير تسلسل الأحماض الأمينية في البروتين أيضا - إذا تم حذف جزء من الجينات،

٤٣ حمض نووي مثل المروجين () a promoter is a region of DNA that initiates transcription of a particular gene. Promoters are located near the transcription start sites of genes, on the same strand and upstream on the DNA Promoters can be about 100–1000 base (pairs long)

٤٤ الريبوسوم () The ribosome is a complex molecular machine found within all living cells, that serves as the site of biological protein synthesis (translation). Ribosomes link amino

٤٥ ويطلق على عملية ترجمة المعلومات من لغة من الحمض النووي الريبسي إلى لغة الأحماض الأمينية - Protein biosynthesis is the process whereby biological cells generate new proteins; it is balanced by the loss of cellular proteins via degradation or export. Translation, the assembly of amino acids by ribosomes, is an essential part of the biosynthetic pathway, along with generation transfer RNA (tRNA), co-translational transport, acylation of of messenger RNA (mRNA), amino and post-translational modification.

ينتج بروتين أقصر وقد لا يعمل بعد ذلك وهذا هو السبب لماذا تختلف الأليات في الجينات التي يمكن أن يكون لها تأثيرات مختلفة في الكائن الحي وكمثال ، يعتمد لون الشعر على مقدار المادة المظلمة التي تسمى الميلانين^(٤٦) . إذا كان للشخص مجموعة طبيعية للجينات التي لها دور في صنع الميلانين، فإنها تصنع جميع البروتينات اللازمة وينمو الشعر الداكن ومع ذلك، إذا كانت لبروتين معين لها سلاسل مختلفة وتنتج البروتينات التي لا تستطيع أن تقوم بوظائفها، وعدم إنتاج الميلانين يجعل الشخص ذو بشرة وشعر أبيض (المهق).

٣ - ٥ نسخ الجينات وتكرار الحمض النووي

يتم نسخ الجينات في كل مرة تنقسم فيها الخلية إلى خليتين جديدتين . العملية التي تنسخ الحمض النووي تسمى تكرار الحمض النووي^(٤٧) . وهي عملية مماثلة لطفل يرث الجينات من والديه، عندما تختلط نسخة الحمض النووي من الأم مع نسخة الحمض النووي من الأب يمكن نسخ الحمض النووي بكل سهولة وبدقة لأن كل جزء من الحمض النووي يمكنه مباشرة إنشاء نسخة جديدة من المعلومات الخاصة به بسبب أن الحمض النووي مصنوع من شقين معا مثل الجانبين من السوستة. النيوكليوتيدات في الوسط، مثل الأسنان في السوستة لعقد الخيوط معا، الأهم من ذلك، الأربعة أنواع المختلفة من النيوكليوتيدات هي أشكال مختلفة، لضم تلك الخيوط بشكل صحيح.

٤٦ المادة مظلمة التي تسمى الميلانين - Melanin "black, dark" is a broad term for a group of natural pigments found in most organisms (arachnids are one of the few groups in which it has not been detected). Melanin is produced by the oxidation of the amino acid tyrosine, followed by polymerization. The pigment is produced in a specialized group of cells known as melanocytes

٤٧ تكرار الحمض النووي - DNA replication is the biological process of producing two identical replicas of DNA from one original DNA molecule. This process occurs in all living organisms and is the basis for biological inheritance. DNA is made up of a double helix of two strands, and each strand of the original DNA molecule serves as a template for production of the complementary strand, a process referred to as semi conservative replication. Cellular proofreading and error-checking mechanisms ensure near perfect fidelity for DNA replication

وهذا ما يسمى قاعدة الاقتران^(٤٨). عندما يتم نسخ الحمض النووي، يتم سحب الفرعين من الحمض النووي القديم بعيدا بواسطة الأنزيمات. ثم يتم التزاوج مع النيوكليوتيدات الجديدة ومن ثم تغلق وينتج جزئين جدد من الحمض النووي، والتي تحتوي كل منها على ضفيرة واحدة من الحمض النووي القديم وضفيرة واحدة المصنعة حديثا. هذه العملية ليست مثالية كما هو متوقع كلما تعلقت البروتينات بالنيوكليوتيدات عند تصنيعها وتسبب تغيير في تسلسل هذا الجين وتسمى هذه التغييرات في تسلسل الحمض النووي بالطفرات، تنتج الطفرات أليلا جديدة من الجينات. في بعض الأحيان توقف هذه التغييرات عمل هذا الجين أو جعله يخدم وظيفة مفيدة أخرى، مثل جينات الميلانين. هذه الطفرات وتأثيرها على سمات الكائنات الحية هي واحدة من أسباب التطور .

٣ - ٦ تطور الجينات وتاريخ الفكر التطوري



الشكل (٣ - ١٤) تأثير البيئة على الحيوانات

يتطور تعداد الكائنات عندما تصبح سمة ما موروثا أكثر شيوعا أو أقل شيوعا مع مرور الوقت على سبيل المثال، كل الفئران التي تعيش على جزيرة ما ستكون من الفئران: بعضها مع الفراء الأبيض، والبعض بالفراء الرمادي. مع مرور الأجيال، أصبحت الفئران البيضاء أكثر تواترا والفئران الرمادية أقل تواترا، ثم يتطور لون الفراء في هذه الفئة من الفئران من حيث

٤٨ قاعدة الاقتران - A base pair (bp) is a unit consisting of two nucleo bases bound to each other by hydrogen bonds. They form the building blocks of the DNA double helix, and contribute to the folded structure of both DNA and RNA, an A nucleotide must go opposite a T nucleotide, and aG opposite a C. This exact pairing is called base pairing

الوراثة، وهذا ما يسمى زيادة في تواتر الصبغيات^(٤٩) وتصبح الأليلات أكثر أو أقل شيوعا إما عن طريق الصدفة في عملية تسمى الإنجراف الوراثي^(٥٠)، أو عن طريق الإنتقاء الطبيعي^(٥١). في الإنتقاء الطبيعي، يجعلها الأليل أكثر احتمالا للكائن الحي للبقاء والتكاثر، ثم مع مرور الوقت يصبح هذا الأليل أكثر شيوعا ولكن إذا كان الأليل ضار، فإن الإنتقاء الطبيعي يجعلها أقل شيوعا. في المثال أعلاه، إذا أصبحت الجزيرة أكثر برودة كل عام عن العام السابق، وظهرت الثلوج لفترات طويلة من الوقت، سيكون الأليل للفراء الأبيض صالح للبقاء، لأن الحيوانات المفترسة ستكون أقل رؤية للفراء الأبيض في وجود الثلج، وذات رؤية أكبر للفئران الرمادية. مع مرور الوقت سوف تصبح الفئران البيضاء أكثر وأكثر شيوعا، بينما الفئران الرمادية أقل وأقل. تخلق الطفرات الأليلات الجديدة، هذه الأليلات لها تسلسل الحمض النووي الجديد ويمكن أن تنتج البروتينات مع خصائص جديدة حتى إذا كانت الجزيرة مأهولة بالكامل بالفئران الرمادية، يمكن أن تحدث طفرات لخلق الأليلات للفراء الأبيض، يخلق المزيج من الطفرات أليلات جديدة عشوائيا، وينتقيها الإنتقاء الطبيعي لتكون مفيدة، يتطور التكيف عندما تتغير الكائنات الحية بالطرق التي تساعد على البقاء والتكاثر.

٤٩ تواتر الصبغيات - Allele frequency, or gene frequency, is the relative frequency of an allele (variant of a gene) at a particular locus in a population, expressed as a fraction or percentage. Specifically, it is the fraction of all chromosomes in the population that carry that allele.

٥٠ الإنجراف الوراثي - Genetic drift is the change in the frequency of a gene variant (allele) in a population due to random sampling of organisms. The alleles in the offspring are a sample of those in the parents, and chance has a role in determining whether a given individual survives and reproduces.

٥١ الإنتقاء الطبيعي - Natural selection is the differential survival and reproduction of individuals due to differences in phenotype. It is a key mechanism of evolution, the change in heritable traits of a population over time. Charles Darwin popularized the term "natural selection"; he compared it with artificial selection (selective breeding).

٣ - ٧ تاريخ الهندسة الوراثية

تمكن البشر من تغيير جينومات الأنواع من آلاف السنين من خلال التربية الانتقائية ، أو الانتقاء الاصطناعي الذي يتناقض مع الانتقاء الطبيعي ، وأكثر من ذلك مؤخرًا من خلال الطفرات . تمثل الهندسة الوراثية التلاعب المباشر للحمض النووي من قبل البشر خارج التربية والطفرات وقد وجدت فقط منذ ١٩٧٠ م وقد تم صياغة مصطلح "الهندسة الوراثية" لأول مرة من قبل جاك ويليامسون في كتابه الخيال العلمي (جزيرة التنين) التي نشرت في عام ١٩٥١ قبل عام واحد من تأكيد ألفريد هيرشي ومارثا تشيس لدور الحمض النووي في الوراثة ، وقبل عامين عندما أظهر جيمس واتسون وفرانسيس كريك أن الحمض النووي جزيء لديه الهيكل الحلزوني المزدوج - على الرغم من إكتشاف المفهوم العام للتلاعب الجيني المباشر في شكل بدائي من ستانلي ينباوم عام ١٩٣٦ منذ قصة الخيال العلمي جزيرة بروتوس ٠ في عام ١٩٧٢ ، أنشأ بول بيرغ أول جزيئات حمض نووي مؤتلف بخلط الحمض النووي من فيروس قرد^(٥٢) مع فيروس لمداء^(٥٣) . وفي عام ١٩٧٣ أنشأ هيربرت بوير وستانلي كوهين أول كائن معدل وراثيا عن طريق إدخال جينات مقاومة للمضادات الحيوية في بلازميد البكتريا وبعد ذلك بعام أعلن رودولف يانش عن خلق فأر معدل وراثيا^(٥٤) عن طريق إدخال حمض نووي غريب في جنين فأر ، مما جعل الفأر الوليد الأول في العالم الحيواني المعدلة وراثيا وقد أدى هذا الإنجاز إلى المخاوف في الأوساط العلمية حول المخاطر المحتملة من الهندسة الوراثية، التي نوقشت لأول مرة في مؤتمر في العام ١٩٧٥ .

٥٢ فيروس قرد (SV40) is an abbreviation for Simian vacuolating virus 40 , a polyoma and humans. It named for effect it produced monkey virus that is found in both monkeys

vacuoles on infected green monkey cells, which developed an unusual number of Enterobacteria phage λ (lambda phage, coliphage λ) is a bacterial virus, ٥٣ فيروس لمداء or bacteriophage, that infects the bacterial species Escherichia coli (E. coli).

٥٤ فأر معدل وراثيا - A genetically modified mouse is a mouse that has had its genome altered using genetic engineering techniques. Genetically modified mice are commonly used for research or as animal models of human diseases.



الشكل (٣ - ١٥) فأر معدل وراثيا به جينات تؤثر على نمو الشعر (على اليسار)

بجوار فأر مختبر عادي

أحد التوصيات الرئيسية من المؤتمر ضرورة وضع بحوث الحمض النووي المؤتلف تحت الإشراف الحكومي حتى تطوير تكنولوجيا آمنة. في عام ١٩٧٦ أسس هيربرت بوير وروبرت سوانسون أول شركة للهندسة الوراثية (جينينتيك)، وبعد ذلك بعام أنتجت الشركة البروتين البشري (السوماتوستاتين)^(٥٥) في المختبر الذي أعلن عنه في عام ١٩٧٨. وفي عام ١٩٨٠، قررت المحكمة العليا في الولايات المتحدة بما ينص على أن الحياة المعدلة وراثيا يمكنها الحصول على براءة اختراع الأنسولين المنتج من البكتيريا وتعريفه (هوميلن)، وتمت الموافقة على الإفراج عنه من قبل إدارة الغذاء والدواء في عام ١٩٨٢، في عام ١٩٨٣، تقدمت شركة للتكنولوجيا الحيوية والعلوم الوراثية المتقدمة (قسم الخدمات الزراعية) طلبا للحصول على ترخيص من الحكومة الأمريكية لإجراء إختبارات في مجال حماية المحاصيل من الصقيع بسلالة

٥٥ البروتين البشري (السوماتوستاتين)

Somatostatin, also known as growth hormone-inhibiting hormone (GHIH), is a peptide hormone that regulates the endocrine system and affects neurotransmission and cell proliferation via interaction with G protein-coupled somatostatin receptors and inhibition of the release of numerous secondary hormones.

الجليد ناقص بكتريا (٥٦) ، ولكن الجماعات المدافعة عن البيئة والمتظاهرين تمكنت من تأجيل الإختبارات الميدانية لمدة أربع سنوات مع التحديات القانونية . وفي عام ١٩٨٧ ، أصبحت سلالة الجليد ناقص بكتريا أول كائن معدل وراثيا يطلق في البيئة عندما تم رش حقل الفراولة وحقل بطاطس في ولاية كاليفورنيا سلالة الجليد ناقص بكتريا وقد هاجمت الجماعات الناشطة في الليل كلا حقلى الإختبار قبل إجراء الإختبارات. التجارب الميدانية الأولى من النباتات المهندسة وراثيا تمت في فرنسا والولايات المتحدة الأمريكية في عام ١٩٨٦ ، تم هندسة نباتات التبغ لتكون مقاومة لمبيدات الأعشاب . كانت جمهورية الصين الشعبية الدولة الأولى لتسويق النباتات المعدلة وراثيا، وإدخال التبغ المقاوم للفيروسات في عام ١٩٩٢ وفي عام ١٩٩٤ حققت شركة كالجيني الموافقة على تسويق الطماطم المعدلة جينيا(٥٧) حيث تتمتع بصلاحية أطول وفي عام ١٩٩٤ ، وافق الإتحاد الأوروبي على التبغ المعدل وراثيا لمقاومة مبيدات الأعشاب ، مما جعل منه أول محصول معدل وراثيا تجاريا في أوروبا وفي عام ١٩٩٥ ، تمت موافقة وكالة حماية البيئة باعتبار البطاطس المعدل وراثيا غذاء آمن ، بعد أن وافقت عليها إدارة الأغذية والعقاقير، مما جعل الولايات المتحدة الأمريكية أول من وافق على مبيدات الآفات لإنتاج المحاصيل - وفي عام ٢٠٠٩ تم زراعة إحدى عشر محصول من المحاصيل المحورة وراثيا تجاريا في ٢٥ دولة. في عام ٢٠١٠ ، أنشأ الباحثون في معهد

٥٦ سلالة الجليد ناقص بكتريا ice-minus strain of *P. Syringae* to protect crops from frost, but ice-minus bacteria is a common name given to a variant of the (environmental groups common bacterium *Pseudomonas syringae* (*P. syringae*). This strain of *P. syringae* lacks the ability to produce a certain surface protein, usually found on wild-type *P. syringae*. The "ice-plus" protein (*Ina* protein, "Ice nucleation-active" protein) found on the outer bacterial cell wall acts as the nucleating centers for ice crystals

٥٧ الطماطم المعدلة جينيا (*Flavr Savr* ; pronounced "flavor saver, a genetically modified tomato,) was the first commercially grown genetically engineered food to be granted a license for human consumption. It was produced by the Californian company Calgene, and submitted to the U.S. Food and Drug Administration(FDA) in 1992

فتر كريغ أول شكل للحياة الإصطناعية^(٥٨) بإضافة جينوم صناعي لخلية بكتيرية فارغة، البكتيريا الناتجة تم تسميتها (سينتيا)^(٥٩) وفي عام ٢٠١٤، تم تطوير بكتيريا أبلاسميد المنسوخة نسخاً متماثلاً التي تحتوي على زوج من قاعدة فريدة من نوعها، وخلق الكائن الحي الأول هندسياً لإستخدام الأبجدية الوراثية الموسعة.

٣ - ٨ تقنيات الهندسة الوراثية

الخطوة الأولى هي إختيار وعزل الجين الذي سيتم إدخاله في الكائن المعدل وراثيا. يمكن عزل الجين بإستخدام أنزيمات التقييد^(٦٠) لتقطيع الحمض النووي إلى أجزاء وهلام التفريد^(٦١) الكهربائية للفصل بينهما وفقا للطول. يمكن أن يستخدم تفاعل البلمر المتسلسل^(٦٢) لتضخيم جزيئات الجينات، ومن ثم يمكن عزلها من خلال الهلام الكهربائي. وإذا كان جينوم الجين المختار أو الكائن الحي المتبرع وتسلسل الحمض النووي معروفين، ولكن لا توجد نسخ من الجين متاحة، فإنه يمكن توليفها بشكل مصطنع. الجين المراد إدخاله في الكائن المعدل وراثيا يجب أن يكون جنبا إلى جنب مع عناصر وراثية أخرى من أجل أن يعمل بشكل صحيح ويمكن أيضا تعديل الجينات في هذه المرحلة للتعبير أو لفعالية أفضل فضلا عن الجين المراد

٥٨ أول شكل للحياة الإصطناعية (synthetic life, that is, artificial life created in vitro from biomolecules and their component materials. Synthetic

٥٩ البكتيريا الناتجة تم تسميتها (سينتيا) (Synthia, Mycoplasma laboratorium is a designed, partially synthetic species of bacterium derived from the genome of Mycoplasma genitalium. Mycoplasma genitalium was chosen as it was the species with the smallest number of genes known at that time

٦٠ أنزيمات التقييد (A restriction enzyme or restriction endonuclease is an enzyme that cuts DNA at or near specific recognitionnucleotide sequences known as restriction sites

٦١ هلام التفريد (Gel electrophoresis is a method for separation and analysis of macromolecules(DNA, RNA and proteins) and their fragments, based on size and charge

٦٢ تفاعل البلمر المتسلسل (The polymerase chain reaction (PCR) is a process used in molecular biology to amplify a single copy or a few copies of a piece of DNA across several orders of magnitude, generating thousands to millions of copies of a particular DNA sequence.

إدراجه الذي يحتوي على مروج^(٦٣) ومنطقة فاصلة فضلا عن علامة إختيار الجينات. منطقة المروج تبدأ بنسخ الجينات، ويمكن إستخدامها للتحكم في الموقع ومستوى التعبير الجيني، بينما منطقة الفاصل تنهي عملية النسخ. علامة الإختيار، في معظم الحالات تمنح المقاومة للمضادات الحيوية^(٦٤) للكائن الحي، هناك حاجة لتحديد الخلايا التي يتم تحويلها بالجينات الجديدة. التقنيات مصنوعة من بنيات بإستخدام الحمض النووي المؤتلف ، مثل هضم التقييد ، عملية الربط والإستنساخ الجزيئي ويحدث التلاعب في الحمض النووي عادة في توقيت البلازميد .

ينطوي الشكل الأكثر شيوعا من الهندسة الوراثية على إدخال مادة وراثية جديدة عشوائيا داخل جينوم مضيف. تسمح تقنيات أخرى للمادة الوراثية الجديدة التي سيتم إدراجها في موقع معين في الجينوم المضيف أو تولد الطفرات في مواضع الجينومية المطلوبة القادرة على الضرب القصرى للجينات. تستخدم تقنية إستهداف الجينات إعادة التركيب المثلي لإستهداف الهدف المطلوب لجين معين يميل إلى أن يحدث عند ترددات منخفضة نسبيا في النباتات والحيوانات وعموما يتطلب إستخدام علامات الإختيار . إستهداف الجينات المستهدفة يمكن تعزيزها بشكل كبير بإستخدام هندسة إنزيم نوكللاس^(٦٥) مثل إصبع الزنك نيوكلييز^(٦٦)، هندسة نوكلياز المؤلفة ، أو إنزيم نوكللاس الذي تم إنشاؤه من المؤثرات الإنتقالية بالإضافة إلى تعزيز إستهداف الجين، يمكن لإنزيم نوكللاس هندسيا أن يستخدم أيضا لإدخال طفرات في الجينات الذاتية التي تنتج بضرب الجينات قصرا .

٦٣ مروج (Promoters) , a promoter is a region of DNA that initiates transcription of a particular gene. Promoters are located near the transcription start sites of genes, on the same strand and upstream on the (DNA

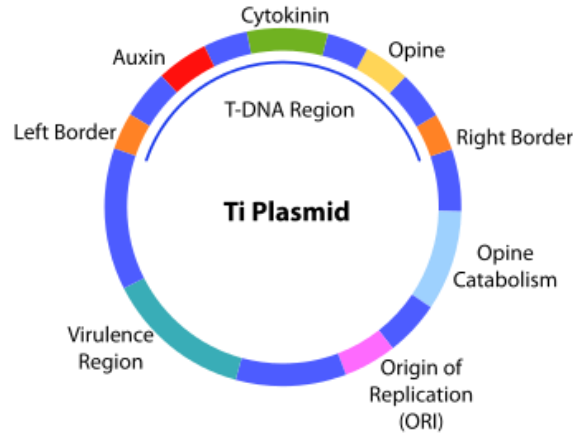
٦٤ لمقاومة للمضادات الحيوية (Antimicrobial resistance (AMR) is when a microbe becomes more or fully resistant to antimicrobials which previously could treat it

٦٥ هندسة إنزيم نوكللاس (A nuclease is an enzyme capable of cleaving the phosphodiester bonds between the nucleotide subunits of nucleic acids.

٦٦ إصبع الزنك نيوكلييز (Zinc-finger nucleases (ZFNs) are artificial restriction generated by fusing a zinc finger DNA-binding domain to a DNA-cleavage domain.

٣ - ٩ التحول في علم الوراثة

حوالي ١٪ فقط من البكتيريا قادرة طبيعيا من تناول الحمض النووي الغريب ومع ذلك، هذه القدرة يمكن أن تتسبب في إنتاج بكتيريا أخرى عن طريق الضغط (على سبيل المثال الصدمات الحرارية أو الكهربائية)، وبالتالي زيادة نفاذية غشاء الخلية للحمض النووي .



الشكل (٣ - ١٦) بلازميد الحمض النووي المنقول مع الحمض النووي المنقول

يمكن أن يندمج الحمض النووي مع الجينوم أو مع تواجد كروموسوم للحمض النووي إضافي، يتم إدخال الحمض النووي في الخلايا الحيوانية باستخدام الحقن المكروي ، حيث يمكن حقنه من خلال الغلاف النووي للخلية مباشرة إلى النواة أو من خلال استخدام ناقلات فيروسية^(٦٧) . وفي النباتات يتم إدخال الحمض النووي عموما بإقترانها بالوسائط المتبعة^(٦٨) أو الهلاميات^(٦٩). في تقنية إعادة التركيب بالوسائط المتبعة، يحتوي البلازميد المتكون على

٦٧ ناقلات فيروسية
Viral vectors are tools commonly used by molecular biologists to deliver genetic material into cells

٦٨ إقترانها بالوسائط المتبعة (*Agrobacterium* to transfer genes to plants and fungi)
The ability of *Agrobacterium* to transfer genes to plants and fungi is used in biotechnology, in particular, genetic engineering for plant improvement

٦٩ الهلاميات
a biolistic particle delivery system, originally designed for plant transformation, is a device for injecting cells with genetic information; the inserted genetic material are termed transgenes. This technique is often simply referred to as bioballistics or biolistics.

الحمض النووي المنقول^(٧٠)، الحمض النووي المسؤول عن إدخال الحمض النووي في جينوم النباتات المضيفة. يتم تحويل البلازميد الى بكتيريا سلبية^(٧١) لا تحتوي على البلازميدات قبل إصابة الخلايا النباتية وتدرج البكتيريا السلبية المادة الوراثية في الخلايا النباتية. تحول الجسيمات الهلامية من الذهب أو التنجستن والمغلقة بالحمض النووي ثم تطلق في الخلايا النباتية الصغيرة أو في الأجنة النباتية، تدخل بعض المواد الوراثية في الخلايا وتحويلها ويمكن استخدام هذه الطريقة على النباتات التي ليست معرضة للإصابة بالبكتيريا السلبية وتسمح أيضا بتحول بلاستيدات النبات. طريقة أخرى لتحويل الخلايا النباتية والحيوانية من خلال شحنات كهربائية^(٧٢) وتشمل تعريض الخلايا النباتية أو الحيوانية لصدمة كهربائية، مما يجعل غشاء الخلية قابل لنفاذ البلازميد الحمض النووي. في بعض الحالات الخلايا التي تعرضت للشحنات الكهربائية سوف تدمج الحمض النووي في الجينوم الخاصة به . بسبب الأضرار التي لحقت بالخلايا والحمض النووي فإن كفاءة التحويل بالطرق المتبعة وبالتعرض للشحنات الكهربائية أقل من تقنية البكتيريا الزراعية والحقن المكروي، في كثير من الأحيان تتحول خلية واحدة فقط مع المادة الوراثية للكائن الحي. يجب إعادة توليد الكائن الحي من هذه الخلية كما تتكون البكتيريا من خلية واحدة وتتكاثر متطابقة بسلالة جديدة ليست ضرورية. يتم إنجاز ذلك في النباتات من خلال استخدام زراعة الأنسجة^(٧٣)، كل الأنواع النباتية لها متطلبات مختلفة للتجديد الناجح من خلال زراعة الأنسجة في حال نجاحها ينتج النبات النامي الذي يحتوي

٧٠ الحمض النووي المنقول (transfer DNA (abbreviated T-DNA) is the transferred DNA of the tumor-inducing (Ti) plasmid of some species of bacteria such as *Agrobacterium tumefaciens* and *Agrobacterium rhizogenes*.

٧١ بكتيريا سلبية (*Agrobacterium* is a genus of Gram-negative bacteria)

٧٢ شحنات كهربائية - Electroporation, is a microbiology technique in which an electrical field is applied to cells in order to increase the permeability of the cell membrane, allowing chemicals, drugs, or DNA to be introduced into the cell

٧٣ زراعة الأنسجة (Plant tissue culture is a collection of techniques used to maintain or grow plant cells, tissues or organs under sterile conditions on a nutrient culture medium of known composition)

على التحويل في كل خلية. في الحيوانات من الضروري التأكد من أن الحمض النووي المحقون موجود في الخلايا الجذعية الجنينية^(٧٤). تستخدم علامات الإختيار للتمييز بسهولة للتحويل من الخلايا الغير محولة، وهي موجودة عادة في الكائن الحي المعدل وراثيا، على الرغم من أن عددا من الإستراتيجيات التي تطورت يمكنها إزالة علامة الإختيار من النبات الناضج المعدل وراثيا. وعندما يتم إنتاج الجيل الجديد يتم التأكد من وجود الجين، جميع ذرية الجيل الأول ستكون مخالفة لهذا الجين المدرج ويجب أن يتزاوجا معا لإنتاج الحيوان المماثل. هناك ضرورة لإجراء مزيد من التجارب بإستخدام تفاعل البوليميراز المتسلسل^(٧٥)، التهجين الجنوبي^(٧٦)، وتسلسل الحمض النووي للتأكد من أن الكائن الحي يشتمل على الجين الجديد، يمكن لهذه الإختبارات أيضا تأكيد موقع الكروموسومات ونسخ عدد من الجينات المدرجة، وجود الجين لا يضمن التعبير عن المستويات الملائمة في النسيج المستهدف حتى الأساليب التي تبحث عنها وقياس منتجات الجينات (الحمض النووي الريبسي والبروتين) تستخدم أيضا وتشمل التهجين الشمالي، وعكس نسخ تفاعل البوليميراز المتسلسل الكمي^(٧٧)، لطخة غربية^(٧٨)، الومضات

٧٤ الخلايا الجذعية الجنينية (Embryonic stem cells (ES cells) are pluripotent stem cells derived

from the inner cell mass of a blastocyst, an early-stage preimplantation embryo
٧٥ تفاعل البوليميراز المتسلسل (polymerase chain reaction (PCR) is a process used in molecular
biology to amplify a single copy or a few copies of a piece of DNA across several orders
of magnitude, generating thousands to millions of copies of a particular DNA sequence

٧٦ التهجين الجنوبي (Southern blot is a method used in molecular biology for detection of a
specific DNA sequence in DNA samples. Southern blotting combines transfer
of electrophoresis-separated DNA fragments to a filter membrane and subsequent
fragment detection by probe hybridization.

٧٧ عكس نسخ تفاعل البوليميراز المتسلسل الكمي (Reverse transcription polymerase chain reaction (RT-PCR)
is one of many variants of polymerase chain reaction (PCR). This technique is commonly used in
molecular biology to detect RNA expression.

٧٨ لطخة غربية (western blot (sometimes called the protein immunoblot) is a widely used analytical
technique used to detect specific proteins in a sample of tissue homogenate or extract

المناعية^(٧٩)، الفحص المرتبط بالإنزيم^(٨٠) والتحليل المظهري للتحويل المستقر يجب أن تنتقل الجينات إلى الذرية في نمط وراثي.

٣ - ١٠ كتابة الجينوم

كتابة الجينوم هو نوع من الهندسة الوراثية التي يتم فيها إدراج الحمض النووي، وإستبداله، أو إزالته من الجينوم بإستخدام تقنية إنزيم نوكلاس^(٨٩) بشكل مصطنع ، أو التقطيع الجزيئي . يخلق إنزيم نوكلاس فواصل مزدوجة محددة في الأماكن المطلوبة في الجينوم، وتسخير الآليات الذاتية للخلية لإصلاح الكسر الناجم عن العمليات الطبيعية عند إعادة التركيب المثلي والغير متماثلة المنضمة في النهاية . هناك حاليا أربع عائلات من تقنيات إنزيم نوكلاس: إنزيم نوكلاس ميجا^(٨١) ، إصبع إنزيم نوكلاس من الزنك ، النسخ المنشط الشبيهة لإنزيم نوكلاس المستجيب^(٨٢) . وعلى النقيض من تحرير الجينوم الإصطناعي يحدث تحرير الجينوم الطبيعي من خلال العوامل الفيروسية وشبه الفيروسية المختصة في تحديد هياكل الجملة الوراثية لعمليات الإدراج أو الحذف مع نتيجة عمليات الإختيار المحفوظة.

٧٩ الومضات المناعية (Immunofluorescence is a technique used for light microscopy with)
a fluorescence microscope and is used primarily on microbiological samples.

٨٠ الفحص المرتبط بالإنزيم (The enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA) is a test that uses)
antibodies and color change to identify a substance

٨١ إنزيم نوكلاس ميجا (Meganucleases are endodeoxyribonucleases characterized by a large)
recognition site (double-stranded DNA sequences of 12 to 40 base pairs) ; as a result this site
generally occurs only once in any given genome

٨٢ النسخ المنشط الشبيهة لإنزيم نوكلاس المستجيب (Transcription activator-like effector nucleases (TALEN))
are restriction enzymes that can be engineered to cut specific sequences of DNA. They are made
by fusing a TAL effector DNA-binding domain to a DNA cleavage domain (a nuclease which cuts
DNA strands).

الهندسة الوراثية لها تطبيقات في الطب والبحوث والصناعة والزراعة، ويمكن إستخدامها على نطاق واسع في النباتات والحيوانات والكائنات الحية الدقيقة.

▪ الطب : استخدامات الهندسة الوراثية في تصنيع الأدوية ، لخلق نماذج لحيوانات لإجراء البحوث المخبرية، وفي العلاج الجيني كما تستخدم الهندسة الوراثية لإنتاج كميات كبيرة من الأنسولين، هرمونات النمو البشري، علاج العقم، مصّل الألبومين البشري^(٨٣) ، الأجسام المضادة وحيدة للإستنساخ ، عوامل مضادة لتجلط الدم^(٨٤) ، اللقاحات وأدوية أخرى كثيرة. الفأر المهجن وإنصهار الخلايا معا لخلق الأجسام المضادة وحيدة النسيج لإستخدامات الإنسان، يجري تطوير الفيروسات المهندسة وراثيا التي لا تزال تمنح الحصانة، ولكنها تفتقر إلى التسلسلات المعدية كما تستخدم الهندسة الوراثية لخلق نماذج حيوانية من الأمراض التي تصيب الإنسان. الفئران المعدلة وراثيا هي نموذج حيواني الأكثر شيوعا وراثيا وقد تم إستخدامها لدراسة نموذج لأمراض السرطان، والسمنة، وأمراض القلب، والسكري، والتهاب المفاصل، تعاطي المخدرات والقلق والشيخوخة ومرض باركنسون. علاجات محتملة يمكن إختبارها ضد نماذج الفأر وقد ولدت الخنازير المعدلة وراثيا بهدف زيادة نجاح الخنازير لزرع الأعضاء البشرية .

٨٣ مصّل الألبومين البشري (Human serum albumin is the version of serum albumin found in human blood. It is the most abundant protein in human blood plasma; it constitutes about

half of serum protein. It is produced in the liver. It is soluble and monomeric

٨٤ عوامل مضادة لتجلط الدم - Antihemophilic factors- Factor VIII (FVIII) is an essential blood-clotting protein, also known as anti-hemophilic factor (AHF). In humans, factor VIII is encoded by the *F8* gene.^{[1][2]} Defects in this gene results in hemophilia A, a recessive X-

linked coagulation disorder

■ العلاج الجيني^(٨٥) : الهندسة الوراثية للبشر، بإستبدال الجينات المعيبة بأخرى فعالة, يحدث هذا في الأنسجة الجسدية^(٨٦) أو سلالة الأنسجة الجرثومية^(٨٧). تم دراسة العلاج الجيني الجسدي في البحوث السريرية للعديد من الأمراض، بما في ذلك نقص المناعة المكتسبة المجمعّة الشديدة^(٨٨)، سرطان الدم الليمفاوي المزمن، ومرض باركنسون. في عام ٢٠١٢، أصبح الجين (تبارفوفيك البوجين)^(٨٩) الأول للعلاج الجيني المعتمد للإستخدام السريري وفيما يتعلق بسلالة الأنسجة الجرثومية للعلاج الجيني، فقد عارض المجتمع العلمي محاولات تغيير الجينات في البشر بطرق قابلة للتوريث بإستخدام التكنولوجيا الحيوية منذ بدأت لأول مرة، وإستمر الحذر، مع تقدم التكنولوجيا. مع ظهور تقنيات جديدة مثل (ك ر ي س ب ر) تكرار تجمع الجملة القصيرة المتباعدة بإنتظام^(٩٠).

فرض العلماء حظر عالمي في مارس ٢٠١٥ على الإستخدام السريري لتحرير تكنولوجيات الجينات لتحرير الجينوم البشري بطريقة التي يمكن أن تكون متوارثة, في أبريل عام ٢٠١٥

٨٥ العلاج الجيني (Gene therapy is the therapeutic delivery of nucleic acid polymers into a patient's cells as a drug to treat disease

٨٦ الأنسجة الجسدية (The term somatic is often used in biology to refer to the cells of the body in contrast to the germ line cells which usually give rise to the gametes (ovum or sperm).

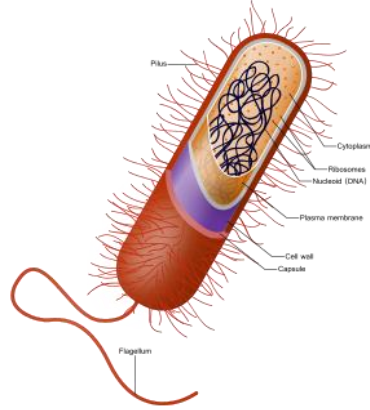
٨٧ سلالة الأنسجة الجرثومية (germline in a multicellular organism is that population of its bodily cells that are so differentiated or segregated that in the usual processes of reproduction they may pass on their genetic material to the progeny

٨٨ نقص المناعة المكتسبة المجمعّة الشديدة (severe combined immunodeficiency (X-SCID) is an immunodeficiency disorder in which the body produces very few T cells and NK cells. In the absence of T cell help, B cells become defective

٨٩ الجين (تبارفوفيك البوجين) (Alipogene tiparvovec (marketed under the trade name Glybera) is a gene therapy treatment that compensates for lipoprotein lipase deficiency (LPLD), a rare inherited disorder which can cause severe pancreatitis

٩٠ تكرار تجمع الجملة القصيرة المتباعدة المتناوبة بإنتظام (spaced short palindromic Clustered regularly inter repeats (CRISPR), are segments of prokaryotic DNA containing short repetitions of base sequences. Each repetition is followed by short segments of "spacer DNA" from previous exposures to a bacterial virus or plasmid

أثار الباحثون الصينيون الجدل عندما سجلت نتائج تجارب البحوث الأساسية أن الحمض النووي غير قابل لحياة الأجنة البشرية باستخدام تكرار تجمع الجملة القصيرة المتباعدة المتناوبة بانتظام , في ديسمبر ٢٠١٥ طالب العلماء من أكاديميات العالم الرئيسية إلى وقف الإختبارات للتعديلات القابلة لتوريث الجينوم البشري، بما في ذلك تلك المتعلقة بتكنولوجيات تكرار تجمع الجملة القصيرة المتباعدة المتناوبة بانتظام . وهناك أيضا المخاوف الأخلاقية التي ينبغي أن تستخدم التكنولوجيا ليس فقط للعلاج ، ولكن لتعزيز أو تعديل أو تغيير من مظهر البشر، والقدرة على التكيف والذكاء والشخصية أو السلوك, الفرق بين العلاج والتعزيز يمكن أيضا أن يكون صعبا للتنفيذ, يعتبر التحول الإنساني^(٩١) لتعزيز قدرات البشر مرغوب فيه.



الشكل (٣ - ١٧) رسم تخطيطي لخلية بكتيريا بدائية نموذجية

الهندسة الوراثية هي أداة مهمة لعلماء البيئة ، يتم تحويل الجينات والمعلومات الجينية الأخرى من مجموعة واسعة من الكائنات إلى بكتيريا للتخزين والتعديل، وخلق البكتيريا المعدلة وراثيا في هذه العملية. البكتيريا رخيصة، من السهل أن تنمو، تستنسخ ، وتتضاعف بسرعة، وسهلة نسبيا للتحويل ويمكن تخزينها في - ٨٠ درجة مئوية إلى أجل غير مسمى تقريبا كما

٩١ التحول الإنساني - Transhumanism (abbreviated as H+ or h+) is an international and intellectual movement that aims to transform the human condition by developing and creating widely available sophisticated technologies to greatly enhance human intellectual, physical, and psychological capacities

يمكن تخزين الجينات المعزولة داخل البكتيريا لتوفير إمدادات غير محدودة للبحث. تهندس الكائنات وراثيا لإكتشاف وظائف جينات معينة ويمكن أن يكون التأثير على النمط الظاهري للكائن الحي، حيث يتم التعبير عن هذا الجين أو الجينات التي تتفاعل معها . تشمل هذه التجارب عادة فقدان وظيفة، وكسب وظيفة، والتتبع والتعبير.

➤ تجارب فقدان وظيفة، كما هو الحال في تجربة تعطيل وظيفة مورثة ، التي تم تصميم الكائن الحي فيها يفتقر إلى نشاط واحد أو أكثر من الجينات وتنطوي تجربة خروج المغلوب خلق تلاعب في تكوين الحمض النووي في المختبر ، والتي تتكون من نسخة من الجين المطلوب، والذي تم تعديله بحيث يغير وظيفة. تدمج الخلايا الجذعية الجنينية مع الجين المتغير ، الذي يحل محل نسخة وظيفية موجودة بالفعل، يتم حقن هذه الخلايا الجذعية في بنية كبسة أريمية^(٩٢) ، ويتم زرعها في الأمهات البديلات، وهذا يسمح بتحليل العيوب التي تسببها هذه الطفرة ، وتحديد دور جينات معينة يتم إستخدامها في كثير من الأحيان وخاصة في تطور البيولوجيا. طريقة أخرى، مفيدة في الكائنات الحية مثل ذبابة الفاكهة ، للبحث على حدوث طفرات في عدد كبير من السكان ومن ثم فحص ذرية الطفرة المنشودة، يمكن أن تستخدم عملية مشابهة في كل من النباتات والكائنات بدائية النوى^(٩٣) . تعلمنا فقدان وظيفة ما إذا كان أو البروتين غير مطلوب للوظيفة، ولكن هذا لا يعني دائما أنها كافية، خصوصا إذا كانت الوظيفة تتطلب بروتينات متعددة وتفقد الوظيفة في حالة فقدان بروتين واحد.

٩٢ حقن هذه الخلايا الجذعية في أكياس أريمية (الكيسة بنية تشكلت في التطور المبكر للتدييات. وهي تمتلك كتلة خلايا داخلية (ICM) الذي يشكل في وقت لاحق الجنين. الطبقة الخارجية الكيسة يتكون من الخلايا التي تسمى مجتمعة تروفوبلاست. هذا يحيط طبقة الخلية الداخلية الجماهيري والمعروفة باسم بلاستوكولي تجويف مملوءة بسائل). (blastocyst is a structure formed in the early development of mammals. It possesses an inner cell mass (ICM) which subsequently forms the embryo. The outer layer of the blastocyst consists of cells trophoblast. This layer surrounds the inner cell mass and a fluid-filled collectively called the cavity known as the blastocoele.

٩٣ الكائنات بدائية النوى (-) A prokaryote is a single-celled organism that lacks a membrane-bound nucleus (karyon), mitochondria, or any other membrane-bound organelle

➤ تجارب كسب وظيفة، ونظيرها المنطقي فقدان وظيفة، يتم تنفيذ هذه التجارب بالتزامن مع تجارب خروج المغلوب لإنشاء وظيفة الجين المطلوبة بدقة أكثر، هذه العملية هي تقريبا نفس تجارب خروج المغلوب، إلا أن البناء يهدف إلى زيادة وظيفة الجين، عادة من خلال توفير نسخ إضافية من الجين أو التحريض على توليف البروتين بشكل أكثر تواترا. يستخدم كسب وظيفة لمعرفة ما إذا كان أو أن البروتين غير كاف للوظيفة، ولكن هذا لا يعني دائما أنه هو المطلوب وخاصة عند التعامل مع التكرار الوظيفي للجين الوراثي. تتبع التجارب، التي تسعى للحصول على معلومات حول توطين وتفعيل البروتين المطلوب، طريقة واحدة للقيام بذلك بإحلال جينات من النوع المتوحش مع جينات "الانصهار"، التي تجاور الجين من النوع المتوحش مع وجود عنصر التقارير مثل البروتين الفلوري الأخضر^(٩٤) الذي يسمح بتصوير سهل من المنتجات للتعديل الوراثي وهي تقنية مفيدة، ويمكن أن يدمر التلاعب وظيفة الجين، وخلق تأثيرات ثانوية وربما التشكيك في نتائج التجربة. تقنيات أكثر تطورا هي الآن في مرحلة التطوير التي يمكن أن تتبع منتجات البروتين دون تخفيف وظيفتها، مثل إضافة متواليات صغيرة من شأنها أن تخدم كزخارف ملزمة للأجسام المضادة وحيدة الإستنساخ.

➤ تهدف دراسات التعبير إلى إكتشاف أين ومتى يتم إنتاج بروتينات معينة، في هذه التجارب، تسلسل الحمض النووي الذي يرمز للبروتين، والمعروف بإسم الجين المروج، وأعادته إلى الكائن الحي مع منطقة بروتين الترميز الذي أستبدل بالجين المروج مثل البروتين الفلوري الأخضر أو الإنزيم الذي يحفز إنتاج الصبغة، وهكذا يمكن ملاحظه إنتاج بروتين معين في الوقت والمكان الذي يتم فيه. يمكن أن تعتبر دراسات التعبير خطوة أخرى إلى الأمام عن طريق تغيير الجين المروج للعثور على القطع التي تعتبر حاسمة بالنسبة للتعبير السليم لهذا الجين ولا بد فعلا إلزام البروتينات بعامل النسخ؛ وتعرف هذه العملية بإسم تقريع

٩٤ البروتين الفلوري الأخضر (GFP) is a protein composed of green fluorescent protein (GFP) is a protein composed of 238 amino acid residues (26.9 kDa) that exhibits bright green fluorescence when exposed to light in the blue to ultraviolet range

المروج^(٩٥). باستخدام تقنيات الهندسة الوراثية يمكن أن تتحول الكائنات الدقيقة مثل البكتيريا أو الخميرة، أو تحويل الخلايا من الكائنات متعددة الخلايا مثل الحشرات أو الحيوانات الثديية، مع ترميز الجين للبروتين المفيد، مثل إنزيم، حيث أنه سيتم تحويل الكائن الحي أكثر من التعبير عن البروتين المطلوب، يمكن تصنيع كميات كبيرة من البروتين من خلال زراعة الكائن الذي تم تحويله في مفاعل حيوي باستخدام تقنيات التخمير الصناعي، ومن ثم تنقية البروتين. بعض الجينات لا تعمل بشكل جيد في البكتيريا، مثل خلايا الخميرة، وخلايا الحشرات، أو خلايا الثدييات، كل منها يشتمل على نواة حقيقية، يمكن أن تستخدم هذه التقنيات لإنتاج الأدوية مثل الأنسولين، هرمون النمو البشري^(٩٦)، واللقاحات، والمكملات مثل التربتوفان^(٩٧)، والمساعدة في إنتاج المواد الغذائية (الكيموسين^(٩٨) في صنع الجبن) والوقود. التطبيقات الأخرى التي تشمل البكتيريا المعدلة وراثيا التي يجري التحقيق فيها وتنطوي على تمكين البكتيريا من أداء مهام خارج الدورة الطبيعية، مثل صنع الوقود الحيوي^(٩٩)، تنظيف بقع الزيت والكربون وغيرها من النفايات السامة^[٩٨] والكشف عن مادة الزرنيخ في مياه الشرب. يمكن أن تستخدم أيضا بعض الميكروبات المعدلة وراثيا في التعدين

٩٥ تقريب المروج (Promoter bashing is a technique used in molecular biology to identify how certain regions of a DNA strand, commonly promoters, affect the transcription of downstream genes.

Under normal circumstances, proteins bind to the promoter and activate or repress transcription
٩٦ هرمون النمو البشري (Growth hormone (GH), also known as somatotropin (or as human growth hormone [hGH or HGH] in its human form), is a peptide hormone that stimulates growth, cell reproduction, and cell regeneration in humans and other animals

٩٧ المكملات مثل التربتوفان (Tryptophan (abbreviated as Trp or W; encoded by the codon UGG) is an α -amino acid that is used in the biosynthesis of proteins.

٩٨ الكيموسين (Chymosin or rennin is a protease found in rennet. It is an aspartic endopeptidase belongs to MEROPS A1 family.

٩٩ الوقود الحيوي (biofuel is a fuel that is produced through contemporary biological processes, such as agriculture and anaerobic digestion, rather than a fuel produced by geological processes such as those involved in the formation of fossil fuels, such as coal and petroleum, from prehistoric biological matter

الحيوى^(١٠٠) والمعالجة البيولوجية ، وذلك بسبب قدرتها على إستخراج المعادن الثقيلة من بيئتها ودمجها في المركبات التي هي أكثر للإسترداد بسهولة. في علم المواد ، أستخدم فيروس معدل وراثيا في مختبر أكاديمي كسقالة لتجميع بطارية ليثيوم - أيون صديقة للبيئة. وقد تم تصميم البكتيريا لتكون بمثابة أجهزة الإستشعار للتعريف عن بروتين فلوري تحت ظروف بيئية معينة. زراعة المحاصيل المعدلة وراثي وهي أحد أشهر تطبيقات الهندسة الوراثية والمثيرة للجدل لخلق وإستخدام المحاصيل المعدلة وراثيا أو الكائنات الحية المعدلة وراثيا ، مثل الأسماك المعدلة وراثيا ، والتي تستخدم لإنتاج الأغذية المعدلة وراثيا والمواد ذات الإستخدامات المختلفة. هناك أربعة أهداف رئيسية في توليد المحاصيل المعدلة وراثيا، هدف واحد، وأول لتحقيقه تجاريا، هو توفير الحماية من التهديدات البيئية، مثل البرد (في حالة وجود الثلج ناقص البكتيريا)، أو مسببات الأمراض، مثل الحشرات أو الفيروسات، و / أو مقاومة لمبيدات الأعشاب . هناك أيضا المحاصيل الفطرية ومقاومة الفيروسات المتقدمة أو في حالة تطور والتي تطورت لجعل إدارة الحشرات والأعشاب الضارة للمحاصيل أسهل وغير مباشر لزيادة غلة المحاصيل. هدف آخر في توليد الكائنات المعدلة وراثيا هو تعديل نوعية الإنتاج، على سبيل المثال، زيادة القيمة الغذائية أو توفير صفات مفيدة أكثر صناعيا أو زيادة الكميات. منها نوع من البطاطس المعدل وراثيا والمعروف بإسم (أمفلورا)^(١٠١)، تنتج مزيجا أكثر فائدة صناعيا من النشويات.

وقد تم هندسة الأبقار وراثيا لإنتاج المزيد من البروتين في الحليب لتسهيل إنتاج الجبن، فول الصويا والكانولا تم تعديلها وراثيا لإنتاج زيوت أكثر صحيا.

١٠٠ التعدين الحيوى Biomining is an approach to the extraction of desired minerals from ores. Microorganisms used to leach out the minerals, rather than the traditional methods of extreme heat or toxic chemicals, which have a deleterious effect on the environment

١٠١ نوع من البطاطس المعدل وراثيا والمعروف بإسم (أمفلورا) (Amflora' is a genetically modified potato cultivar developed by BASF Plant Science. 'Amflora' potato plants produce pure amylopectin starch that is processed to waxy potato starch

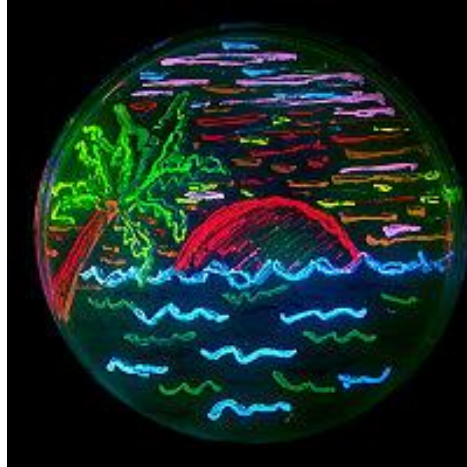
هدف آخر يتكون من تمكين الكائنات المعدلة وراثيا لإنتاج المواد التي لا تنتجها عادة مثال واحد هو التزريع (١٠٢)، والذي يستخدم المحاصيل كمفاعلات حيوية لإنتاج اللقاحات، ووسائط لأدوية، أو الأدوية نفسها ، يتم تنقيته المنتج المفيد ويستخدم بعد ذلك في عملية إنتاج الأدوية القياسية. قد تم هندسة الأبقار والماعز وراثيا للتعبير عن الأدوية وغيرها من البروتينات في حليبها، وفي عام ٢٠٠٩ إعتمدت إدارة الأغذية والعقاقير أحد الأدوية المنتجة من حليب الماعز. هدف آخر في توليد الكائنات المعدلة وراثيا، هو تحسين مباشر للعائد من خلال تسريع النمو، أو جعل الكائن المعدل وراثيا أكثر صلابة (للنباتات، عن طريق تحسين الملح والبرد أو تسامح الجفاف (١٠٣)). تم تعديل سمك السلمون وراثيا ولك بنمو هرمونات لزيادة حجمها. يمكن أن تزيد الهندسة الوراثية من معدلات النمو للمحاصيل الزراعية والمقاومة للأمراض المختلفة التي تسببها الجراثيم والطفيليات لأنه يمكن أن يزيد بدرجة كبيرة من إنتاج مصادر الغذاء مع استخدام عدد أقل من الموارد المطلوبة لإستضافة سكان العالم المتزايد، ومن شأنها المحاصيل المعدلة وأيضا التقليل من استخدام المواد الكيميائية، مثل الأسمدة والمبيدات ، وبالتالي تقلل من شدة وتواتر الأضرار الناتجة عن التلوث بالمواد الكيميائية . وقد أثيرت المخاوف الأخلاقية والسلامة حول استخدام الأغذية المعدلة وراثيا وهناك قلق رئيسي يتعلق بالسلامة والتأثير على صحة الإنسان من تناول الأغذية المعدلة وراثيا، على وجه الخصوص

١٠٢ التزريع (Pharming, a portmanteau of "farming" and "pharmaceutical", refers to the use of genetic engineering to insert genes that code for useful pharmaceuticals into host animals or plants that would otherwise not express those genes, thus creating a genetically modified organism (GMO). Pharming is also known as molecular farming or biopharming

١٠٣ تسامح الجفاف (Drought tolerance refers to the degree to which a plant is adapted to arid or drought conditions. *Desiccation tolerance* is an extreme degree of drought tolerance. Plants naturally adapted to dry conditions are called *xerophytes*.

سواء من تفاعلات سامة أو الحساسية التي يمكن أن تحدث. التدفق الجيني المتعلق بالمحاصيل الغير معدلة وراثيا، من إيقاف الآثار المستهدفة على الكائنات النافعة المفيدة والتأثير على التنوع البيولوجي^(١٠٤) والتي تعتبر من القضايا البيئية الهامة. تنطوي المخاوف الأخلاقية على القضايا الدينية ، مراقبة شركات الإمدادات الغذائية ، حقوق الملكية الفكرية ومستوى وضع العلامات اللازمة على المنتجات المعدلة وراثيا .

➤ الفنون الحيوية والترفيه: كما يجري استخدام الهندسة الوراثية لخلق فن حيوى (١٠٥)



الشكل (٣ - ١٨) فن الحيوى، مرسوم من البكتريامعبرة عن ٨ ألوان مختلفة من البروتينات الفلورية
أستخدمت بعض البكتيريا المعدلة وراثيا لخلق صور بالأبيض والأسود كما تم استخدام
الهندسة الوراثية لإنشاء عناصر جديدة مثل القرنفل الخزامى الملون والورود
الزرقاء ، والأسماك المتوهجة .

١٠٤ التنوع البيولوجي (Biodiversity, a contraction of "biological diversity," generally refers to)
the variety and variability of life on Earth.

١٠٥ فن حيوى (BioArt is an art practice where humans work with live tissues, bacteria, living)
organisms, and life processes. Using scientific processes such
as biotechnology (including technologies such as genetic engineering, tissue culture,
and cloning) the artworks are produced in laboratories, galleries, or artists' studios



الشكل (٣ - ١٩) القرنفل الخزامى الملون والورود الزرقاء ، والأسماك المتوهجة

٣ - ١٢ تنظيم الهندسة الوراثية وتنظيم وإطلاق الكائنات المحورة وراثيا

يتعلق تنظيم الهندسة الوراثية بالنهج الذي إتخذته الحكومات لتقييم وإدارة المخاطر المرتبطة بتطوير وإطلاق المحاصيل المعدلة وراثيا. هناك إختلافات في تنظيم المحاصيل المعدلة وراثيا بين البلدان، يختلف التنظيم في بلد معين اعتمادا على الإستخدام المقصود لمنتجات الهندسة الوراثية على سبيل المثال، المحاصيل الغير مخصصة للإستخدام الغذائي لا يعاد النظر فيها من قبل السلطات المسؤولة عن سلامة الأغذية. ابتداء من ١٩٨٠، ظهرت توجيهات بشأن تقييم سلامة النباتات المهندسة وراثيا والمواد الغذائية من المنظمات بما في ذلك منظمة الأغذية والزراعة ومنظمة الصحة العالمية.

❖ الجدل حول الأغذية المعدلة وراثيا والهندسة الوراثية البشرية

إعترض النقاد على إستخدام الهندسة الوراثية في حد ذاتها لعدة أسباب، منها المخاوف الأخلاقية، والمخاوف البيئية، والمخاوف الإقتصادية التي أثارها حقيقة تقنيات الكائنات المعدلة وراثيا والتي تخضع لقانون الملكية الفكرية، تشارك الكائنات المعدلة وراثيا أيضا في الجدل حول الأغذية المعدلة وراثيا فيما يتعلق سواء الأغذية المنتجة من المحاصيل المعدلة وراثيا إن كانت آمنة أو غير آمنة ، ما إذا كان ينبغي أن يوضح المسمى على المنتج ، وعما إذا كانت هناك حاجة للمحاصيل المعدلة وراثيا لتلبية الإحتياجات الغذائية في العالم. تعتبر الخلافات على الأغذية المعدلة وراثيا تستحق مناقشة القضايا حول المحاصيل المعدلة وراثيا والأغذية

المعدلة وراثيا والتي أدت هذه الخلافات إلى التقاضي، والنزاعات التجارية الدولية، والإحتجاجات، وتنظيم قيود على المنتجات التجارية في بعض البلدان.

٣ - ١٣ الهندسة الوراثية (١٠٦) وكيف يعمل

الهندسة الوراثية هي مجموعة من التقنيات المستخدمة لتغيير التركيب الوراثي للخلايا، بإضافة الحمض النووي الجديد يدويا الى كائن حي بما في ذلك نقل الجينات داخل وعبر حدود الأنواع والهدف من ذلك هو إضافة سمة أو أكثر من السمات الجديدة التي لم يتم العثور عليها بالفعل في هذا الكائن الحي لإنتاج كائنات محسنة. أمثلة للكائنات المعدلة وراثيا (جينيا) والمتواجدة حاليا في الأسواق تشمل النباتات المقاومة لبعض الحشرات والنباتات التي يمكنها أن تحمل مبيدات الأعشاب والمحاصيل المنتجة لزيوت معدلة. تشمل الهندسة الوراثية تقنيات متطورة للتلاعب بالمادة الوراثية وغيرها من المواد الكيميائية الهامة من الناحية البيولوجية حيث أن الجينات هي المخططات الكيميائية التي تحدد سمات الكائن الحي. عن طريق الهندسة الوراثية، يمكن أن تحقق الكائنات بمجموعات مستهدفة من جينات جديدة وتركيبات جديدة من الصفات التي لا تحدث في الطبيعة، والتي لا يمكن تطويرها بوسائل طبيعية، هذا النهج يختلف عن النباتات الكلاسيكية وتربية الحيوانات، والتي تعمل من خلال تقنيات الإختيار عبر أجيال عديدة لسمات مرغوبة. تعمل التربية التقليدية على الصفات، والإختيار بشكل غير مباشر للجينات، في حين أن التكنولوجيا الحيوية تستهدف الجينات للتأثير على الصفات. تتميز التكنولوجيا الحيوية بإمكانياتها في تسريع معدل التقدم وكفاءة التربية وحتى يمكن إستيعاب كيفية عمل الهندسة الوراثية، هناك بعض المفاهيم البيولوجية الأساسية التي يجب إستيعابها حيث أن الصفات الوراثية تأتي من الجينات في الخلية، يمكن أن تنتج سمة جديدة بوضع جزء جديد من الحمض النووي في الخلايا على سبيل المثال، يمكن إعطاء الأرز جينات من الذرة

١٠٦ الهندسة الوراثية (Genetic engineering, also called genetic modification, is the direct manipulation of an organism's genome using biotechnology. It is a set of technologies used to change the genetic makeup of cells, including the transfer of genes within and across species boundaries to produce improved or novel organisms

مع بكتريا التربة بحيث ينتج الأرز بيتا كاروتين^(١٠٧) ، الذي يحوله الجسم إلى فيتامين (أ) .
جين آخر يوضع في بعض المحاصيل يأتي من البكتيريا^(١٠٨) يصنع بروتين المبيدات الحشرية^(١٠٩) لقتل الحشرات التي تأكل النباتات، والغير مؤذية للبشر. يتم وضع جينات جديدة في المحاصيل قبل نموها، وبالتالي فإن الجينات تتواجد في كل جزء من النبات، بما في ذلك البذور.



الشكل (٣ - ٢٠) محاصيل مثل الذرة وأسمك زينة معدلة وراثيا والصورة على اليمين لهجين أسد/نمر
ترث ذرية النبات جينات جديدة، مما أدى إلى القلق بشأن إنتشار سمات جديدة في النباتات
البرية كما يجري تطوير هذا النوع من التكنولوجيا المستخدمة في الهندسة الوراثية لعلاج

١٠٧ الأرز بيتا كاروتين (مادة عضوية ذات صبغات وفيرة) - β -Carotene is an organic, strongly colored red pigment abundant in plants and fruits. It is a member of the carotenes, which are terpenoids (isoprenoids), synthesized biochemically from eight isoprene units and thus having 40 carbons. Among the carotenes, β -carotene is distinguished by having beta-rings at both ends of the molecule. β -Carotene is biosynthesized from geranylgeranyl pyrophosphate

١٠٨ جين آخر (مبيد حشرى) يوضع في بعض المحاصيل يأتي من البكتيريا
Bacillus thuringiensis (or Bt) is a Gram-positive, soil-dwelling bacterium, used as a biological pesticide. *B. thuringiensis* also occurs naturally in the gut of caterpillars of various types of moths and butterflies, as well on leaf surfaces, aquatic environments, animal feces, insect-rich environments, and flour mills and grain-storage facilities

١٠٩ لمبيدات الحشرية - The insecticide kills insects that eat the plants, but is harmless to people

الأشخاص الذين يعانون من اضطرابات وراثية^(١١٠) في تقنية طبية تجريبية تسمى العلاج الجيني^(١١١). ومع ذلك، يتم وضع الجين الجديد بعد أن ينمو الشخص ويمرض، لذلك لا يتم توريث الجين الجديد لأبنائهم، العلاج الجيني يعمل عن طريق محاولة ليحل محل الأليل المسبب للمرض مع أليل يعمل بشكل صحيح، تسمى الهندسة الوراثية أيضا التعديل الوراثي، وهو التلاعب المباشر لكائن حي (الجينوم)^(١١٢) باستخدام التكنولوجيا الحيوية^(١١٣). التكنولوجيا الحيوية عبارة عن مجموعة من التقنيات المستخدمة لتغيير التركيب الوراثي للخلايا، بما في ذلك نقل الجينات داخل وعبر حدود الأنواع لإنتاج محسن أو الى كائنات حية جديدة، يمكن إدراج الحمض النووي الجديد في الجينوم المضيف من خلال عزل ونسخ المادة الوراثية ذات الإهتمام باستخدام طرق الإستنساخ الجزيئي^(١١٤) لتوليد تسلسل الحمض النووي، أو عن طريق توليف الحمض النووي، ومن ثم إدخال هذا التكوين في الكائن المضيف. يمكن إزالة الجينات ، أو خروجها باستخدام أنزيم نوكلياز^(١١٥).

١١٠ اضطرابات وراثية - A genetic disorder is a genetic problem caused by one or more abnormalities in the genome, especially a condition that is present from birth (congenital). Most genetic disorders are quite rare and affect one person in every several thousands or millions

١١١ العلاج الجيني - Gene therapy is the therapeutic delivery of nucleic acid polymers into a patient's cells as a drug to treat disease

١١٢ كائن حي (الجينوم) - the genome is the genetic material of an organism. It consists of DNA (or RNA in RNA viruses). The genome includes both the genes and the non-protein-coding information of the DNA/RNA

١١٣ التكنولوجيا الحيوية - Biotechnology is the use of living systems and organisms to develop or make products, or "any technological application that uses biological systems, living organisms or derivatives thereof, to make or modify products or processes for specific use

١١٤ الإستنساخ الجزيئي - Molecular cloning is a set of methods in molecular biology that are used to recombinant DNA molecules and to direct their replication within host organisms assemble

١١٥ أنزيم نوكلياز - A nuclease is an enzyme capable of cleaving the phosphodiester bonds between the nucleotide subunits of nucleic acids

إستهداف الجينات^(١١٦) هي تقنية مختلفة تستخدم إعادة التركيب المثلي^(١١٧) لتغيير الجينات الذاتية، ويمكن إستخدامها لحذف الجينات، إزالة الإكسونات^(١١٨)، إضافة الجين، أو إدخال نقاط طفرات . يعتبر الكائن الحي الذي تم توليدته من خلال الهندسة الوراثية كائن معدل وراثيا^(١١٩). أستخدمت تقنيات الهندسة الوراثية في مجالات عديدة بما في ذلك البحوث، والزراعة، والتكنولوجيا الحيوية الصناعية، والطب. الإنزيمات المستخدمة في مساحيق الغسيل والأدوية مثل الأنسولين وهرمون النمو البشري يتم تصنيعها الآن في الخلايا المعدلة وراثيا، خطوط الخلايا والحيوانات المعدلة وراثيا مثل الفئران المستخدمة لأغراض البحث، كما تم إنتاج بعض المحاصيل المعدلة وراثيا^(١٢٠). تغير الهندسة الوراثية السمات الوراثية لكائن حي بإستخدام التقنيات التي تعمل على إزالة المواد الموروثة أو إدخال الحمض النووي الذي يتم إعداده خارج الكائن إما مباشرة إلى الخلايا المضيفة أو في خلية ثم صهرها أو تهجينها^(١٢١) مع الخلية المضيفة. ويشمل ذلك إستخدام تقنيات الحمض النووي المؤتلف^(١٢٢) لتشكيل مجموعات جديدة من المادة الجينية الموروثة ثم تدرج إما بشكل غير مباشر من خلال

١١٦ إستهداف الجينات – homologous recombination to Gene targeting is a genetic technique that uses a gene. The method can be used to delete a gene, remove exons, add an endogenous change in a gene, and introduce point mutations

١١٧ إعادة التركيب المثلي (Homologous recombination is a type of genetic recombination in) which nucleotide sequences are exchanged between two similar or identical molecules of DNA.

١١٨ الإكسونات (An exon is any part of a gene that will become a part of the final) mature RNA produced by that gene after introns have been removed by RNA splicing

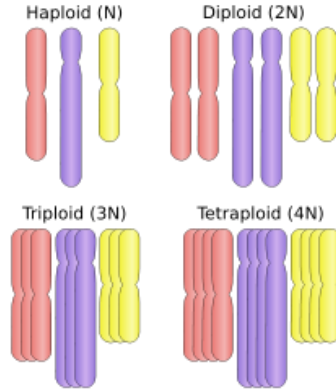
١١٩ كائن معدل وراثيا (genetically modified organism (GMO) is any organism whose genetic material) has been altered using genetic engineering techniques

١٢٠ المحاصيل المعدلة وراثيا (Genetically modified crops crops are plants used in agriculture,) the DNA of which has been modified using genetic engineering techniques. In most cases, the aim is to introduce a new trait to the plant which does not occur naturally in the species. Examples in food crops include resistance to certain pests, diseases, or environmental conditions, reduction of spoilage, or resistance to chemical treatments

١٢١ تهجين (a genetic hybrid carries two different alleles of the same gene)

١٢٢ الحمض النووي المؤتلف (RNA أو DNA)

نظام ناقل أو مباشرة من خلال الحقن الجزئي ، أو حقن كلي وكبسلة دقيقة^(١٢٣) للتقنيات. عادة لا تشمل الهندسة الوراثية الحيوانات التقليدية وتربية النبات ، التخصيب في المختبر^(١٢٤) ، تأثير تعدد الصيغ الصبغية^(١٢٥) ، الطفرات وإنصهار الخلية هي التقنيات التي لا تستخدم الأحماض النووية المؤتلفة أو كائن المعدل وراثيا في هذه العملية.



الشكل (٣ - ٢١) مجموعات تيترا بلويد من الكروموزومات المفردة والمزدوجة، الثلاثية والرباعية أمثلة لتعدد الصيغ الصبغية

ولكن المفوضية الأوروبية لديها أيضا تعريف للهندسة الوراثية على نطاق واسع لتشمل التربية الانتقائية وغيرها من وسائل الانتقاء الإصطناعي.

١٢٣ كبسلة دقيقة (Micro-encapsulation is a process in which tiny particles or droplets are surrounded by a coating to give small capsules, of many useful properties

١٢٤ التخصيب في المختبر - Vitro fertilisation is a process by which an egg is fertilised by sperm outside the body: in vitro("in glass"). The process involves monitoring and stimulating a woman's ovulatory process, removing an ovum or ova (egg or eggs) from the woman's ovaries and letting sperm fertilise them in a liquid in a laboratory. The fertilised egg (zygote) is cultured for 2-6 days in a growth medium and is then implanted in the same or another woman's uterus, with the intention of establishing a successful pregnancy.

١٢٥ تأثير تعدد الصيغ الصبغية (Polyploid cells and organisms are those containing more than two paired (homologous) sets of chromosomes.

على الرغم من عدم إعتبار بحوث الإستنساخ^(١٢٦) والخلايا الجذعية^(١٢٧) من فروع الهندسة الوراثية ، إلا أنها ترتبط معها إرتباطا وثيقا . علم الأحياء الإصطناعية^(١٢٨) هو الإنضباط الناشئ لإعتبار الهندسة الوراثية خطوة إلى الأمام عن طريق توليف مواد بشكل مصطنع من المواد الخام فى كائن حي. إذا تم إضافة مادة وراثية من أنواع أخرى إلى الخلايا المضيفة، فى هذه الحالة يسمى الكائن الحي الناتج كائن معدل وراثيا . إذا تم إستخدام المادة الوراثية من نفس النوع أو الأنواع التي يمكن أن تولد بشكل طبيعي مع الخلايا المضيفة يسمى الكائن الحي الناتج (سيسجينيك)^(١٢٩) ويمكن إستخدام الهندسة الوراثية أيضا لإزالة المادة الوراثية من الكائن المستهدف، وخلق جين حي جديد. يطلق على النباتات أو الحيوانات أو الكائنات الدقيقة التي تغيرت عن طريق الهندسة الوراثية بالكائنات المعدلة وراثيا. تعتبر البكتيريا الكائن الحي الأول المعدلة وراثيا ويحتوي بلازميد الحمض النووى على جينات جديدة يمكن إدراجها فى الخلية البكتيرية وسوف تقوم البكتيريا بالتعبير عن هذه الجينات. يمكن أن تكون هذه الجينات كرمز كودى للأدوية أو الإنزيمات التي تعالج المواد الغذائية وغيرها من الركائز . تم تعديل

١٢٦ الإستنساخ cloning is the process of producing similar populations of genetically identical individuals that occurs in nature when organisms such as bacteria, insects or plants reproduce asexually

١٢٧ الخلايا الجذعية - Stem cells are un differentiated biological cells that can differentiate into specialized cells and can divide (through mitosis) to produce more stem cells.

١٢٨ علم الأحياء الإصطناعية - Synthetic biology is an interdisciplinary branch of biology and engineering. The subject combines various disciplines from within these domains, such as biotechnology, evolutionary biology, molecular biology, systems biology, biophysics, computer engineering, and genetic engineering.

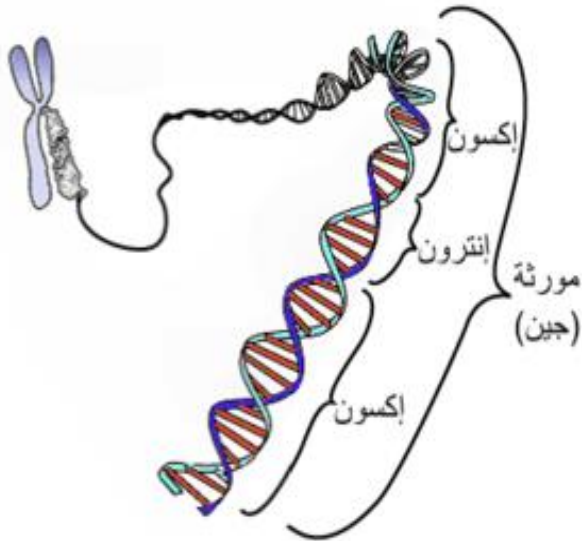
١٢٩ إذا تم استخدام المادة الوراثية من نفس النوع أو الأنواع التي يمكن أن تولد بشكل طبيعي مع الخلايا المضيفة يسمى الكائن الحي الناتج (سيسجينيك) - Cisgenesis is a product designation for a category of genetically

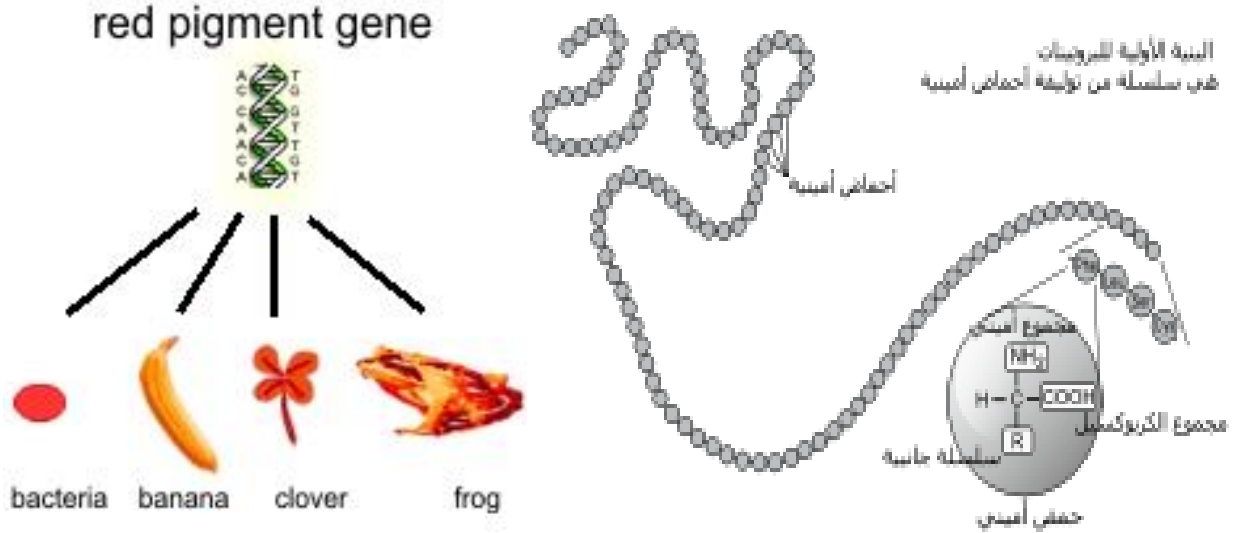
engineered plants. A variety of classification schemes have been proposed that order genetically modified organisms based on the nature of introduced genotypical changes, rather than the process of genetic engineering.

النباتات للحماية من الحشرات، ومقاومة مبيدات الأعشاب، ومقاومة الفيروس، وتعزيز التغذية، وتحمل الضغوط البيئية وإنتاج اللقاحات الصالحة للأكل. معظم الكائنات المعدلة وراثيا تتحمل مقاومة و/أو الحشرات ومبيدات لأعشاب نباتات تنمو بجانب المحاصيل. وقد أستخدمت الحيوانات المعدلة وراثيا للبحث ونماذج للحيوانات والمنتجات الزراعية أو للصناعات الدوائية. وتتميز الحيوانات المعدلة وراثيا، بزيادة القابلية لمقاومة المرض ، وزيادة هرمونات النمو والقدرة على التعبير عن البروتينات في حليبها.

٣ - ١٤ ما هو الحمض النووي؟

الحمض النووي هو سر الحياة وهو جزيء موجود في نواة كل خلية ويتكون من ٤ وحدات فرعية ممثلة بالحروف A، T، G، وC. ترتيب هذه الوحدات الفرعية في حبل الحمض النووي تحمل رمز المعلومات للخلية. تستخدم اللغة الوراثية ٤ رسائل توضيحية كإرشادات لكيفية صنع البروتينات التي يحتاج لها الكائن الحي للنمو وإستمرار حياته. الحمض النووي هو "لغة عالمية"، وهذا يعني أن الشفرة الوراثية تعني نفس الشيء في جميع الكائنات الحية.





الشكل (٣-٢٢) الحمض النووي "لغة عالمية"، والشفرة الوراثية مثل المورثات الصبغية الحمراء تعني نفس الشيء في جميع الكائنات الحية

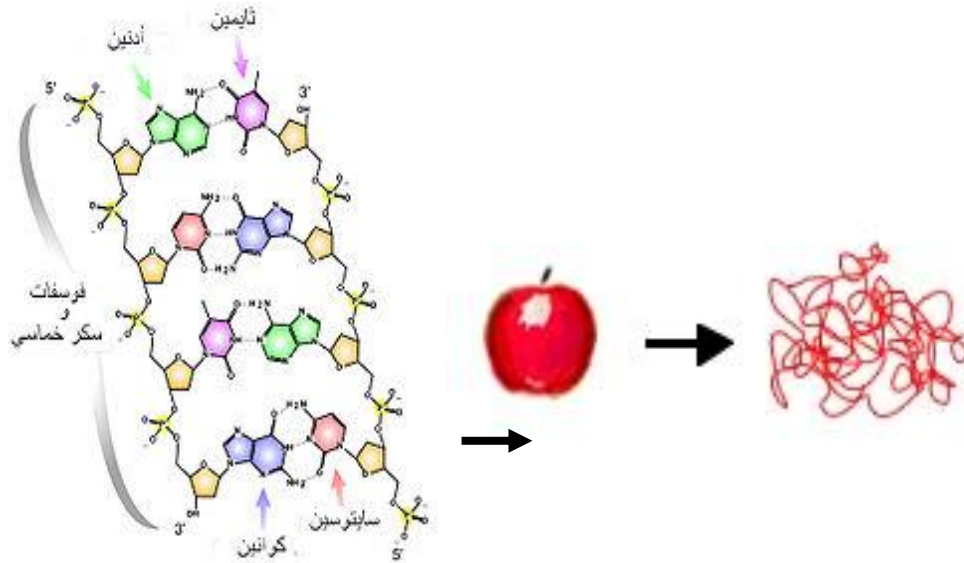
٣ - ١٥ كائنات جديدة

يمكن أن تنتج الطبيعة الكائنات الحية مع تركيبات وراثية جديدة من خلال التكاثر الجنسي فمثلا بقرة بنية ولدت من بقرة صفراء قد تنتج عجلا من لون جديد تماما ولكن الآليات الإنجابية تحد من عدد التركيبات الجديدة. المربي الذي يريد الحصول على بقرة أرجوانية مثلا يجب أن يكون قادر على الحصول على الجينات الأرجوانية الضرورية المتواجدة في مكان ما سواء في بقرة أو من أنواع قريبة من الأبقار. نجد إن المهندس الجيني لا يوجد لديه مثل هذا القيد فإذا كانت الجينات الأرجوانية متاحة في أي مكان في الطبيعة فمثلا في قنغد البحر أو قزحية - يمكن أن تستخدم هذه الجينات في محاولات لإنتاج الأبقار الأرجوانية وتتلخص خطوات العملية بمجرد وضع الهدف في الاعتبار كما يلي:

- ١ - العثور على الكائن الحي الذي يحتوي بشكل طبيعي على السمة المطلوبة
- ٢ - يتم استخراج الحمض النووي من الكائن الحي
- ٣ - الجين الواحد (الوصفة) المطلوب يجب أن يكون موجود ويمكن نسخه من الآلاف من الجينات التي تم استخراجها وهذا ما يسمى الإستنساخ الجيني

٤ - يجوز تعديل هذا الجين قليلا للعمل بالطريقة المرغوب فيها أكثر وذلك لمرة واحدة داخل الكائن المتلقي

٥ - يسمى الجين الجديد أو الجينات الجديدة التحوير ويتم إدخالها في خلايا الكائن المتلقي ويسمى هذا التحويل، تقنية التحويل الأكثر شيوعا تستخدم البكتيريا من نباتات تم هندستها وراثيا بحمضها النووي- يدخل الجين المحور في البكتيريا، التي تم إدخالها داخل خلايا الكائن المطلوب هندسته. تقنية أخرى تسمى أسلوب مدفع إطلاق الجينات التي تطلق جسيمات مجهرية من الذهب مغلفة بنسخ من الجينات المحورة داخل خلايا الكائن المستقبل. مع أي من التقنيتين فإن مهندسين الوراثة ليس لديهم السيطرة على المكان أو إذا ما تم إدراج الجينات المحورة في الجينوم ونتيجة لذلك، فإنه يحتاج مئات المحاولات لتحقيق عدد قليل من الكائنات المعدلة وراثيا.

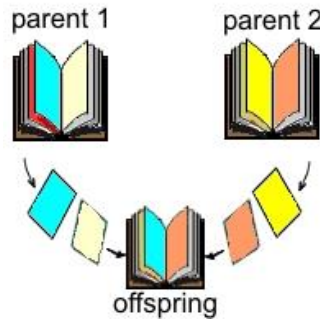


الشكل (٣-٢٣) إستخراج الحمض النووي والإستنساخ الجيني

٦) عندما يتم إنشاء الكائن المعدلة وراثيا، تستخدم التربية التقليدية لتحسين خواص المنتج النهائي. لذا فإن الهندسة الوراثية لا تلغي الحاجة إلى التربية التقليدية بل هي مجرد وسيلة لإضافة سمات جديدة إلى الكائنات هذه القدرة لم يسبق لها مثيل لخلط الجينات وهذا يعني أن مهندسين الوراثة يمكنهم تكوين مجموعات من الجينات التي لن تكون موجودة في الطبيعة.

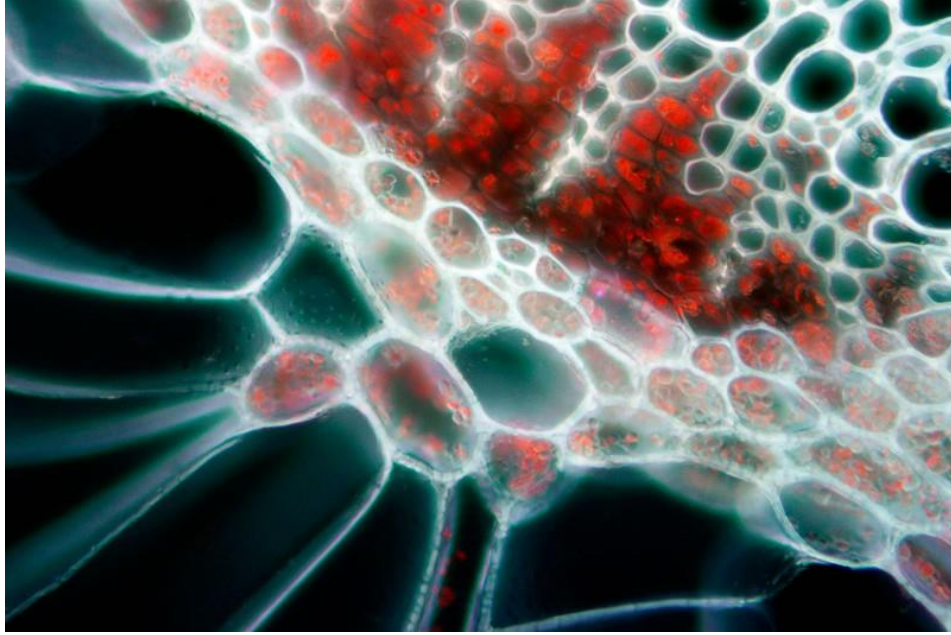
❖ الهندسة الوراثية بالمقارنة بالتربية التقليدية

على الرغم من أن الهدف من كل من الهندسة الوراثية وتربية النباتات التقليدية هو تحسين صفات كائن حي، فإن هناك بعض الإختلافات الرئيسية بينهما حيث أن الهندسة الوراثية تحرك الجينات يدويا من كائن حي إلى آخر، نجد أن التربية التقليدية تنقل الجينات من خلال التزاوج، أو من خلال كائنات حية على أمل الحصول على ذرية مع المزيج المستهدف من الصفات- قياسا على الوصفة، ولذلك، فإن نصف الجينات في النسل يأتي من كل من الوالدين.



الشكل (٣-٢٤) التربية التقليدية تنقل الجينات من خلال التزاوج

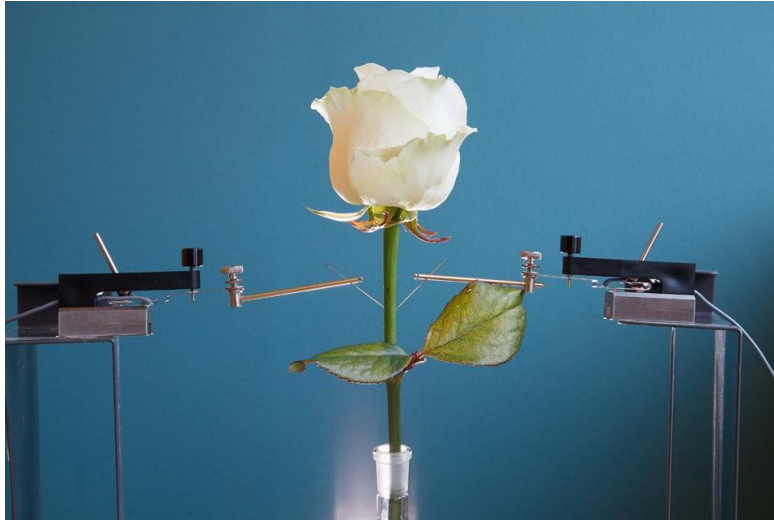
التربية التقليدية تساهم في تحسين الصفات، ومع ذلك، بالمقارنة مع الهندسة الوراثية، فليها عيوب، منذ كانت التربية تعتمد على قدرة رقيقين من الكائنات الحية لتحريك الجينات وتحسين السمة يقتصر أساسا على تلك الصفات الموجودة بالفعل داخل النوعين. الهندسة الوراثية من ناحية أخرى، يمكنها أن تزيل جسديا الجينات من كائن حي وتضعهم في الكائن الآخر وهذا يلغي الحاجة إلى التزاوج ويسمح لحركة الجينات بين الكائنات الحية من أي نوع ولذلك، فإن الصفات المحتملة التي يمكن إستخدامها هي غير محدودة تقريبا. التربية أيضا أقل دقة من الهندسة الوراثية، في التكاثر، يتم تمرير نصف الجينات من كل من الوالدين إلى الأبناء وقد يشمل ذلك العديد من الجينات الغير مرغوب فيها لصفات غير مطلوبة في الكائن الحي الجديد. الهندسة الوراثية، ومع ذلك، تسمح للحركة من جينات مفردة، أو عدد قليل من الجينات.



الشكل (٣ - ٢٥) ورود عادية عن طريق ملء أغصان شجرة الورد بمحلول بوليمر موصل

الوردة أو بأي اسم آخر يمكنها توصيل الكهرباء؟ لا تتداخل عادة عوالم النبات والإلكترونيات الإستهلاكية ولكنه تم دمج جهاز جديد يربط الإلكترونيات والكائنات الحية، الذي يعتبر خطوة نحو عالم يتم فيه ترابطا أكثر بين النباتات وأجهزة الكمبيوتر. وجاء هذا التطور في وقت سابق في مختبر في جنوب السويد الذي إستنبط دائرة إلكترونية من حديقة ورود عادية عن طريق ملء أغصان شجرة الورد بمحلول بوليمر موصل. ومن المعروف أن الأنسجة الحية المزروعة في أراضى طينية هي موصلة ولكن لأول مرة، حاول فريق المختبر معرفة ما إذا كان من الممكن نسج الإلكترونيات في جسم النبات - حيث وجدت صعوبة في المادة الموصلة المناسبة القابلة للذوبان في الماء مع خاصية التوصيل الكهربائي وتكون قادرة على التحرك خلال نظام وشكل الأوعية الدموية في أغصان النبات وتشكل أسلاك توصيل. في البداية العديد من المواد التي إستخدمت كانت مواد سامة لشجرة الورد، وتسببت في إنسداد الفتحات الجذعية

أو عدم التصاق المادة المستخدمة بالسطح الداخلي لأغصان النبات. وأخيرا، تم الإستدلال على مادة بولي الإثيلين ديوكسيثيوفيني^(١٣١)، وهي مادة بوليمر موصلة كلاسيكية مستخدمة في مجال الإلكترونيات التقليدية. أغرق الباحثون جذور أشجار الورد في الحديقة بمحلول بولي الإثيلين ديوكسيثيوفيني على مدى بضعة أيام وإزالة أوراق الشجر الخضراء ولم يتبقى سوى الساق والأغصان الخشبية، إمتصت شبكة الأغصان الخشبية بالنباتات محلول البوليمر الذي ترسب داخلها كمادة جيلاينية، عندما تم تقشير اللحاء الخارجي والأنسجة في الجزء السفلي من الساق، ظهرت المادة الممتصة الجيلاتينية كأنها أسلاك سوداء مرهفة ملفوفة في أغصان الورد. بعد الحصول على الصور الميكروسكوبية الجميلة، تبين أن هناك إمكانية إنشاء دائرة إلكترونية من حيث الأداء، وشكلت الأسلاك التي كانت معلقة فقط لبنة أساسية في مجال الحوسبة والإلكترونيات - تم تعليق أقطاب ومجسات من الذهب على طول شجرة الورد، ثم توصيلها بمقاومة خارجية حيث تدفق تيار كهربائي خلال الدائرة.



الشكل (٣ - ٢٦) بساتين الفاكهة مع تكنولوجيا الإستشعار لقياس مدى نقل الكهرباء في النباتات

١٣١ بولي الإثيلين ديوكسيثيوفيني (PEDOT) (dioxithiophene poly-ethylene)

في التجربة الثانية، تم تعريض أوراق الورد لمادة البولي الإيثيلين ديوكسيثيوفيني، وبالتالي تسربت مادة البوليمر في مسام أوراق الورد باستخدام غرفة الضغط الأساسية، عندما تدفق التيار عبر أوراق شجرة الورد، تم مشاهدة ألوانه من خلال تغير صوت ضعيف إستجابة للجهد الكهربائي. في عام ٢٠١٢، أدى ربط بساتين الفاكهة مع تكنولوجيا الإستشعار لقياس مدى نقل الكهرباء في النباتات من خلال تتبع ووضع تصور لتحركات اليد البشرية على طول جسم النبات كما تم تطوير عملية التمثيل الضوئي في النباتات من خلال عناصر نانو دفنت عميقا داخل البلاستيدات الخضراء الخاصة بالنباتات.

على الرغم من تطور الخطوات الأولية حول الحصول على دائرة إلكترونية من الورد بهدف الحصول على دوائر إلكترونية من النباتات ، إلا أن البعض حذر من خضوع كل من الساق والأوراق النباتية للتجربة حيث أنها لا تعتبر نموذجا مثاليا للدائرة الحياتية حيث يرى البعض إستخدام الإلكترونيات البيولوجية الجديدة حيث يمكن تصنيع الأجهزة من البلاستيك المشتق من البترول مع إستخدام المعادن الأرضية النادرة والتي تعتبر خطوة في الإتجاه الصحيح للتكنولوجيا المستدامة" حيث يمكن بناء الدوائر النباتية التي تسمح بالإحساس وتسجيل تغير مستويات الهرمون في النباتات التي تعتبر أنظمة مستقبلية قادرة على دفع الخصائص الفيزيولوجية للنبات في الإتجاه المطلوب، بوصفه بديلا للتعديل الجيني حيث أن الدوائر البيولوجية يمكن أن تكون مفيدة لصناعة الورق، والسيطرة على زراعة الأشجار حيث أن نظام اللحاء والجذور والزهور أدى الى نتائج التجربة في حديقة الورد مما يجعلها نموذجا مصغر مفيد وتعتبر نتائج تجارب الورد والدائرة الإلكترونية تطور رائع في مجال التكنولوجيا الحياتية - الهجينة من المعدات الرطبة والأجهزة " ، حيث أنه سبق تطبيق الجهد الكهربائي على شتلات الخس - هذه التجارب فتحت الباب أمام عالم جديد غريب: "في المستقبل البعيد جدا حيث يمكن أن ينمو الخضار من خلال أجهزة الكمبيوتر في الحدائق.

٣ - ١٧ تصميم الدوائر الإلكترونية التلقائية إستناداً إلى الخوارزميات الجينية
واجه تصميم الدوائر التقليدية مع تزايد تعقيد تصميم الدوائر الإلكترونية التلقائية، صعوبة
مع هذا النوع من الدوائر ولكن توحيد العناصر القابلة للبرمجة والخوارزميات المتطورة ساهمت
في التغير الديناميكي لهيكل الدوائر الإلكترونية.



الشكل (٣-٢٧) منهاج سبارتان-٣ (شريحة بوابة القابلة للبرمجة في الميدان - ٩٠ نانومتر وهي
الأولى في هذه الصناعة، تقدم وظائف متعددة وعرض النطاق الترددي أكبر مما كان ممكناً في السابق،
وضعت معايير جديدة في صناعة المنطق القابلة للبرمجة

بعد التحسين، نشأ هيكل دائرة جديدة، تم إقترح نوع واحد من الخوارزميات الجينية الذي
يستخدم في تصميم الدوائر الإلكترونية التلقائية ومن خلال التجربة أثبتت، هذه الخوارزمية أن
هيكل الدائرة الجديدة تجاوز أسلوب تصميم الدوائر الأخرى. تستخدم الإلكترونيات التطورية
مفاهيم الخوارزميات الجينية لتطوير الدوائر الإلكترونية والفكرة الرئيسية وراء هذا المجال هو
أن كل الدوائر الإلكترونية المحتملة يمكن أن تكون ممثلة ككائن أو كروموسوم لعملية تطويرية،
الذي ينفذ العمليات الجينية القياسية عبر الدوائر. نظراً لإتساع نطاق المجال، ركز الباحثين
على المشاكل المختلفة، مثل التنسيب، خريطة مصفوفات البوابات القابلة للبرمجة (١٣٢)،
الدوائر الرقمية التوافقية والمتسلسلة المثلى الميدانية، توليف الدوائر الرقمية، توليف الدوائر
التناظرية السلبية والفعالة، توليف المضخمات التشغيلية، وحجم الترانزستور الأمثل. الأعمال

١٣٢ خريطة مصفوفات البوابات القابلة للبرمجة (FPGA) mapping

ذات الأهمية الكبيرة هي التي تركز على تطور الأجهزة "الجوهرية" في الموائمة مع السيليكون، وتتيح درجة أعلى من إستكشاف الخصائص الفيزيائية للوسط، هذا المجال بالذات كثيرا ما يسمى "الأجهزة المتطورة"^(١٣٣). في تسلسل هذا العمل، قدم كولو، برنامج حاسوبي يقوم تلقائياً بتصميم الدوائر عالية الجودة وتطبيق الخوارزميات التطورية لتصميم الدوائر الحسابية كما تم إقتراح أسلوب آخر لتصميم الدوائر ذات قيم متعددة من أجل حل النظم المعقدة، تم إقتراح طريقة تطور أكثر تعقيدا. في الآونة الأخيرة تم توصيف المحاولات الأولى لتطوير الدوائر بإستخدام عناصر من مجموعة فيرتكس^(١٣٤) مع إستخدام برنامج التعبير الجيني لتصميم الدوائر الإلكترونية^(١٣٥) وأظهرت دراسة الحالة فاعلية هذه التكنولوجيا.

١٨-٣ تصميم دائرة تحكم تلقائي إستناداً إلى الخوارزميات الجينية

١-١٨-٣ تمثيل كروموسوم

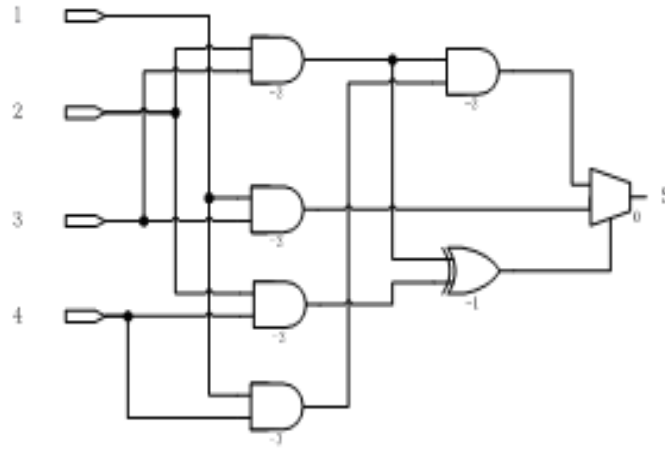
يمكن إعتبار كل الدوائر الإلكترونية كشجرة ويمكن تحليل بنيتها كما في الشكل (٣-٢٨) والشكل (٣-٢٩)، في هذه الشجرة تتوافق مدخلات الدائرة مع أوراق العقد من الشجرة، تتوافق العقد الغير طرفية مع وحدات الدائرة المنطقية ويتوافق مع عقده الجذر دائرة الخرج لذا في الخوارزمية المقترحة - أستخدم لتمثيل الكروموسوم ترميز الشجرة. لترميز الشجرة، كما يمكن تمثيل العقد غير طرفية بالوحدات المنطقية، عندما تكون قيم العقد تساوى صفر في هذه الحالة

١٣٣ "الأجهزة المتطورة (Evolvable Hardware)

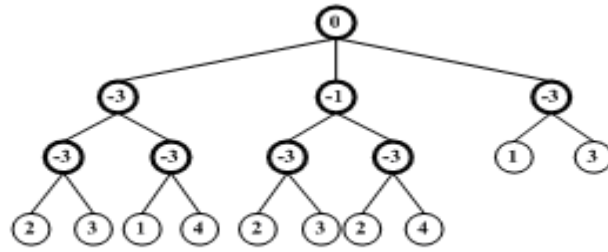
١٣٤ عناصر من مجموعة فيرتكس (Virtex Family of devices) (The Virtex series of FPGAs are based on Configurable Logic Blocks (CLBs), where each CLB is equivalent to multiple ASIC gates (application-specific integrated circuit) Each CLB is composed of multiple *slices*, that differ in construction between Virtex families. An ASIC (application-specific integrated circuit) is a microchip designed for a special application, such as a kind of transmission protocol or a hand-held computer.

١٣٥ برنامج التعبير الجيني لتصميم الدوائر الإلكترونية (Gene expression programming (GEP) for the design of electronic circuits

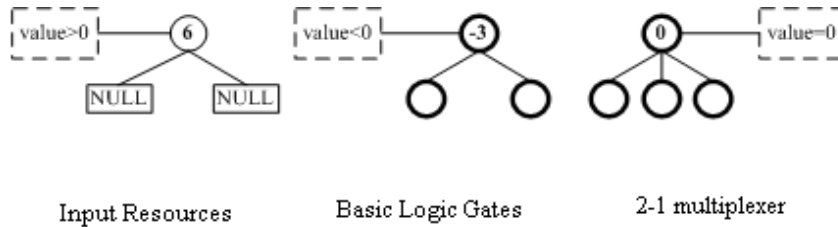
يتم إتخاذها لتمثيل منتخبات معدد إرسال $(1-2)$ القيمة السلبية لتمثيل بوابة لمدخلين ومخرج واحد (حيث يشير معامل تحويل العدد إلى الدالة وفقا للقيم بالجدول (3-1))



الشكل (3 - 28) الدائرة الإلكترونية



الشكل (3 - 29) شجرة متوافقة للدائرة في الشكل (3 - 38)



الشكل (3 - 30) أنواع العقد في الدائرة

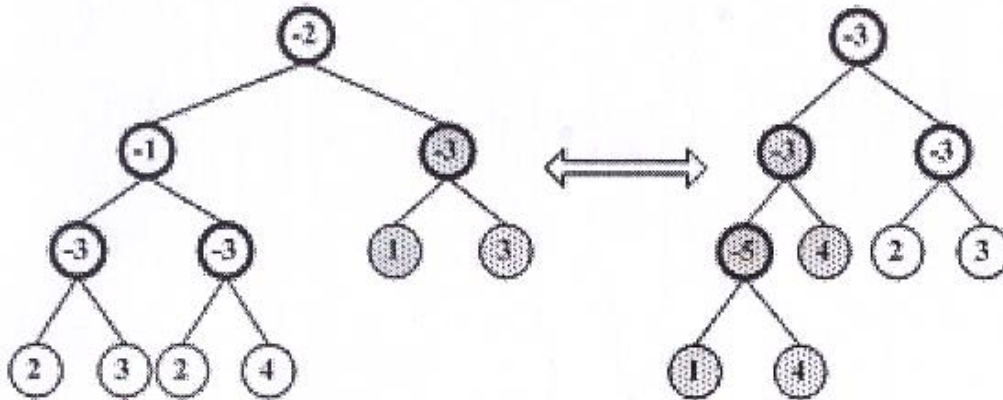
136 منتخبات معدد إرسال multiplexer (MUX) لمنتخب هو دائرة مجمعة خاصة وهو يعد واحد من أكثر الدوائر القياسية استخداما في الأنظمة الرقمية

الجدول (٣ - ١) قيم نقاط العقد طبقا لقيم الجينات السلبية في الكروموسوم

Gene Value	Gate Function
١-	A & B
٢-	A & B
٣-	!A & B
٤-	A ^ B
٥-	A B
٦-	!A & !B
٧-	!A ^ B
٨-	!A
٩-	A !B
١٠-	!B
١١-	!A B
١٢-	!A !B

٣ - ١٨ - ٢ العملية الجينية

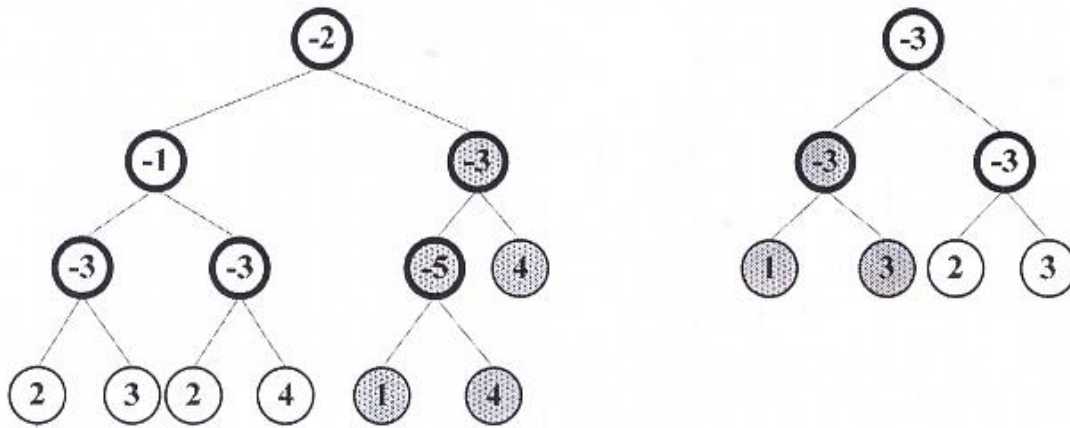
• عملية الإنتقال:



الشكل (٣ - ٣١) قبل عملية الإنتقال

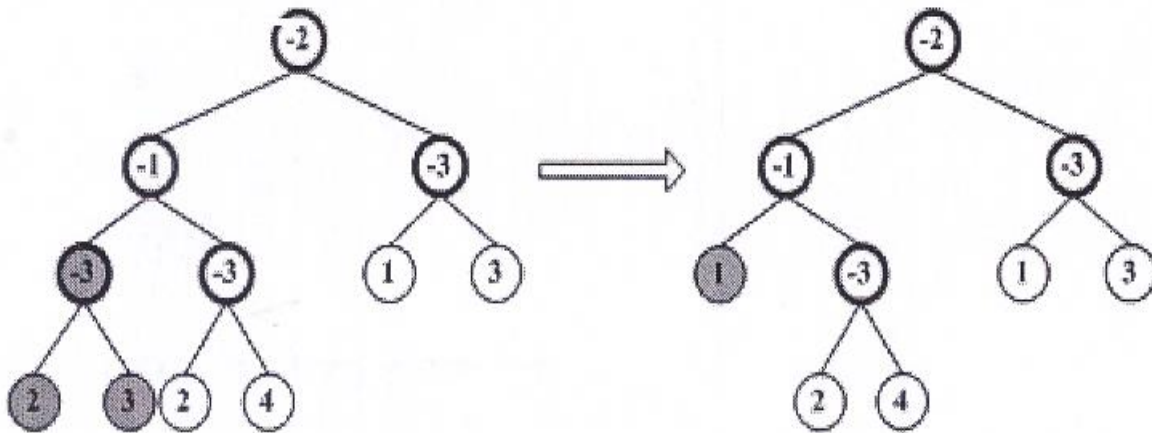
عملية الإنتقال هي الأسلوب الرئيسي للخوارزميات الجينية لتوليد الكائن الجديد، في الخوارزمية المعطاة، أثناء عملية الإنتقال، يتم إختيار فردين أولاً، ثم يتم إختيار جزء من الجين من الفردين ويتم تبادلها ثم يمكن إنشاء كائنين جديدين. من خلال عملية الإنتقال، ليس فقط

الكائنين الجديدين فإن الكائنين الجديدين ووالديهم في الأصل متشابهين جداً، وبالتالي سيساعد هذا على الإحتفاظ بالجينات الجيدة، حيث أن الكائن أصبح أكثر وأكثر من الكائن الأمثل وأن الخوارزمية أقوى من حيث المبادئ التوجيهية. في الشكل (٣ - ٣١) والشكل (٣ - ٣٢) تتضح عملية الإنتقال.



الشكل (٣ - ٣٢) بعد عملية الإنتقال

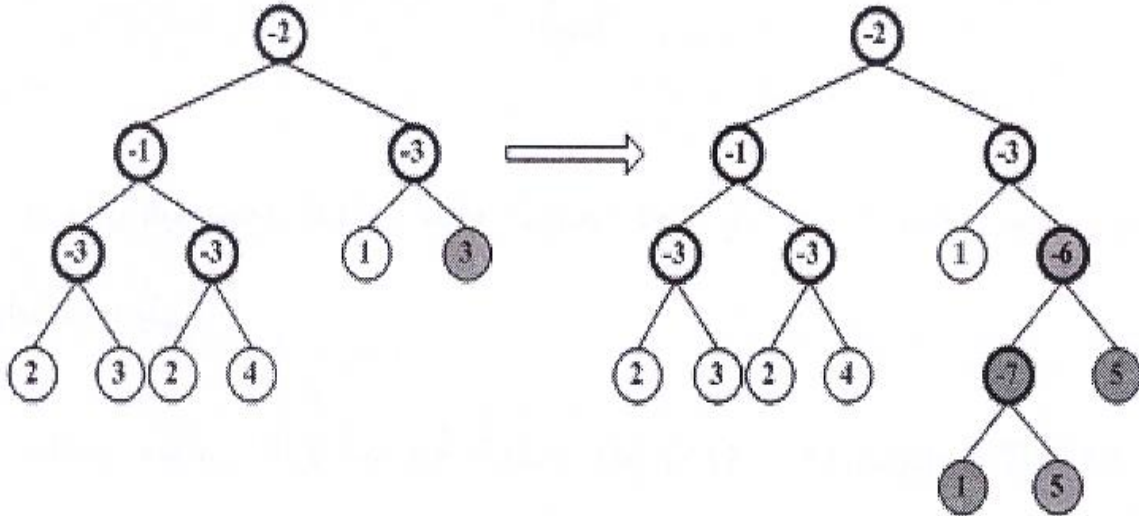
• عملية التحور:



الشكل (٣ - ٣٣) إنقاص التحور

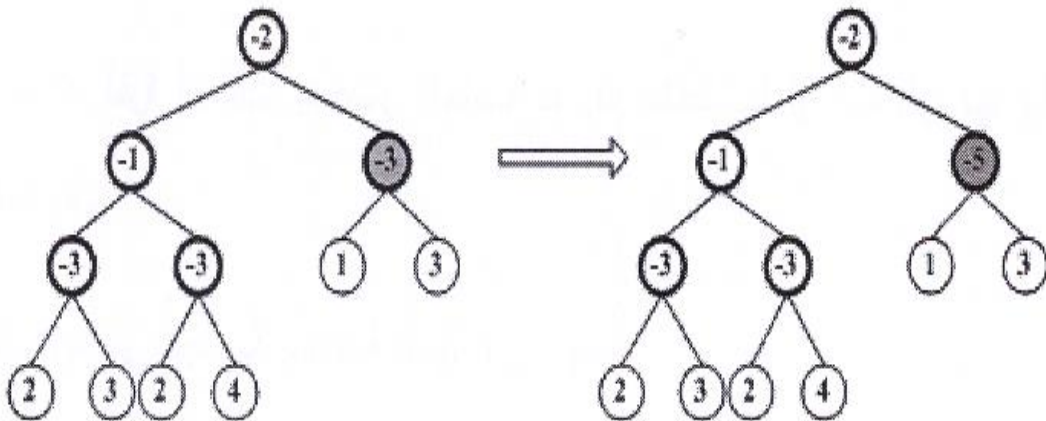
في هذه الخوارزمية، هناك ثلاثة عمليات تحور، العملية الأولى هي إنقاص الطفرات كما هو موضح بالشكل (٣ - ٣٣)، تحدد الشجرة الفرعية لأي فرد، وتحور إلى عقده طرفية، عندما يحدث التحور في العقدة الجذرية، تعتبر بأنها غير قانونية، حيث أنه بعد التحور فإن الدائرة

بها بوابة واحدة فقط في اليسار، ولذلك يجب ألا تكون هذه الدائرة هي الصحيحة. العملية الثانية هي زيادة الطفرة كما هو موضح بالشكل (٣٤ - ٣).



الشكل (٣٤ - ٣) زيادة التحور

يتم تحديد عقده طرفية من أي فرد، وتحويلها إلى شجرة الفرعية. العملية الثالثة هي التحور المباشر كما هو موضح بالشكل (٣٥ - ٣)، يتم إختيار العقدة من أي فرد، وتحويلها إلى عقده جديدة، إذا كانت عقده طرفية يتم تحويلها الى داخل عقده غير طرفية، إذا كانت عقده غير طرفية يتم تحويلها إلى عقده طرفية. لهذه الطفرة، تستكمل الإجراءات التصحيحية للدائرة الضرورية، لأن في هذه العملية ربما يولد الفرد غير المشروع.



الشكل (٣٥ - ٣) التحور المباشر

• قياس الملائمة:

لإختبار ما إذا كان أداء الدوائر يعتبر تطور الى ترجمة المنطق المطلوب من المدخلات إلى النواتج ويتحقق عن طريق تشغيل كل إختبار للمدخلات من خلال الشبكة، ومقارنة النتائج مع الوظائف المطلوبة بطريقة المعامل البايث (١٣٧). يشتمل ملف حمض اللبنيك^(١٣٨) على وظيفة الهدف، ويستخدم كأساس للمقارنة، النسبة المئوية من مجموع النواتج الصحيحة هي لإستجابة مناسبة للمدخلات المناسبة ثم إستخدامها كمقياس للياقة أو ملائمة الخوارزمية الجينية وبعبارة أخرى، أقرب للدائرة التي تطورت للقيام بالوظائف المطلوبة، وتعتبر ملائمة. فى هذه الخوارزمية إستخدم هذا الأسلوب ومقارنة جميع النواتج للكائن مع النواتج المرجوة لمجموعة من المدخلات الصحيحة فى الجدول، إذا كان هناك بايث واحد ينتمي إلى نواتج دائرة الكائن مختلفة عن القيمة المطلوبة، على الرغم من إعتبار وظائف الدائرة غير مجدية لهذا الإدخال. عندما تكون مجموع النواتج متساوية إلى النواتج المرجوة، ثم إضافة قيمة الملائمة ١ بإلضافة الى ملف حمض اللبنيك وينبغي أن يؤخذ فى الإعتبار أيضا النظر فى مقدار الموارد المستخدمة فى الدائرة (وفي هذه الحالة تشير إلى عدد بوابات المنطق المستخدمة) حيث أن دالة الملائمة النهائية كالتالي:

$$F \text{ fit } N \text{ k} = - * \quad \text{المعادلة (١-٣)}$$

A bitwise logical expression also called a masking expression is a logical operator (١٣٧ المعامل البايث) operates on individual bits within integer, real, Cray pointer, or Boolean operands, giving a result of type Boolean. Each operand is treated as a single storage unit. This storage unit is a 64-bit word on UNICOS and UNICOS/mk systems; it is a 32-bit word on IRIX systems. The result is a single storage unit. Boolean values and bitwise logical expressions are contrasted to logical values and expressions.

١٣٨ حمض اللبنيك- Polylactic acid (PLA, Poly) is a biodegradable thermoplastic aliphatic polyester derived from renewable resources, such as corn starch (in the United States and Canada), tapioca roots, chips or starch (mostly in Asia), or sugarcane (in the rest of the world). In 2010, PLA had the second highest consumption volume of any bioplastic of the world

في هذه المعادلة، المعامل (F) هو معامل اللياقة الملائمة للدائرة، الإحتواء هي القيمة التي تتطابق مع الدائرة مع الجدول الحقيقي و (N) الرقم المستخدم لعدد بوابة المنطق المستخدم في الدائرة، (k) معامل = ٥,٠. يستعرض أسلوب تنفيذ الخوارزمية مع تجربة الحالة المختارة الأولى من البحث الذي نشره كولو في عام ٢٠٠٠. نجد هناك أربع حالات، تم استخدام الخوارزمية لتطوير ومقارنة النتائج التي نشرها كولو في الجدول (٣ - ٢)

الجدول (٣ - ٢) نتائج التجربة مقارنة مع معامل أدينوسيس غدي الصغرى (١٣٩)

الخوارزمية المستخدمة	أدينوسيس غدي الصغرى		عدد نقاط		الحالة الأولى
	عدد الطبقات	عدد البوابات	الدخل	الخرج	
عدد البوابات	٢	٤	٣	١	٣
عدد الطبقات	٣	٧	٤	١	٤
عدد البوابات	٢	٦	٣	١	٤
عدد الطبقات	٢	٧	٣	١	٤

أما الحالة الثانية المحددة في البحث التي نشرها كولو في عام ٢٠٠٤ نجد ٥ حالات، باستخدام الخوارزمية الجديدة لتطوير ومقارنة النتائج مع كولو في الجدول (٣ - ٢) من الجدول نجد النتائج باستخدام الخوارزمية الجديدة أفضل من النتائج السابقة لكولو.

الجدول (٣ - ٣) نتائج التجربة مقارنة مع الخوارزمية ميتا-الإستدلال (١٤٠)

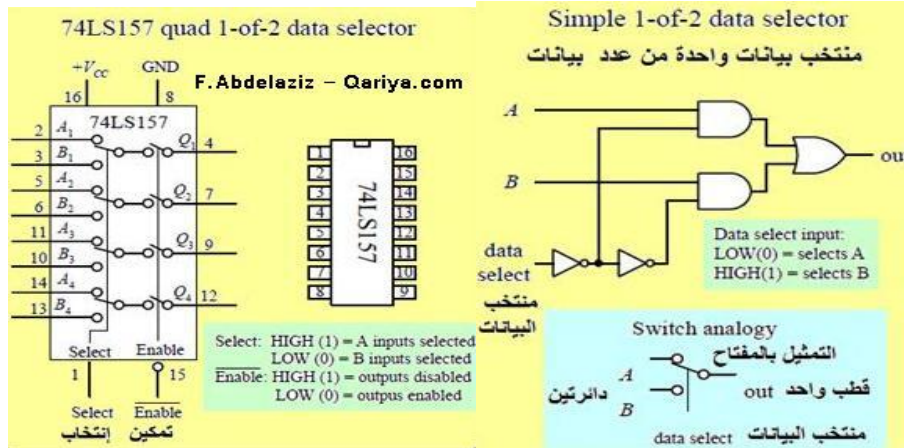
الخوارزمية المستخدمة	PSO الخوارزمية		عدد نقاط		الحالة الأولى
	عدد الطبقات	عدد البوابات	الدخل	الخرج	
عدد البوابات	٢	٦	٤	١	٤
عدد الطبقات	٢	٧	٤	١	٥
عدد البوابات	٢	٦	٣	٢	٤

١٣٩ أدينوسيس غدي الصغرى (Micro glandular adenosis (MGA) glandular adenosis (MGA) Micro
 ١٤٠ الخوارزمية PSO هي الخوارزمية تنتمي إلى مجموعة من الأساليب في الهندسة تسمى ميتا-الإستدلال
 The PSO algorithm belongs to a group of methods in engineering called meta-heuristics)

٥	٢	٧	٤	٣	٤	الحالة الرابعة
٧	٢	٧	٣	٤	٤	الحالة الخامسة

إقتراح وسيلة جديدة لتصميم الدوائر الإلكترونية لمجموعة من البوابات المنطقية نجد أن الدائرة النهائية في الشكل (٣ - ٣٥) هي الأمثل من حيث التعقيد (مع الحد الأدنى لعدد البوابات). بالنسبة لنتائج التجربة يعني أن الدائرة ثبتت فاعليتها، بالمقارنة مع الخوارزميات الأخرى تعطى الخوارزمية الجديدة نتائج أفضل، لا يزال هناك العديد من السبل لمواصلة العمل ويمكن أن توضع طرق أخرى لتمثل صفائف مستطيلة من الخلايا المنطقية وأيضاً، العلاقة بين خلية الإتصال وتطوير التصاميم لم يتم استكشافها. هناك العديد من القضايا الأوسع نطاقاً يجب مراعاتها أيضاً وهي التي تتعلق بمشكلة تطوير الكثير من الدوائر الكبيرة وهي ميزة لهذه التقنية الحالية التي يتعين على المرء أن يحدد وظائف الدوائر المستهدفة باستخدام جدول الحقيقة كاملة، ولكن هذا غير عملي للدوائر مع عدد كبير من المدخلات .

٣ - ١٩ تصميم وهندسة الدوائر الوراثة القوية التطورية



الشكل (٣ - ٣٦) تمثيل لدائرة وراثية

ثمة مشكلة واحدة ظهرت مع هندسة الدوائر الوراثة للميكروبات الإصطناعية وهي الإستقرار على مر الزمن التطوري في غياب الضغط الإنتقائي حيث أن تصميم بيئة إنتقائية للحفاظ على وظيفة الدائرة الوراثة سوف تكون فريدة من نوعها لكل دائرة منفصلة، وهناك حاجة إلى مبادئ التصميم العامة لهندسة الدوائر القوية التطورية التي تسمح بدراسة طويلة الأجل أو إستخدام

وتطبيق الدوائر الإصطناعية. تم تصميم دائرتين وراثيتين لقياس إستقرار مروجين حيويين للدوائر الوراثية للبكتريا المنتشرة في القولون (١٤١) على مدى أجيال متعددة والطفرات التي فقدت للوظائف الخاصة بها. الدائرة الأولى عبارة عن جهاز أرجوم للكشف عن المعلومات الحياتية (١٤٢) لفقدان الوظيفة في أقل من عشرون جيل والطفرات التي فقدت وظيفتها بحذف وحدتين طرفيتين للنسخ الأمثل لقياس التأثير بين مستويات الفاصل النسخي التماثلي والإستقرار التطوري، تم إعادة هندسة ستة إصدارات لجهاز أرجوم للكشف عن معلومات حياتية مع تغير الفاصل النسخي في نهاية الدائرة. فى حالة عدم وجود تماثل بين الوحدات الطرفية، فإن نصف العمر التطوري للدائرة الوراثية يتحسن بشكل ملحوظ أكثر من ضعفين ومستقل عن مستوى التعبير، إزالة التماثل بين الوحدات الطرفية وخفض مستوى التعبير أربع أضعاف يزيد من تطور نصف الحياة أكثر من ١٧ ضعف. الدائرة الوراثية الثانية (١٤٣) تفقد وظيفتها في أقل من ٥٠ جيل بسبب الحذف بين تسلسل المروج المشغل المتكرر ، تم إعادة تصميم هذه الدائرة مع مروجين مختلفين من مكتبة المروج وإستخدام الجينات المقاومة الكاناميسين داخل الدائرة لوضع ضغط إنتقائي على المروج مع وصف ديناميكيات الإستقرار التطوري وفقد الطفرات لوظيفتها في كل هذه الدوائر، تبين في المتوسط، أن نصف العمر التطوري يتناقص مع زيادة مستويات التعبير كما لوحظ وجود مجموعة واسعة من الطفرات الوراثية فقدت وظيفتها في الدوائر الوراثية التي تم تجميعها بآلية اللبنة الحيوية منها الإدراج الصغير والحذف، الحذف الكبير، وتسلسل إدراج العنصر المتكرر لتحديد طفرات المروج . يمكن إعادة هندسة الدوائر الوراثية لتكون أكثر تطويرية وقوة مع عدد قليل من مبادئ التصميم البسيط منها التعبير العالى

١٤١ للبكتريا المنتشرة في القولون (Escherichia coli (E. Coli) bacteria normally live in the intestines) of healthy people and animals. Most varieties of E. coli are harmless or cause relatively brief diarrhea. But a few particularly nasty strains, such as E. coli O157:H7 can cause severe abdominal cramps, bloody diarrhea and vomiting.

١٤٢ جهاز أرجوم للكشف عن معلومات حياتية (Argom T9002 device)

١٤٣ الدائرة الوراثية الثانية (The I7101 genetic circuit. Loss-of-function mutations and) evolutionary stability dynamics

للدوائر الوراثية الذي يتناسب مع تكلفة الإستقرار التطوري المنخفض، وتجنب التسلسل المتكرر، وإستخدام المروجين إيندوسيبلي^(١٤٤) مما يزيد الإستقرارية. إدراج الجينات المقاومة للمضادات الحيوية داخل الدائرة الوراثية لا يضمن الإستقرار التطوري. البيولوجيا التركيبية هي تصميم وهندسة الوظائف البيولوجية الجديدة والنظم التي لا تحدث في الطبيعة. وقد إستدعى هذا المجال الجديد التبصر في آليات شبكات الجينات الطبيعية. هندسة وتشكيلات أنماط متعددة الخلايا ، التصوير الفوتوغرافي للبكتريا ، البكتيريا المسببة للأورام ، التغذية الأمامية للشبكات القائمة على دقة أجهزة إستشعار ، المذبذبات القوية الإنضباطية ، الشبكات الوراثية العائلة وعلى مستوى الجينوم، تم هندسة مسارات التمثيل الغذائي الداخلية لإنتاج أكثر للمركبات المضادة للملاريا ، الوقود الحيوي من الكتلة الحيوية النباتية (الليكوبين) من خلال الهندسة الجينية الآلية وتسارع التطور ، الكروموسوم الإصطناعي المزروع داخل بكتيريا مضيئة وعلى الرغم من الجهود التي بذلت مؤخرا فى مجال الهندسة على مستوى الجينوم، صممت معظم البيولوجيا الإصطناعية على مستوى الدوائر الوراثية المشفرة على البلازميدات. بنيت الدوائر الوراثية من أسفل إلى أعلى من الأجزاء البيولوجية، الجزء البيولوجي هو تسلسل الحمض النووي الذي يستخدم لتشفير وظيفة بيولوجية أساسية وتشمل الأمثلة على أجزاء المروجين^(١٤٥)، ومواقع الريبوسوم المترابطة^(١٤٦)، مناطق البروتين أو ترميز الحمض النووي الريبسي،

١٤٤ واستخدام المروجين إيندوسيبلي وهو أداة قوية جداً في مجال الهندسة الوراثية للجينات المرتبطة بها ويمكن تشغيله أو إيقافه في مراحل معينة من التنمية للكائن الحي أو في نسيج معين (Inducible promoters are a very powerful tool in genetic engineering because the expression of genes operably linked to them can be turned on or off at certain stages of development of an organism or in a particular tissue.

١٤٥ المروج وهي منطقة من الحمض النووي الذي يبدأ النسخ الجينات (In genetics, a promoter is a region of DNA that initiates transcription of a particular gene. Promoters are located near the transcription start sites of genes, on the same strand and upstream on the DNA (towards the 5' region of the sense strand). Promoters can be about 100–1000 base pairs long

١٤٦ موقع ربط ريبوسومال (RBS) هو تسلسل النيوكليوتيدات المنبع من كودون (A ribosomal binding site (RBS) is a sequence of nucleotides upstream of the start codon of an mRNA transcript that is responsible

الوحدات الطرفية للنسخ. ويمكن لمهندسي البيولوجي تجميع الأجزاء الفردية أو مجموعة من الأجزاء معا باستخدام معيار التجمع (بيوبريك) ^(١٤٧) للتكوين الجسماني، الأجزاء التي تتوافق مع هذا المعيار بتقنية التجمع (بيوبريك) هي الأجزاء البيولوجية القياسية. يشتمل التجمع القياسي معيار هضم لعدد اثنين (بيوبريك) المشفرة على البلازميدات مع إنزيمات التقيد المختلفة التي تركت نهايات لزجة متوافقة التي يمكن أن تكون متصلة معا في آلية (بيوبريك) الجديدة. يستبدل هذا الأسلوب التجمعي بشكل فعال لتقيد مواقع بين الأجزاء المجمع مع تسلسل يتميز بتضخيم المنطقة ^(١٤٨) مما يسمح لآلية (بيوبريك) جديدة لتتجمع جنبا إلى جنب في وقت لاحق مع (بيوبريك) أخرى، وقد اقترحت إستراتيجيات بديلة للتجمع مؤخرا لتحسين مستوى التجمع الأصلي. يحتفظ معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا بسجل لأجزاء بيولوجية قياسية أكثر من ٣٠٠٠ آلية (بيوبريك) المشفرة على البلازميدات متوفرة للباحثين مع مجموعة واسعة لوظائف مختلفة، من التصوير البكتيري، إلى الحد الأدنى لإستشعار لرائحة الإنتاج والإستشعار عن بعد. آلية (بيوبريك) المتاحة على نطاق واسع لتصميم أنظمة أكثر تعقيدا، ولكن بصفة عامة لا تتميز بشكل جيد فقد زودت مع نموذج منشور لورقة البيانات البيولوجية " التي تحتوي على معلومات سيحتاج المهندسين لإستخدامها في التصميم الخاصة، تصف أحد هذه النماذج المنشورة في "قاعدة البيانات البيولوجية" موثوقية هذه الدائرة على مر الزمن التطوري. توصيل الجهاز المتلقي بجهاز إرسال البروتينات الفلورية الخضراء ^(١٤٩) تسبب

for the recruitment of arribosome during the initiation of protein translation. Mostly, RBS refers to bacterial sequences

١٤٧ أجزاء بيوبريك بتسلسل الحمض النووي الذي يتوافق مع تجمع الإنزيم المقيد القياسية (DNA BioBrick parts are sequences which conform to a restriction-enzyme assembly standard.^{[1][2]} These building blocks are used to design and assemble larger synthetic biological circuits from individual parts and combinations of parts with defined functions, which would then be incorporated into living cells

١٤٨ تسلسل يتميز بتضخيم المنطقة (scar sequence)

١٤٩ لمراسل البروتينات الفلورية الخضراء (The green fluorescent protein (GFP) is a protein composed of 238 amino acid residues (26.9 kDa) that exhibits bright green fluorescence when exposed to light in the blue to ultraviolet range

لتنافس متكرر في الوظيفة في أقل من ١٠٠ جيل بسبب طفرة الحذف بين الإنهاء النسخي التي تتكرر في كل من المتلقي وأجهزة التراسل. يتضح من مثال آخر للدوائر الوراثية فقدان الوظيفة على مر الزمن التطوري من سلالات تشيموستات الميكروية حيث تطورت السلالات التي تحتوي على دائرة تنظيم كثافة الخلية التي تفقد الوظيفة في أقل من ١٠٠ ساعة وبالتالي فإن الإستقرار التطوري للدوائر كلها هو الخاصية الناشئة من سياق الأجزاء البيولوجية، يعتبر الإستقرار التطوري مشكلة في الدوائر الوراثية في حالة عدم وجود أي ضغط إنتقائي للحفاظ على وظيفة الدائرة. الإعتقاد الحالي هو أن هذا الفقد للوظيفة يحدث بسبب أحد الخلايا في مجموع الكائنات التي تكتسب طفرة في الدائرة الوراثية وغالبا ما يكون لها ميزة النمو حيث يمكنها أن تتنافس خارج الخلايا في الكائنات مع جميع وظائف البلازميدات، كما أن تقسيم الخلايا، سيسمح لأي خلية أن تهيمن في نهاية المطاف بنسبة مئوية أكبر من البلازميدات المتحولة للكائنات حتى تبقى الخلايا فقط مع البلازميدات المتحولة. توقعت دراسة المحاكاة أن الوقت لمتحولة غير وظيفية للميكروب الإصطناعي هي دالة لفرق معدل النمو بين المتحولة والخلايا الوظيفية، حجم الدائرة، وتكوين الدائرة، ومعدل التحور. في كثير من الأحيان نجد أن الطفرات الغير وظيفية لها ميزة النمو لأن الطفرة التي تنشط في الدائرة الوراثية يمكن أن تقلل من إستخدامها للتمثيل الغذائي. حجم إستخدام التمثيل الغذائي الناجم عن التعبير عن النسخ المتماثل للجينات الغريبة يعتمد على العديد من العوامل مثل حجم البلازميد، عدد نسخ البلازميد، والجين الغريب الذي يجري التعبير عنه، الجينات المقاومة للمضادات الحيوية، حالة التمثيل الغذائي للخلية، وسائط النمو، وكمية الأوكسجين المذاب في الوسط. وبالقياس المباشر للتكاليف المرتبطة بالتعبير والحفاظ على البروتينات عندما يكون هناك فائدة والعثور على الطفرات التي تخفف هذه التكلفة في بيئة غير إنتقائية وهناك أيضا أمثلة من الجينات الصبغية التي فقدت الوظيفة على مر الزمن التطوري عندما لا تكون تحت الإختيار وهكذا ترميز الدوائر الإصطناعية في كروموسوم سوف يتسبب في تأخير حل هذه المشكلة. الإستقرار التطوري للدوائر الجينية في الميكروبات الإصطناعية مسألة بالغة الأهمية عندما تصبح هذه الدوائر أكثر تعقيدا وتحتاج إلى أن تكون الوظيفة على مدى فترات طويلة من الزمن. إن القدرة على هندسة الدوائر الوراثية

القوية التطورية^(١٥٠) مهمة للإستخدامات التطبيقية للميكروبات الإصطناعية التي تؤدي وظائف طويلة الأجل في البيئة، وربما في جسم الإنسان، هذه القدرة مهمة لدراسة الدوائر الوراثية في الكيموستات الميكروية وأجهزة فلويديك الميكروية على مدى أجيال متعددة. من الناحية المثالية، يجب أن يستخدم نظام إنتقائي للحفاظ على وظيفة الدائرة على مر الزمن التطوري. ومع ذلك، فإن تصميم نظام إنتقائي للميكروبات الإصطناعية فريد من نوعه للدائرة الوراثية، وللحفاظ على وظيفة من دائرة معينة غالبا ما يكون صعبا. وكخطوة أولى نحو تحقيق الهدف، الفهم العميق لفقدان الطفرات لوظيفتها، التي تحدث في دائرتين من الدوائر الوراثية على مر الزمن التطوري وديناميكيات الإستقرار التطوري الخاصة بهما - بعد ذلك، تعاد هندسة الدوائر بالطرق المختلفة لتحديد إمكانية التنبؤ بتكرار الطفرات مع تطور الكائنات واما إذا كان يمكن تطوير الدوائر لتكون أكثر تطورية وقوية، سمحت نتائج هذه التجارب بملاحظة الطفرات في العديد من الدوائر المختلفة، أسلوب تحديد ديناميكية الإستقرار التطوري، ووضع مبادئ تصميم بسيط لهندسة الدوائر القوية التطورية.

١٥٠ هندسة الدوائر الوراثية القوية التطورية Artificial gene circuits have been proposed to be embedded into microbial cells that function as switches, timers, oscillators, and the Boolean logic gates. Building more complex systems from these basic gene circuit components is one key advance for biologic circuit design and synthetic biology. However, the behavior of bioengineered gene circuits remains unstable and uncertain. a nonlinear stochastic system is proposed to model the biological systems with intrinsic parameter fluctuations and environmental molecular noise from the cellular context in the host cell. Based on evolutionary systems biology algorithm, the design parameters of target gene circuits can evolve to specific values to robustly track a desired biologic The fitness function is selected to be function despite intrinsic and environmental noise. inversely proportional to the tracking error so that the evolutionary biological circuit can achieve the optimal tracking mimicking the evolutionary process of a gene circuit. Evolutionary algorithms can design electronic circuits that conventional design methods cannot, because they can craft an emergent behaviour without the need for a detailed model of how the behaviours of the components aect the overall behaviour

٣ - ١٩ - ١ الترميز الوراثي التناظري (١٥١) وتطور الهندسة العكسية للشبكات التناظرية التوليف والهندسة العكسية للشبكات التناظرية تعتبر أنشطة كثيفة المعرفة، حيث توجد بعض التقنيات المنهجية ونظرا لأهمية وإنتشار الشبكات التناظرية، هناك رغبة قوية في تطوير التقنيات التلقائية القادرة على التعامل مع المشاكل على حد سواء. تظهر أساليب التطور كأحد الطرق الواعدة أكثر من غيرها لتحقيق هذا الهدف، الترميز الوراثي التناظري (١٧) طريقة جديدة لتمثيل وتطور الشبكات التناظرية مستوحى من الشبكات التنظيمية الوراثية البيولوجية (ج رن) (١٥٢) مثل الشبكات التنظيمية الجينية، ترميز الوراثة التناظرية التي تستخدم تمثيل ضمني للتفاعل بين الأجهزة التي تشكل الشبكة وهذا يؤدي إلى ضغط الجينوم لعمليات إعادة تنظيم الجينوم، وهكذا سمحت لتطبيق العوامل الوراثية لمشغلي الطفرة البسيط عبر استخدام الخوارزميات الجينية على وجه الخصوص، يسمح الترميز الوراثي التناظري بتطبيق المشغلين الإزدواجية، الحذف، وتبديلات أجزاء الجينوم، التي تعرف على أنها أساسية لتجميع الكائنات البيولوجية كما يعرض النظام التطوري الناتج حالة فن الأداء في التوليف التطوري والهندسة العكسية للشبكات التناظرية.

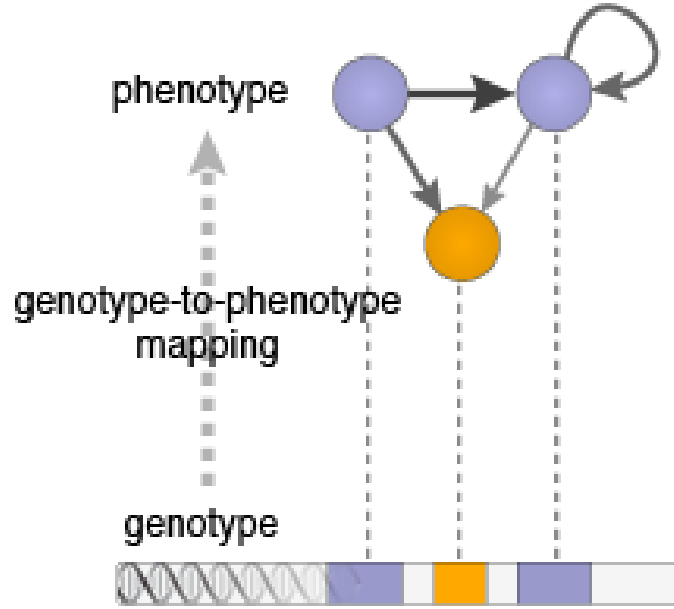
٣ - ١٩ - ٢ الترميز الوراثي التناظري للجينوم

يتألف الترميز الوراثي التناظري للجينوم من واحد أو أكثر من سلاسل الأحرف تسمى الكروموسومات من الأبجدية الجينية المحدودة ويتم تعريف مجموعة عناصر الجهاز الذي يحدد نوع العناصر التي يمكن أن تظهر في الشبكة. على سبيل المثال، تهدف مجموعة جهاز التوليف التناظري للدائرة الإلكترونية التي يمكن أن تحتوي على أنواع قليلة من الترانزستورات، كما تهدف إلى توليف الشبكة العصبية التي يمكن أن تحتوي على أنواع قليلة من نماذج الخلايا العصبية الاصطناعية . أيضا يحدد عدد الأطراف لكل نوع من العناصر. على سبيل المثال، الترانزستور ثنائي القطبية له ثلاث أطراف والمكثف طرفان، ويمكن تحديد الخلايا العصبية

١٥١ الترميز الوراثي التناظري ((Analog Genetic Encoding (AGE))

١٥٢ الشبكات التنظيمية الوراثية البيولوجية (ج رن) (biological genetic regulatory networks (GRNs))

الإصطناعية بطرف دخل واحد وطرف خرج واحد . يتضمن الترميز الوراثي التناظري للجينوم جين واحد لكل عنصر سيظهر في شبكة فك الشفرة من الجينوم، كما هو مبين بالشكل (٣ - ٣٧) .



الشكل (٣ - ٣٧) المكونات الأساسية للترميز الوراثي التناظري للجينوم لشبكة تناظرية

• فك تشفير الترميز الوراثي التناظري للجينوم

يحدد "الترميز الوراثي" التناظري مناطق الجينوم التي تتوافق مع العناصر وأطرافها ومعاملتها عن طريق مجموعة من تسلسل أحرف معينة تسمى الرموز المميزة (١٥٣) . يتم تحديد عنصر معين واحد للرمز المميز من مجموعة عناصر الجهاز. إشارات عنصر الرمز المميز للجهاز هو بداية جزء للجينوم الذي يرمز لمثل الجهاز المطابق ويحدد أيضا طرف الرمز المميز الذي يحدد تسلسل الأحرف المرتبطة بالأطراف ويمثل التفاعل بين الجينات بمخطط تفاعل الجهاز، الذي يحول أزواج من تسلسل الأحرف المرتبطة بطرفي الجهاز المميز، إلى قيمة رقمية التي تتسم بها وصلة إتصال الطرفين والنتيجة النهائية شبكة تناظرية لفك الشفرة من الجينوم.

١٥٣ عن طريق مجموعة من تسلسل معين من الأحرف التي نسميها الرموز المميزة by means of a collection of specific sequences of characters that we call *tokens*

٣ - ٢٠ تصميم خوارزمية الدوائر الإلكترونية المثلى

تستخدم الإلكترونيات التطورية مفاهيم الخوارزميات الجينية لتطوير الدوائر الإلكترونية والفكرة الرئيسية وراء هذا المجال هو أن كل الدوائر الإلكترونية المحتملة يمكن تمثيلها كفرد أو كروموسوم لعملية تطويرية، التي تنفذ العمليات الجينية القياسية عبر الدوائر. نظراً لإتساع نطاق المجال، تم التركيز على المشاكل المختلفة، مثل التوظيف، خريطة مصفوفات البوابة القابلة للبرمجة^(١٥٤)، تحسين التوافقيه والدوائر الرقمية المتسلسلة، توليف للدوائر الرقمية، توليف للدوائر التناظرية السلبية والإيجابية، توليف المضخمات التشغيلية، وحجم الترانزستور الأمثل. ومن الأهمية التركيز على تطور الأجهزة "المتجانسة" في الموائمة مع السيليكون، مما يتيح درجة أعلى من إستكشاف الخصائص الفيزيائية للوسط- هذا المجال بالذات كثيرا ما يسمى الأجهزة المتطورة. العقبة الرئيسية في تصميم الدوائر الإلكترونية التطورية هو مشكلة الحجم وهذا يشير إلى النمو السريع جداً لعدد البوابات المستخدمة في الدوائر المستهدفة، كزيادة عدد مدخلات الوظيفة المنطقية المتطورة، هذه النتائج من الصعب إستكشافها حتى مع تقنيات متطورة. عقبة أخرى ذات صلة وهي الوقت اللازم لحساب قيمة الموائمة للدائرة حيث أن الخوارزمية الوراثة التقليدية يمكن محاصرتها بسهولة داخل وضع أمثل وأن سرعة التقارب بطيئة. خوارزمية تحسين سرب الجسيمات^(١٥٥) كانت تقنية ذكية ظهرت أولاً في العام ١٩٩٥، وتطورت تحت قوانين السلوك من أسراب الطيور، والأسماك والمجتمعات البشرية. في حالة مقارنة خوارزمية تحسين سرب الجسيمات مع الخوارزميات الجينية قد نجد أنها جميعها تحوير على أساس شغل الكائنات ولكن خوارزمية تحسين سرب الجسيمات لا تعتمد على العوامل الوراثة مثل إختيار المشغلين، المشغلين العابرين، ومشغلي الطفرة للعمل بمفردها، تتحسن

١٥٤ خريطة مصفوفات البوابة القابلة للبرمجة (FPGA) mapping Field Programmable Gate Array

١٥٥ خوارزمية تحسين سرب الجسيمات (PSO) algorithm Particle Swarm Optimization

الكائنات عن طريق تبادل المعلومات بين الأفراد. تحقق خوارزمية تحسين سرب الجسيمات الحل الأمثل بالبداية بمجموعة من الحلول العشوائية ، أثبتت خوارزمية تحسين سرب الجسيمات أنها نوع من الخوارزميات الأمثل ذات كفاءة عالية وقد ساهمت في الكشف عن الإستدلال - ميتا . ومع ذلك، فإن الإستدلال - ميتا مثل خوارزمية تحسين سرب الجسيمات لا تضمن العثور على حل أفضل من أي وقت مضى وبشكل أكثر تحديداً فإنها لم تستخدم تدرج للمشكلة التي يجري تحسينها، وهو ما يعني أن خوارزمية تحسين سرب الجسيمات لا تتطلب أن تكون المشكلة مختلفة كما هو مطلوب بأساليب التحسين الكلاسيكية مثل تدرج النسب وشبيهة لطرق نيوتن وذلك يمكن أن تستخدم خوارزمية تحسين سرب الجسيمات أيضا في مشاكل التحسين الغير النظامية جزئيا، ذات الضوضاء ، والتغير على مر الزمن، وما إلى ذلك.

٣ - ٢٠ - ١ خوارزمية تحسين سرب الجسيمات

خوارزمية تحسين سرب الجسيمات هي تجمع لكائنات تعتمد في سلوكها بشكل أساسي على تقنيات الأمثلة المعتمدة في علم الإحصاء. التجمع بدوره مجموعة من العناصر تمثل أي نظام يستخدم الخوارزمية مثل الحياة الإجتماعية للحيوانات والطيور - فيمكن تمثيل العنصر بطائر أو نحلة أو نملة.



الشكل (٣ - ٣٨) تطبيق خوارزمية تحسين سرب الجسيمات من خلال محاكاة سلوك النحل

تم تطوير نموذج لخوارزمية تحسين سرب الجسيمات في عام ١٩٩٥ من خلال السلوك الاجتماعي في ضوء هجرة لأسراب الطيور أو جماعات الأسماك أثناء تنقلها من مكان لآخر. أثناء البحث عن الغذاء كما تستخدم في مشاكل التحسين. يوجد العديد من نقاط التشابه بين خوارزمية تحسين سرب الجسيمات وتقنيات الحوسبة التطورية الأخرى على سبيل المثال “الخوارزميات الجينية (١٥٦) وحيث أن الخوارزمية تهدف الحصول على أفضل حل من خلال محاكاة سلوكيات الطيور في البحث عن الطعام - وبالتالي فإن أي نظام يعتمد على هذه الخوارزمية سيشكل في البداية تجمع عشوائي من الحلول العشوائية , ويتم البحث ضمن هذا التجمع عن الحل الأمثل وذلك من خلال تتبع العناصر الأفضل والتي تمثل متغيرات للخوارزميات الجينية مع مراعاة أن خوارزمية تحسين سرب الجسيمات ليس لها أدوات تطويرية مثل التصلب والطفرة بمقارنة خوارزمية تحسين سرب الجسيمات مع الخوارزميات الجينية فإن خوارزمية تحسين سرب الجسيمات تتميز بأنها:

١. سهولة التطبيق والتنفيذ كما أنها تشتمل على عدد بسيط من المعاملات التي تحتاج إلى تهيئة وضبط وقد تم تطبيق خوارزمية تحسين سرب الجسيمات بنجاح في عدة مجالات ومنها: أمثلة التتبع للوظائف المثلى - تدريب الشبكات العصبية الاصطناعية - التحكم بالنظم الضبابية (١٥٧) - تستخدم خوارزمية تحسين سرب الجسيمات ضمن العديد من المجالات التي ستخدم فيها أيضا الخوارزميات الجينية.

٣ - ٢٠ - ٢ الحياة الاصطناعية

يستخدم مصطلح الحياة الاصطناعية لتوصيف النظم التي من صنع الإنسان ولها بعض الخصائص الأساسية للحياة مثل تقنيات الحوسبة والظواهر والتقنيات البيولوجية وكيف تساهم في حل المسائل الحسابية. هنالك الكثير من التقنيات الحسابية المستوحاة من النظم البيولوجية

١٥٦ وتقنيات الحوسبة التطورية الأخرى على سبيل المثال “الخوارزميات الجينية

evolutionary computation techniques as Genetic Algorithm GA

١٥٧ التحكم بالنظم الضبابية fuzzy system control

على سبيل المثال: الشبكات العصبية الاصطناعية وهي عبارة عن نموذج مبسط لدماغ الإنسان والخوارزميات الجينية المستوحاة من تطور الإنسان. نمط آخر من النظم البيولوجية - مثل النظم الاجتماعية وما يمثله السلوك التعاوني للأفراد أثناء تفاعلهم مع بيئتهم ومع بعضهم البعض والتي يطلق عليها البعض مصطلح ذكاء السرب. وقد أجرى العديد من محاولات محاكاة هذه السلوكيات الاجتماعية ونمذجتها وأحد أشهر الأمثلة على هذه المحاكات ما تسمى: فلويس وبويدس (١٥٨). كلا "النموذجين" تم إنشائهما لتفسير الحركة المنظمة لأسراب الطيور أو لتجمعات الأسماك وبشكل عام هنالك سلوكين من سلوكيات الأسراب أوحث الكثير لمجال الحسابات الذكية في عالم الكمبيوتر، وهما: مستعمرات النمل (١٥٩) وأسراب العناصر في خوارزمية تحسين سرب الجسيمات. كما ذكرنا سابقاً، فإن خوارزمية تحسين سرب الجسيمات تقوم على محاكاة سلوك أسراب الطيور فمثلاً في حالة وجود مجموعة من الطيور تبحث بشكل عشوائي عن الطعام ضمن منطقة ما. ولنفترض أيضاً بأن هنالك ما يطعمهم ضمن المنطقة التي يتم البحث فيها. في البداية، فإن كل الطيور تجهل مكان الطعام ولكنها تعلم كم يبعد الطعام عنها مع كل جولة أو محاولة - فإن أفضل إستراتيجية تكمن في إتباع الطيور الأقرب إلى الطعام. بإستخدام خوارزمية تحسين سرب الجسيمات، فإن كل طير يمثل حل مفرد ضمن فضاء الحلول وسندعو هذا الطير بعنصر، لكل عنصر من العناصر قيمة عددية تسمى قيمة ملائمة وتدل على مدى ملائمة هذا العنصر للحل، ويتم تقييم قيم الملائمة من خلال تابع يدعى بتابع الملائمة ويهدف التقييم إلى حساب مقدار قرب هذا العنصر من الحل الأمثل. لكل من العناصر (الطيور) سرعات، تطير العناصر ضمن فضاء من خلال إتباع العناصر الأفضل ويتم تهيئة خوارزمية تحسين سرب الجسيمات بمجموعة من العناصر العشوائية (حلول)، ومن ثم يتم البحث عن الحل الأفضل عبر تحديث التكرار ضمن كل جولة - دورة، يتم تحديث كل عنصر من العناصر ضمن التجمع عبر إتباع القيم الأمثل التالية:

• "p_{best}": وتمثل أفضل قيمة ملائمة التي وصل لها العنصر i حتى هذه اللحظة

١٥٨ فلويس وبويدس floy and boids

١٥٩ مستعمرات النمل (ACO) *Ant colony optimization*

- "g_{best}": تمثل أفضل قيمة ملائمة ضمن السرب، أي أفضل عنصر ضمن السرب كله.
- "l_{best}": عندما يحتل عنصر ضمن السرب موقعه ضمن التجمع، وكما هو الحال بالنسبة لجيرانه، عندها فإن أفضل قيمة ضمن هذا التجمع الجزئي تمثل أفضل قيمة محلية وتدعى l_{best}. بعد إيجاد قيمتين تعدل العناصر سرعتها ومواضعها وفق المعادلتين

$$V'_{id} = \omega V_{id} + \eta_1 \text{rand}()((P_{idp} - X_{id})) + (2-3) \text{ المعادلة}$$

$$\eta_2 \text{rand}()((P_{idp} - X_{id}))$$

$$X'_{id} = X_{id} + V'_{id} \quad \text{المعادلة (3-3)}$$

حيث أن (V_{id}) تمثل سرعة الجسيم (i_d) و (ω) وزن القصور الذاتي وهو عامل بنسبة معينة للسرعة السابقة، ($0 < \omega < 1$) و (η_1 و η_2) ثوابت تسمى عوامل التعجيل أو التسارع وعادة ($\eta_1 = \eta_2 = 2$)، ويمثل ($\text{rand}()$) عدد عشوائي يقع ضمن المجال (0,1) و P_{idp} : تمثل أفضل وضعية للعنصر الحالي ضمن السرب و (X_i): يمثل وضعية العنصر i في اللحظة k كمكان مبدئي وبالتالي، وكما نلاحظ من المعادلات مايلي:

يمثل الجزء الأول في المعادلة (2-3) سرعة الجسيمات السابقة، وهي تمكن الجسيمات تملك نزعة التوسع في مساحة البحث عن الطعام وهكذا يجعل الخوارزمية تكون أكثر قدرة؛ تتأثر السرعة الناتجة بثلاث عوامل وهي:

١. السرعة في اللحظة السابقة

٢. أفضل وضعية قد مر بها العنصر على الإطلاق

٣. أفضل وضعية على مستوى السرب ككل.

يسمى الجزء الثاني في المعادلة جزء الإدراك، وهو يمثل عملية إستيعاب المعرفة بالخبرة الفردية من جانب الجسيمات؛ يغير كل عنصر ضمن السرب موضعه إلى موضع جديد، هذا التغير مرتبط بشكل وثيق بالسرعة.

يسمى الجزء الثالث في المعادلة الجزء الإجتماعي، وهو يمثل عملية التعلم من تجارب الجسيمات الأخرى من جانب بعض الجسيمات المعينة، كما يبين التعاون الإجتماعي وتبادل المعلومات بين الجسيمات. تتألف خوارزمية تحسين سرب الجسيمات من ثلاث خطوات تتكرر حتى ينتهي الحد الأعلى للمحاولات، أو يتحقق أحد شروط التوقف:

- حساب قيمة الملائمة لكل عنصر من العناصر ضمن السرب
- تحديث قيم الملائمة (p_{Best}) لكل عنصر وتحديث أفضل قيمة ملائمة عامة (g_{Best})
- تحديث سرعة وموضع كل عنصر ضمن السرب

```

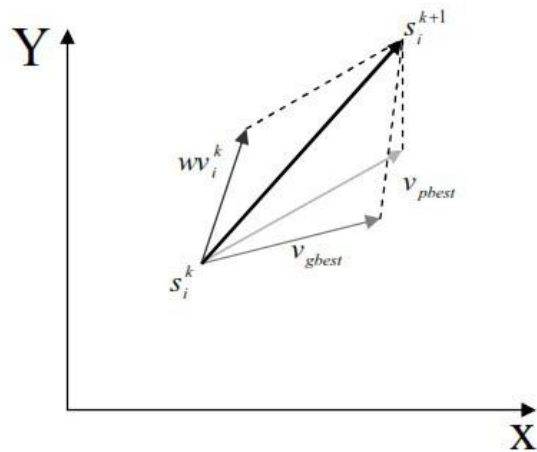
Input: ProblemSize,  $Population_{size}$ 
Output:  $P_{g.best}$ 
Population  $\leftarrow \emptyset$ 
 $P_{g.best} \leftarrow \emptyset$ 
For ( $i = 1$  To  $Population_{size}$ )
     $P_{velocity} \leftarrow RandomVelocity()$ 
     $P_{position} \leftarrow RandomPosition(Population_{size})$ 
     $P_{p.best} \leftarrow P_{position}$ 
    If ( $Cost(P_{p.best}) \leq Cost(P_{g.best})$ )
         $P_{g.best} \leftarrow P_{p.best}$ 
    End
End
While ( $\neg StopCondition()$ )
    For ( $P \in Population$ )
         $P_{velocity} \leftarrow UpdateVelocity(P_{velocity}, P_{g.best}, P_{p.best})$ 
         $P_{position} \leftarrow UpdatePosition(P_{position}, P_{velocity})$ 
        If ( $Cost(P_{position}) \leq Cost(P_{p.best})$ )
             $P_{p.best} \leftarrow P_{position}$ 
            If ( $Cost(P_{p.best}) \leq Cost(P_{g.best})$ )
                 $P_{g.best} \leftarrow P_{p.best}$ 
            End
        End
    End
End
Return ( $P_{g.best}$ )

```

الشكل (٣-٣٩) برنامج لإنتقال العنصر ضمن السرب

المخطط البياني في الشكل (٣ - ٣٩) يبين آلية إنتقال العنصر ضمن السرب والكود الرمزي التالي يمثل الاجرائية التي تعمل بها الخوارزمية. في حال كانت قيمة الملائمة المحسوبة أفضل من "أفضل قيمة ملائمة للعنصر (p_{Best}) ضمن القيم المسجلة في تاريخ العنصر، (أي تحقق الشرط) ٠ يتم تحديد العنصر صاحب أفضل قيمة ملائمة وذلك بالنسبة لكل العناصر ويتم إستخدامه ليكون (g_{Best}) - ثم يتم حساب سرعة العنصر وفق المعادلة (٣-١) مع تحديث موقع العنصر وذلك وفق المعادلة (٣-٢). بعد نهاية تكرار المحاولات يتم إتخاذ الخطوات التالية بشكل متكرر حتى يتحقق الحد الأعلى من الدورات المحددة ضمن ترميز الخوارزمية - أو أن تتحقق شروط التوقف وبذلك يتم الحصول على الحل الأفضل. يمكن وصف تدفق خوارزمية تحسين سرب الجسيمات بإيجاز كما يلي:

أولاً: تهيئة مجموعة من الجزيئات، على سبيل المثال، لإعطاء كل الجسيمات مكان مبدئي (X_i) وسرعة مبدئية (V_i) بشكل عشوائي، ومن ثم حساب قيمة الملائمة (f)، في كل دورة تتكرر، تقييم قيمة الملائمة للجسيمات بواسطة تحليل السرعة وأماكن الجسيمات المستحدثة في المعادلة (٣ - ٢) و (٣ - ٣). عندما يجد الجسيم وضع أفضل من السابق، فإنه سيسجل هذا التنسيق في المتجه (P_1)، الفرق بين المتجه (P_1) والوضع الحالي للجسيمات سيضاف عشوائياً إلى متجه السرعة القادمة، لذلك تجدد الجسيمات التالية البحث حول هذه النقطة، وتعرف بعنصر الإدراك في المعادلة (٣ - ٢) ٠



الشكل (٣ - ٤٠) تعديل مسار وإتجاه سرعة الجسيمات وآلية إنتقال العنصر ضمن السرب

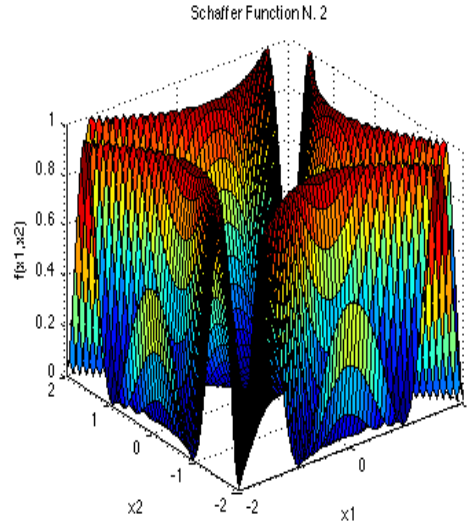
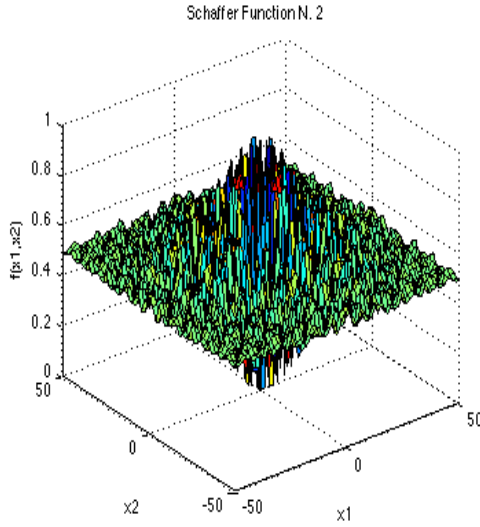
الفرق في الوزن للوضع الحالي لسرب الجسيمات وأفضل مكان للسرب (P_{gd}) سيضاف إلى متجه السرعة لضبط سرعة التجمع التالية، ويسمى المكون الإجتماعي في المعادلة (٣) - (٢)، تمكن هذه التعديلات الجسيمات للبحث حول الحلين، الميزة الأكثر وضوحاً لخوارزمية تحسين سرب الجسيمات هو أن سرعة تقارب السرب مرتفع جداً.

• الحالة الأولى:

الدالة الأمثل: بغرض التحقق من أفضلية خوارزمية تحسين سرب الجسيمات عن الخوارزميات الوراثية في سرعة التقارب، نستخدم أربعة مؤشرات لدالة الإختبار.

❖ الدالة (١) دالة شافر (١٦٠)

$$\min f(X_i) = 0.5 - \frac{(\text{المعادلة ٣-٤})}{[1+0.001(X_1^2+X_2^2)]^2}, -100 \leq X_i \leq 100$$



الشكل (٣ - ٤) تمثيل لدالة شافر

أكبر نقطة في الدالة في الوضع العام هي (٠ و ٠) والقيمة العالمية الأمثل هي (١ و ٠) والقيمة الأكبر في جميع النقاط للمركز (٣ ، ٤) لنصف قطر الدائرة في الحالة العامة من

١٦٠ دالة شافر (١) (F1: Schaffer function)) This function is used as a test function in order

to evaluate the performance of optimization algorithms.

العديد من النقاط الرئيسية للإرتقاء، وهذه الدالة لها رد فعل قوى، لذلك من الصعب إيجاد طريقة عامة للحل الأمثل العالمى.

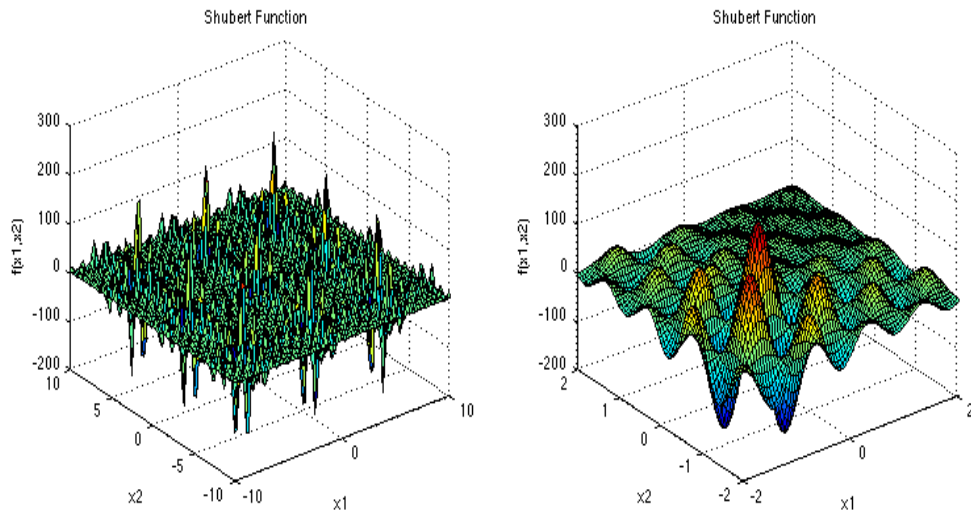
❖ دالة (٢) دالة شبيرت (١٦١)

المعادلة (٣ - ٥)

$$\min \int (X, y) = \left\{ \sum_{i=1}^5 i \cos[(i+1)X + i] \right\} x \left\{ \sum_{i=1}^5 i \cos[(i+1)y + i] \right\}, X, y \in [-10, 10]$$

هذه الدالة لها ٧٦٠ كحد أدنى محلي و ١٨ كحد أدنى عالمي، الحد الأدنى للقيمة العالمية

هو - ١٨٦,٧٣٠٩.



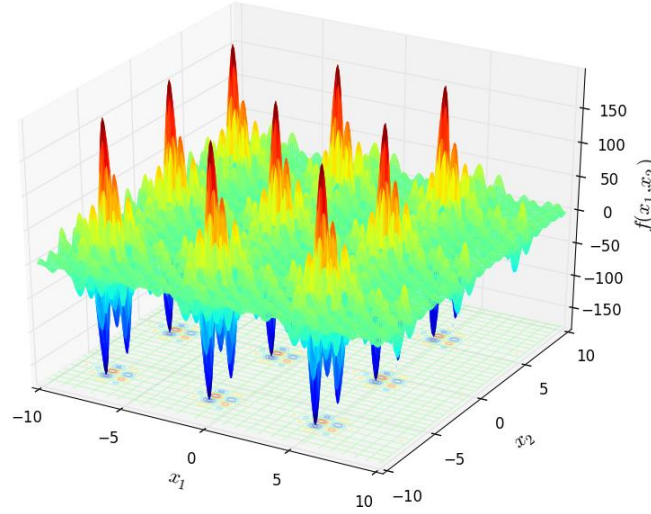
الشكل (٣ - ٤٢) تمثيل لدالة شبيرت

The *Shubert function* has several local minima and many global minima. F2: Shubert function - (دالة ٢) ١٦١ دالة شبيرت

❖ (دالة ٣) دالة هانسن (١٦٢)

المعادلة (٣ - ٦)

$$\min \int (X, y) = \left\{ \sum_{i=1}^5 i \cos[(i-1)X + i] \right\} x \left\{ \sum_{j=1}^5 j \cos[(j+1)y + j] \right\}, X, y \in [-10, 10]$$



الشكل (٣ - ٤) تمثيل لدالة هانسن

هذه الدالة تحتوي على قيمة الحد الأدنى العالمي -٥٤١٧٩٣,٥٤ في هذه النقاط التسعة

التالية:

$$\begin{aligned} & (1, 425128 - , 7, 589893 -), (7, 708314 - , 7, 589893 -) \\ & (7, 708314 - , 1, 306708 -), (4, 858057 , 7, 589893 -) , \\ & (4, 858057 , 1, 306708 -), (1, 425128 - , 1, 306708 -) , \\ & (7, 708314 - , 4, 976478), (7, 708314 - , 4, 976478) , \\ & (4, 858057 , 4, 976478) , \end{aligned}$$

ويمكن الحصول على هذه القيمة الأدنى العالمية، الدالة لها ٧٦٠ حد أدنى محلي.

This class defines the Hansen global optimization problem. Hansen function: دالة هانسن: ١٦٢

This is a multimodal minimization problem

❖ الدالة (٤) دالة كميل

$$\min f(x, y) = \left[4 - 2, 1 x^2 + \frac{x^4}{3} \right] x^2 + xy + (7 - 3) \text{ المعادلة} \\ (-4 + 4y^2)y^2, x, y \in [-100, 100]$$

دالة كميل لها ٦ نقاط حد أدنى محلية:

$$(0, 568651, -1, 607105), (0, 568651, 1, 607105)$$

$$(0, 796084, 1, 703607), (0, 796084, -1, 703607)$$

$$(0, 7126, -0, 0898), (0, 7126, 0, 0898)$$

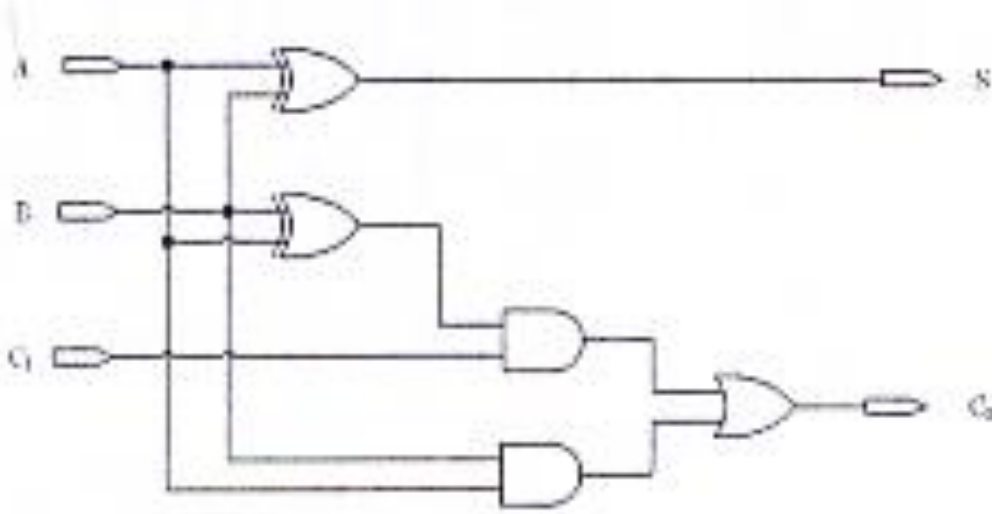
النقاط $(0, 7126, 0, 0898)$ و $(0, 7126, -0, 0898)$ هما النقطتان الأدنى العالمية، وهي القيمة $-1, 031628$. يتم تشغيل الخوارزمية، ومقارنة النتائج مع الخوارزمية الوراثية التقليدية. في هذه التجربة، تتكرر كل حالة ١٠٠ مرة. تلاقي عدد مرات يعني عدد المرات للحصول على حل أفضل من أصل ١٠٠ محاولة. ويبين الجدول (٣ - ٥) إحصاءات النتائج التجريبية من حيث دقة أفضل الحلول.

الجدول (٣ - ٥) مقارنة نتائج التجربة

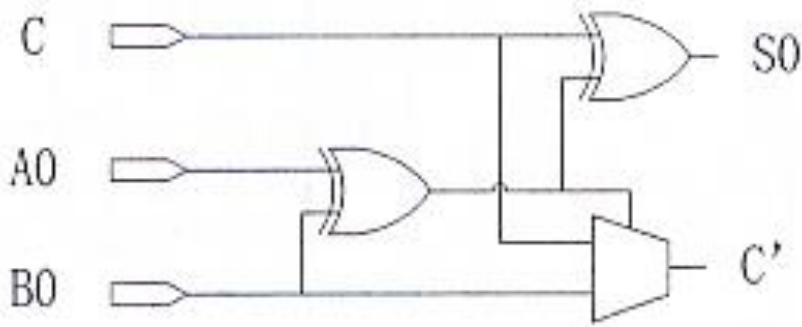
الحل الأمثل	زمن التقارب	الخوارزمية	الدالة
١	٧٢	الخوارزميات الوراثية	دالة شافر
١	٨٠	خوارزمية تحسين سرب الجسيمات	
$-186, 730909$	٧٥	الخوارزميات الوراثية	دالة شبيرت
$-186, 730909$	٧٥	خوارزمية تحسين سرب الجسيمات	
$-176, 541793$	٨٥	الخوارزميات الوراثية	دالة هانسن
$-176, 541793$	٩٠	خوارزمية تحسين سرب الجسيمات	
$-1, 031628$	٢٣	الخوارزميات الوراثية	دالة كميل
$-1, 031628$	٣٢	خوارزمية تحسين سرب الجسيمات	

• الحالة الثانية: بت واحد كامل الإضافة

كان من السهل القيام بتطوير بت واحد كامل الإضافة ولكن أدى إلى دائرة أقل كفاءة، هذه الخوارزميات وراثية كثيرة كانت قادرة على إكتشاف ١٠٠% من الحلول الفنية والتي كانت مرتبطة إرتباطاً وثيقاً بحجم الشكل، ولكن الخوارزمية إستخدمت أشكال صغيرة لإيجاد الحلول التي تعمل بكامل طاقتها وأظهرت تصميم الدوائر الخوارزميات الوراثية في الشكل (٣ - ٤٤) (بخمسة بوابات)، والشكل (٣ - ٤٥) يوضح نتائج الخوارزمية المستخدمة (بثلاث بوابات).



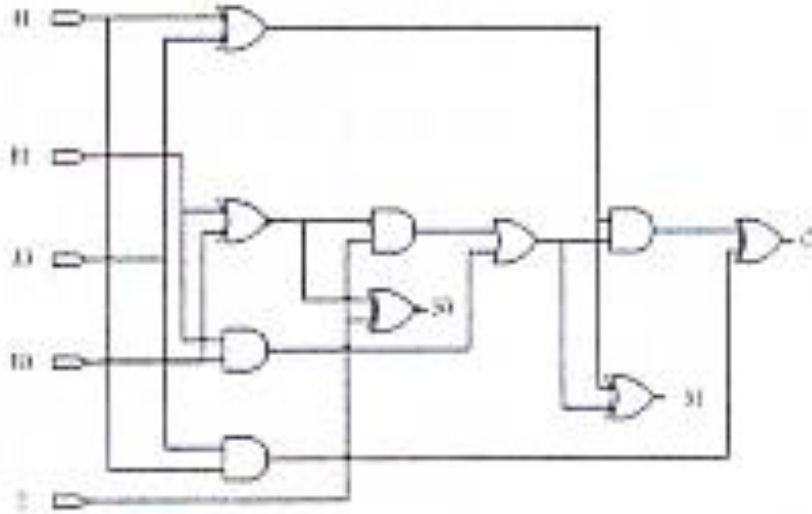
الشكل (٣ - ٤٤) دائرة بت واحد كامل الإضافة مصمم للخوارزميات الوراثية



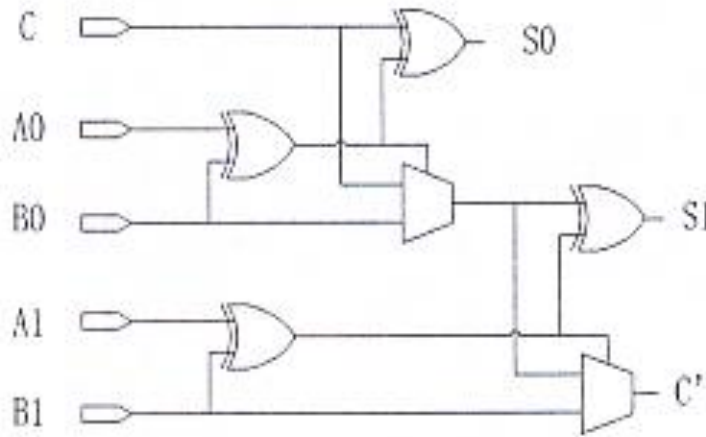
الشكل (٣ - ٤٥) دائرة بت واحد كامل الإضافة مصمم لخوارزمية تحسين سرب الجسيمات

• الحالة الثالثة: إثنان بت كامل الإضافة

دائرة إثنان بت كامل الإضافة، ومع جدول بخمسة مدخلات وثلاث مخرجات،



الشكل (٣ - ٤٦) دائرة بعدد إثنان بت كامل الإضافة مصمم للخوارزميات الوراثة



الشكل (٣ - ٤٧) دائرة بعدد إثنان بت كامل الإضافة مصمم لخوارزمية تحسين سرب الجسيمات

وفي هذه الحالة، تستخدم خوارزمية تحسين سرب الجسيمات أشكال هندسية صغيرة لإيجاد الحلول التي تعمل بكامل طاقتها، المصفوفة بحجم 3×3 أظهرت الدائرة المصممه بالخوارزميات الوراثة في الشكل (٣ - ٤٦) (مع عشرة بوابات) والدوائر الناتجة عن ذلك كما هو مبين في الشكل (٣ - ٤٧) (مع ستة بوابات)

• الحالة الرابعة: دوائر أخرى

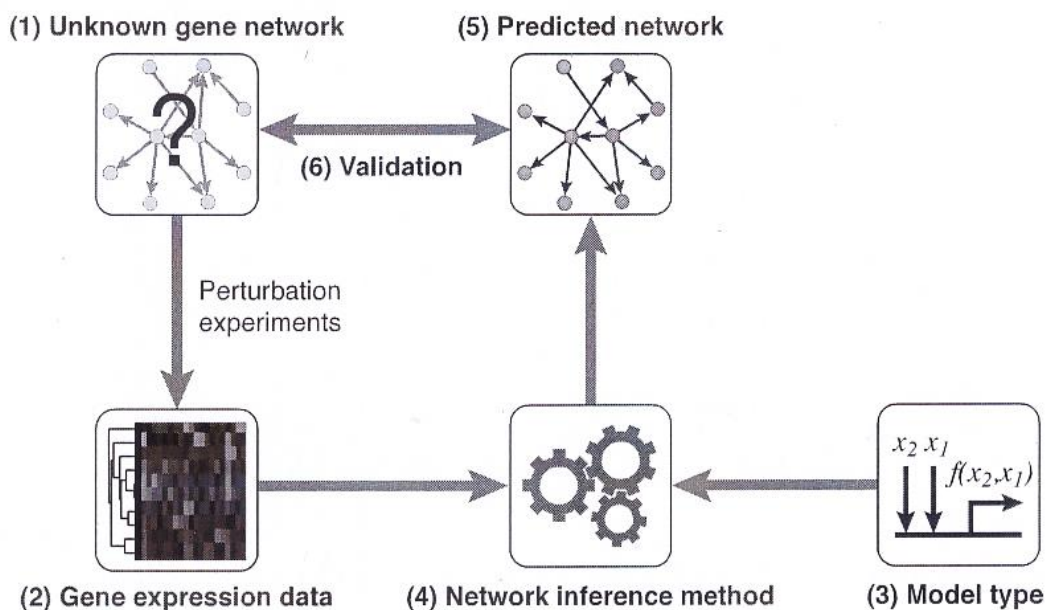
تم لإختيار الحالة الرابعة (خوارزمية كولو) في عام ٢٠٠٠. هناك أربع حالات، تم إستخدام خوارزمية تحسين سرب الجسيمات لتطور النتائج ثم مقارنتها بالجدول (٣ - ٦) ويمكن أن تظهر النتائج أفضلية خوارزمية تحسين سرب الجسيمات عن خوارزميات أخرى خاصة في الحالتين الثانية والثالثة.

الجدول (٣ - ٦) نتائج المقارنة مع خوارزمية كولو

خوارزمية تحسين سرب الجسيمات (عدد البوابات)	نتائج خوارزمية كولو (عدد البوابات)	الحالة
٤	٤	الحالة الأولى: الدالة الأمثل
٦	٧	الحالة الثانية: بت واحد كامل بالإضافة
٥	٦	الحالة الثالثة: إثنان بت كامل بالإضافة
٧	٧	الحالة الرابعة: دوائر أخرى

عقبة رئيسية في تصميم الدوائر الإلكترونية التطورية هي مشكلة الحجم وهذا يشير إلى النمو السريع جداً لعدد البوابات، المستخدمة في الدوائر المستهدفة، كعدد مدخلات لتطور زيادة الوظائف المنطقية. هذه النتائج في مساحة بحث ضخمة والتي من الصعب إستكشافها حتى مع التقنيات المتطورة. عقبة أخرى ذات صلة هي الوقت اللازم لحساب قيمة ملائمة الدائرة، إستخدام الخوارزمية الوراثية التقليدية لتصميم الدوائر الإلكترونية الأمثل هو الوقوع بسهولة في الحلول المثلى المحلية وسرعة التقارب البطيئة. تم إستخدام خوارزمية تحسين سرب الجسيمات للتغلب على سلبيات الخوارزمية الوراثية من خلال تحليل نتائج الإختبار لأربعة معايير التحسين، في السرعة الأمثل، فإن خوارزمية تحسين سرب الجسيمات هي أكفاء من الخوارزمية الوراثية. وأيضاً تم إستخدام خوارزمية تحسين سرب الجسيمات لحل التصميم الأمثل للدوائر، من النتائج تظهر كفاءة خوارزمية تحسين سرب الجسيمات.

يمكن تعريف الهندسة العكسية كعملية معرفة تصميم نظام من خلال دراسة الهيكل، والوظيفه، وتجهيزات العملية، وهدف الهندسة العكسية فهم النظام المستهدف إلى النقطة حيث يمكن أن يعاد بناؤها ونسخها أو تعديلها. الهندسة العكسية لها تاريخ طويل في التخصصات الهندسية التقليدية لفهم المنتجات المنافسة ولحسن الحظ، فإن النظم البيولوجية جري عكسها هندسيا بمعدل لم يسبق له مثيل . لاحظ أن المجال الكامل لبيولوجيا الأنظمة وفقا للتعريف الوارد أعلاه، يمكن أن تعتبر هندسة عكسية ومع ذلك، يستخدم المصطلح غالباً بإحساس أكثر تقييداً، لتصميم الأساليب التي تساعد للإستدلال على الشبكات البيولوجية إستناداً إلى قياسات لمستويات النشاط من مكونات الشبكة. والهدف من أساليب الهندسة العكسية (وتسمى أيضاً أساليب الاستدلال) تحديد الارتباطات التنظيمية للشبكة، وربما للاستدلال الكمي للنموذج الذي يمكن إستخدامه للتنبؤ بديناميكيات الشبكة.



الشكل (٣ - ٤٨) الهندسة العكسية للشبكات الجينية

حيث يمثل كل من الأرقام الموضحة بالشكل الى : (١) شبكة الجينات لهيكل غير معروف (تسمى الشبكة الهدف) (٢) لقياس مستويات التعبير الجيني بعد تطبيق أنواع مختلفة من الاضطرابات إلى الشبكة (٣)

تكوين إطار نمذجة (نوع النموذج) لشبكة الجينات يحتاج إلى تعريف (٤) التنبأ بطريقة الإستدلال بشبكة واحدة أو عدة شبكات التي تتوافق مع بيانات التعبير الجيني المتاحة (٥) تعريف بنية النموذج استناداً إلى نوع النموذج، يمكن الإستدلال على بنية النموذج فقط أو أيضاً نموذج كمي للشبكة (٦) التحقق من الشبكة الجينية المتوقعة مع تجارب إضافية .

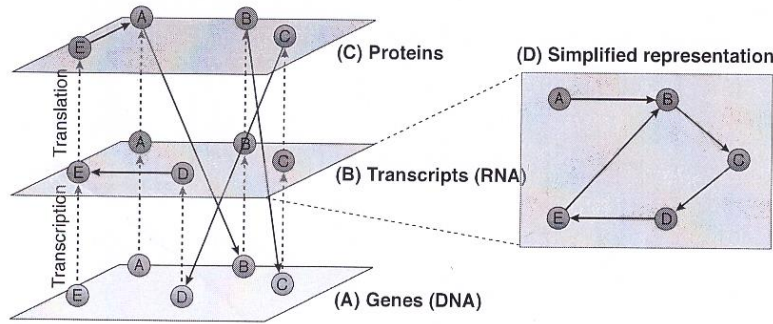
التطبيقات العملية للإستدلال على الشبكة البيولوجية قد يكون لها تأثير قوي على التكنولوجيا الحيوية والصناعات الدوائية، يحتمل أن يمهد الطريق لإعادة التصميم العقلاني لنظم الحياة والتنبأ، وتصميم النماذج الدوائية . الشكل (٣ - ٤٨) يوضح مبدأ الهندسة العكسية للشبكة الجينية . التكنولوجيات المستخدمة لمستويات التعبير الجيني فيما يتعلق بتركيزات الحمض النووي الريبي الميكروي أو البروتين المضي قدما على نحو سريع الخطي على سبيل المثال بإستخدام شرائح الينوكليوتيد (١٦٣) أو تفاعل البوليميراز المتسلسل الكمي (١٦٤) ، فمن الممكن للتحقيق من خلال مجموعة من جينات المستهدفة التي تمثل جزء من شبكة جين غير موصفة (الشبكة المستهدفة) تحت ظروف مختلفة. غالباً ما تستخدم نوعين من بيانات التعبير الجيني: تسلسل الوقت سلسلة و/أو حالة ثابتة. الحصول على بيانات التسلسل الزمني أكثر صعوبة وتكلفة، ولكنها قد تحتوي على مزيد من المعلومات كما أنه توضح ديناميكية الشبكة. تظهر بيانات الحالة الثابتة حالة الشبكة في وقت حيث يفترض أن تكون في حالة توازن . يقاس عادة التسلسل الزمني و/أو مستويات التعبير الجيني في الحالة الثابتة بعد تطبيق إضطرابات مختلفة في الشبكة. يعتمد اختيار الأسلوب المناسب للإستدلال على نوع بيانات التعبير الجيني المتاحة، وعلى نوع النموذج المستخدم لوصف الشبكة المستهدفة.

١٦٣ شرائح الينوكليوتيد - Oligonucleotide synthesis is the chemical synthesis of relatively short fragments of nucleic acids with defined chemical structure (sequence).

١٦٤ تفاعل البوليميراز المتسلسل الكمي A real-time polymerase chain reaction is a laboratory technique of molecular biology based on the polymerase chain reaction (PCR). It monitors the amplification of a targeted DNA molecule during the PCR, i.e. in real-time, and not at its end, as in conventional PCR

٣ - ٢٢ الهندسة العكسية للشبكات الجينية التنظيمية

يتم التحكم في نشاط الجينات في خلية بيولوجية بواسطة الشبكات التنظيمية الجينية، تتكون الشبكات التنظيمية الجينية من مجموعة من الجينات التي قد تتفاعل من خلال الحمض النووي الريبي والبروتين كما هو موضح في الشكل (٣ - ٤٩) على سبيل المثال، قد يرمز الجين لبروتين الذي يمكن ربطه بالحمض النووي ويسمى عامل النسخ، وبالتالي يسمى تنشيط أو تثبيط الجينات الأخرى بالتنظيم النسخي. وإلى جانب التنظيم النسخي، هناك مجموعة متنوعة من الآليات الهامة الأخرى التي تستخدم بالخلايا لتنظيم الجينات، تعمل على مختلف المستويات والمقاييس الزمنية.



الشكل (٣ - ٤٩) مثال توضيحي للشبكة التنظيمية للجينات

(أ) يتم نسخ الجينات إلى الحمض النووي الريبي الميكروي. ينظم معدل النسخ بالبروتينات (المشار لها في الشكل بالأسهم واردة) نسخ الحمض النووي الريبي الميكروي يعالج والبروتينات المقابلة للتوليف (الترجمة). بعض الحمض النووي الريبي الميكروي له الوظيفة التنظيمية ولا يتم ترجمتها. على سبيل المثال، النسخة د هي الحمض النووي الريبي الميكروي الذي يسكت نسخة (E). (ج) البروتينات التنظيمية (عوامل النسخ) تربط الحمض النووي، وتعزيز أو تحول دون التعبير عن الجينات. تتفاعل البروتينات أيضا بين بعضها البعض، على سبيل المثال البروتين (E) يرتبط بالبروتين (A)، وبالتالي يتغير التأثير التنظيمي للبروتين (A) على الجينات (B) (د) يستخدم تمثيل مبسط في شبكة الجينات شبكة عندما يتم قياس مستويات الحمض النووي الريبي الميكروي فقط ويمثل كل جين بنقطة واحدة إلى تمثل نسخة حمضها النووي الريبي الميكروي.

على مستوى الحمض النووي الريبي، النسخ من الجينات يمكن معالجته بطرق مختلفة أو بإسكات الحمض النووي الريبي الميكروي فعلى سبيل المثال. كما قد تتفاعل البروتينات مع

بعضها البعض أو مع إشارات الجزيئات، وبالتالي تفعيل، قمع، أو تعديل الوظائف الخاصة بها، الشبكات التنظيمية للجينات هي دوائر معقدة لهذه التفاعلات التنظيمية المختلفة. اعتماداً على البيئة الخارجية والحالة الداخلية للخلية، الجينات المختلفة بحاجة إلى أن يتم التعبير عنها بقوة أكثر أو أقل لضمان أدائها "الأمثل". على سبيل المثال، تتضمن المادة المضافة جينات تضاف إلى تسلسل العديد من الجينات التي يتم نسخها معاً التي تسمح للإشريكية القولونية لإستخدام سكر اللاكتوز للنمو ومع ذلك، يفضل البكتريا المحيطة سكر الجلوكوز إذا كان متوفر. وهكذا، تستخدم الخلية إشارات تشير إلى مستويات هذين النوعين من السكريات كمدخلات للتحكم في التعبير عن المادة المضافة جينات تضاف إلى تسلسل العديد من الجينات بطريقة لتحسين معدل نمو الخلية. في الكائنات الحية متعددة الخلايا، فإن الشبكات التنظيمية للجينات أيضاً تتحكم في العمليات مثل التنمية والنمو تمييز الخلايا على سبيل المثال، نظراً لأن كل الخلايا من أحد الكائنات متعددة الخلايا لديها نفس الجينوم، يتم تعريف أنواع مختلفة من الخلايا عن طريق التنظيم التفاضلي للجينات. الشبكات التنظيمية للجينات هي بالتالي أداة التحكم الأساسية للنظم الحاسوبية للخلايا والترجمة والنسخ. الروابط هي تأثيرات تنظيمية بين النصوص، لاحظ أن البروتين- وتأثير بروتين لا يمكن ملاحظته في هذا المستوى وهكذا، سوف يلاحظ التفاعل بين البروتينات (A) و (E) فقط بصفة غير مباشرة عن طريق تأثيرها التنظيمي على النص (B)، مما يؤدي إلى روابط (A !B) و (E !B) في التمثيل المبسط. تفهم ذلك خطوة أولى ضرورية لفهم الخلايا على مستوى النظام. تمثل شبكات الجينات غالباً في شكل مبسط كالرسوم البيانية، حيث يتم تمثيل كل جين بعقدة واحدة، والروابط هي التأثيرات التنظيمية بين الجينات. في شبكة الهندسة العكسية للجينات، غالباً ما تقاس مستويات التعبير الجيني في تركيز الحمض النووي الريبسي الميكروي. وفي هذه الحالة، ترتبط العقد مع الحمض النووي الريبسي الميكروي للجينات، والتأثيرات التنظيمية التي يمكن اعتبارها مثل "إسقاط" أنواع مختلفة من التفاعلات التنظيمية على "مساحة الحمض النووي الريبسي"، كما هو مبين في الشكل (3 - 49 د).

٣ - ٢٣ النهج الإحصائي

إذا كان جين (A) ينظم الجين (B)، تميل تعبيراتهما إلى الارتباط بمعنى اعتمادهما إحصائياً على بعضها . يتنبأ النهج الإحصائي بالتفاعلات التنظيمية بين الجينات استناداً إلى التدابير المتشابهة في ملفات التعبير الجيني، على سبيل المثال الارتباط الشرطي أو الارتباط الجزئي. مقياس أكثر عمومية للتشابه عن الترابط يتم بتبادل المعلومات بمعنى إستنتاج التفاعلات التنظيمية استناداً إلى المعلومات المتبادلة. في الآونة الأخيرة، أقرحت عدة طرق لتطوير هذا النهج باستخدام إستراتيجيات مختلفة إحصائياً في تقييم ما إذا كانت القيم المعطاة لتبادل المعلومات كافية، وما إذا كانت تتوافق مع التفاعلات السببية وبالتالي تعتبر مقدمة ممتازة لنهج المعلومات النظرية في الاستدلال في شبكة الجينات. الأساليب الإحصائية لا تتطلب تعريف نموذج احتمالي أو ديناميكية مفصلة لشبكة الجينات وهذه ميزة، لأن اختيار النموذج "الصحيح" في البند (٣) في الشكل (٣ - ٤٩) يمكن أن يكون صعباً في الممارسة، وعلاوة على ذلك، فإن الأساليب الإحصائية يمكن تطبيقها للشبكات الكبيرة مع آلاف جينات، وتتطلب بيانات للتعبير الجيني أقل من غيرها من أساليب الهندسة العكسية. ويأتي ذلك في التكلفة فقط في بنية الشبكة حتى يتم الاستدلال، ولا يعتبر نموذج كمي يمكن استخدامه لمحاكاة الشبكة، والتنبؤ باستجاباتها في ظروف مختلفة على سبيل المثال:

• شبكات بايزية

وتعتبر شبكات بايزي نماذج لاحتمالية الرسوم، في هذا الإطار، يتم تمثيل مستويات التعبير الجيني كمتغيرات عشوائية (Xi) وتمثل عقد الشبكة. تمثل حواف الشبكة التبعيات المباشرة بين المتغيرات العشوائية، أي التفاعلات التنظيمية المباشرة . يحتوي كل جين (i) على توزيع احتمالي شرطي مرتبط (P Xi) Ri j حيث Ri = fXj, Xk, ...g هو مجموعة المنظمين للجينات (i) (وتسمى أيضا آباء وأمهات (Xi) في شبكة بايزية وهكذا إستدلال على كميات شبكات بايزي لإيجاد التبعيات المباشرة بين الجينات والتوزيعات الاحتمالية المشروطة المقابلة التي من الأرجح، تشبه كثيرا بيانات التعبير الجيني المقاسة فقد أصبحت شبكات بايزي ذات

نهج شعبي للجينات للإستدلال على شبكة الجينات قيداً رئيسياً هو أن شبكات بايزي هي رسوم بيانية، أي، وأنها لا يمكن أن تمثل حلقات التغذية المرتدة في الشبكات ويمكن التغلب على هذا القيد باستخدام شبكات بايزي الديناميكية ومع ذلك، هذه بدورها الحد إلا أنه يمكن إستخدامها مع بيانات التسلسل الزمني.

• النمادج الديناميكية

مجموعة واسعة من إستنتاجات أساليب نموذج الشبكات التنظيمية الأنظمة الديناميكية للجينات، عادة باستخدام المعادلات التفاضلية العادية وفي هذا الإطار، ديناميكية الجينات (i) يمكن وصفها بالمعادلة

$$\frac{dx_i}{dt} = f(x) \quad \text{المعادلة (٣-٨)}$$

حيث: (X_i) وهو مستوى التعبير الجيني (i) و (X) هو حالة المتجه الذي يحتوي على مستويات التعبير لجميع الجينات وهناك نوعان رئيسيان من أساليب الإستدلال للنماذج الديناميكية، أساليب تستند إلى النماذج الخطية (أي، الدالة f دالة خطية) وأساليب تستند إلى النماذج غير الخطية. النموذج الخطي، وهو تقريب من الدرجة الأولى من ديناميكيات التعبير الجيني، هو النموذج الديناميكي الأكثر إستخداماً للإستدلال على الشبكة الجينية وميزته الرئيسية أنه يمكن إستنتاج تحليلي باستخدام التناقص متعدد المتغيرات وغيرها من التقنيات القياسية لنظام تحديد الهوية ومع ذلك، فإن تنظيم الجينات المعروف غير خطي بقوة ومن ثم فإن الإستقامة صالحة عموماً فقط في النظم الصغيرة، أي قريبة من الحالة الثابتة أو المستقرة. بعض النماذج غير الخطية (تلك الخطية في المعلمات) يمكن أيضاً الإستدلال عليها باستخدام التناقص متعدد المتغيرات ومع ذلك، عموماً، النماذج الغير خطية لا يمكنها الإستدلال على الأساليب من الناحية التحليلية والعديدية لطرق التحسين التي تستخدم أسلوب الهندسة العكسية التطورية المقترحة تهدف إلى إستنتاج النماذج الغير خطية.

References:

1. University of Utah Genetics Learning Center animated tour of the basics of genetics. Howstuffworks.com. Retrieved 2008-01-24.
2. Eye color is more complex than two genes, Athro Limited, 2010
3. "Low income kids' height doesn't measure up by age 1". University of Michigan Health System. Retrieved May 20,2008.
4. Cystic fibrosis Genetics Home Reference, NIH, Accessed 16 May 2008
5. Structures of Life National Institute of General Medical Sciences, 2008
6. DNA-RNA-Protein Nobelprize.org, Accessed 20 May 2008
7. What is Albinism? The National Organization for Albinism and Hypopigmentation, Accessed 20 May 2008
8. Genetic Variation Understanding Evolution, Accessed 20 May 2008
9. Genetic engineering: Bacterial arsenal to combat chewing insects GMO Safety, Jul 2010
10. Genetically engineered organism's public issues education Cornell University, Accessed 16 May 2008
11. "Terms and Acronyms". U.S. Environmental Protection Agency online. Retrieved 16 July 2015.
12. Vert, Michel; Doi, Yoshiharu; Hellwich, Karl-Heinz; Hess, Michael; Hodge, Philip; Kubisa, Przemyslaw; Rinaudo, Marguerite; Schué, François (2012). "Terminology for biorelated polymers and applications (IUPAC Recommendations 2012)"
13. Van Eenennaam, Alison. "Is Livestock Cloning Another Form of Genetic Engineering?" May 2011.
14. Panesar, Pamit et al (2010) "Enzymes in Food Processing: Fundamentals and Potential Applications", Chapter 10,
15. Zohary, Daniel; Hopf, Maria; Weiss, Ehud (2012). Domestication of Plants in the Old World: The origin and spread of plants in the old world. Oxford University Press.
16. Zebulum, R. S., Pacheco, M. A. and Vellasco, M. M, "Evolutionary Electronics: Automatic Design of Electronic Circuits and Systems by Genetic Algorithms", CRC Press; 2001.
17. Coello, C. A., Christiansen, A. D. and Aguirre, A. H, "Using Genetic Algorithms to Design Combinational Logic Circuits", Intelligent Engineering through Artificial Neural Networks, vol.6; 1996, p.391-396.
18. X.S.Yan, Wei Wei et.al, "Design Electronic Circuits by Means of Gene Expression Programming", Proceedings of the First NASA/ESA Conference on Adaptive Hardware and Systems, IEEE Press; 2006,

19. Coello C, Aguirre A, Buckles B, "Evolutionary Multiobjective Design of Combinational Logic Circuits", In Proc. of the Second NASA/DOD Workshop on Evolvable Hardware(EH'00); 2000, p.161-172.
20. Coello C. A. C., Luna E. H., Aguirre A. H. E. A Comparative Study of Encodings to Design Combinational Logic Circuits Using Particle Swarm Optimization, Proceedings of the 2004 NASA/DoD Conference on Evolvable Hardware; 2004, p. 71-78.
21. X.S. Yan et.al, "Representations of Evolutionary Electronics", Proceedings of the 3rd International Symposium on Intelligence Computation & Applications, Springer Press; 2008 ,p. 67-78.
22. X.S. Yan et.al, "Design Electronic Circuits Using Evolutionary Algorithms", Journal of Next Generation Information Technology. Vol.1(1), HUMAN AND SCIENCES PUBLICATION; 2010, p.127-139.
23. X.S. Yan et.al, "Designing Electronic Circuits Using Cultural Algorithms", Proceedings of Third International Workshop on Advanced Computational Intelligence, 2010, p. 299-303.
24. X.S. Yan et.al, "Electronic Circuits Automatic Design Algorithm", Proceedings of Sixth International Conference on Natural Computation, IEEE Press; 2010, pp.2334-2337.
25. Zebulum, R. S., Pacheco, M. A. and Vellasco, M. M., Evolutionary Electronics: Automatic Design of Electronic Circuits and Systems by Genetic Algorithms, CRC Press, 2001
26. Thompson, A. and Layzell, P, Analysis of unconventional evolved electronics, Communications of the ACM (1997), Vol. 42, 71-79
27. Clare M, Kennedy J, The Particle Swarm - Explosion, Stability, and Convergence in a Multidimensional Complex Space, IEEE Trans. on Evolutionary Computation, 2002, vol.6(1), 58-73
28. C.A. Coello and M.S. Lechuga, Mopso, A proposal for multiple objective particle swarm optimization, In IEEE Proceedings World Congress on Computational Intelligence, 2002, 1051- 1056
29. Coello C, Aguirre A, Buckles B. Evolutionary Multiobjective Design of Combinational Logic Circuits, In Proc. of the Second NASA/DOD Workshop on Evolvable Hardware, 2000, 161-172
30. Xuesong Yan, Qinghua Wu, Chengyu Hu, Qingzhong Liang, Circuit Design Based on Particle Swarm Optimization Algorithms, Key Engineering Materials, 2011, Vol. 474-476, 1093-1098