جامعة السودان للعلوم والتكنولوجيا

كلية علوم الحاسوب وتقانة المعلومات

قسم نظم الحاسوب والمعلومات

Flights Scheduling

جدولة الرحلات الجوية

مشروع مقدم كأحد متطلبات الحصول على بكالوريوس الشرف في نظم الحاسوب والمعلومات

أكتوبر 2017

بسم الله الرحمن الرحيم

جامعة السودان للعلوم والتكنولوجيا
كلية علوم الحاسوب وتقانة المعلومات
قسم نظم الحاسوب والمعلومات

Flights Scheduling

جدولة الرحلات الجوية

مشروع مقدم كأحد متطلبات الحصول على بكالوريوس الشرف في نظم الحاسوب و المعلومات

إعداد الطالبات:
شيماء عبد الإله عبدالله أحمد
ملاذ عماد الدين الهادي
زينب النظيف عثمان
علياء إسماعيل محمد

إشراف: د.وفاء فيصل مختار

التاريخ :...../...../.....

توقيع المشرف :.....

اكتوبر 2017

الآية

بسم الله الرحمن الرحيم

"يَرْفَعِ اللَّهُ الَّذِينَ آمَنُوا مِنكُمْ وَالَّذِينَ أُوتُوا الْعِلْمَ دَرَجَاتٍ وَاللَّهُ بِمَا تَعْمَلُونَ خَبِيرٌ"

صدق الله العظيم

سورة المجادلة الآية رقْم 11.

الإهداء

إلى من جرع الكأس فارغاً ليسقيني قطرة حب
إلى من كلّت أنامله ليقدم لنا لحظة سعادة
إلى من حصد الأشواك عن دربي ليمهد لي طريق العلم
إلى القلب الكبير **(والدي العزيز)**

إلى من أرضعتني الحب والحنان
إلى رمز الحب وبلسم الشفاء
إلى القلب الناصع بالبياض **(والدتي الحبيبة)**

إلى القلوب الطاهرة الرقيقة والنفوس البريئة إلى رياحين حياتي **(إخوتي)**

الآن تفتح الأشرعة وترفع المرساة لتنطلق السفينة في عرض بحر واسع مظلم هو بحر الحياة وفي هذه الظلمة لا يضيء إلا قنديل الذكريات ذكريات الأخوة البعيدة إلى الذين أحببتهم وأحبوني **(أصدقائي)**

الحمد لله

الحمد لله الذي بنعمته تتم الصالحات، الحمد لله الذي خلق الأرض والسموات، الحمدلله الذي علم العثرات، فسترهاعلى أهلها وانزل الرحمات وأنزل الرحمات ، فله الحمد ملء خزائن البركات وله الحمد عدد ما تتابعت بالقلب النبضات ، وله الحمد عدد حبات الرمل في الفلوات ، وعدد زرات الهواء في الأرض والسماوات، وعدد الحركات والسكنات .

سبحانه سبحانه سبحانه الطير سبحه والوحش مجده والموج كبره والحوت ناجاه والنمل تحت الصخور الصم قدسه.

الناس يعصونه سرا فيسترهم والعبد ينسي وربي ليس ينساه ، اشهد أن لا اله إلا الله لا مفرج للكربات إلا هو، ولا مقبل للعثرات إلا هو، ولا مدير للملكوت إلا هو ، ولا سامع للصلوات إلا هو، ما نزل غيث إلا بمداد حكمته ، وما انتصر دين الا بمداد عزته، وما اقشعرت القلوب إلا من عظمته ، وما سقط حجر من جبل الا من خشيته، وأشهد إن محمدا عبده ورسوله قام في خدمته ، وقشي نحه في الدعوة لعبادته ، واقام اعوجاج الخلق بشريعته، وعاش للتوحيد ففاز بخلته، وصبر على دعوته فارتوي من نهر محبته ، صلي الله عليه وسلم تسليما كثيرا.

الشكروالعرفان

الحمد لله الذي جعل لنا من العلم نورا نهدي به و بعد...

نتقدم ببحثنا هذا إلى زملائنا التلاميذ و إلى كل من يجمعنا بهم رباط العلم من مستمعين و قراء و مدرسين فهذا البحث يشمل .....الذي نامل ان يعجبكم

و اذا نحن نضع بين ايديكم هذا البحث الذي نرجو ان يكون في المستوى و نامل اننا على الاقل لم نقصر و لم نهمل تبيان جواهر عناصر البحث لاننا محصورين بعاملين اثنين يصعب التوفيق في كثير من الاحيان بينهما و هما الوقت الموزع بين مختلف المواد الذي يتشكل منها المنهاج الدراسي و كذلك الاحاطه النسبيه بموضوع البحث الذي هو مبتغانا و كذلك نرجو من الاساتذه ان يكونوا لاقسامهم النظرة الكاملة و الشاملة لمختلف الدروس مع تفادي النظرة التجزيئية

نرجو من الاساتذة الكرام و كذلك اخواننا التلاميذ ان لا تبخلوا علينا بملا حظاتكم و اقتراحاتكم البناءة لنصوب اخطاءنا و نتفادى زلاتنا و نتلافى العيوب التي يمكن اننا ولا شك وقعنا فيها

و الله نسال ان يديم نعمته علينا و ان يحفظ وطننا من كل كيد و من كل شر و ان يهدينا سواء السبيل

و نسال الله عز و جل ان يوفقنا و يجعل النجاح حليفنا....

ونتوجه بالشكر الجزيل إلى:

الدكتورة الفاضلة : وفاء فيصل مختار

التي أشرافت على هذا البحث فجزاها لله عنا كل خير و لها منا كل التقدير والإحترام.

كما نتقدم بخالص الشكر والتقدير إلى الأستاذ: وليد بابكر الصديق بشير،لعلمه وفضله،وحسن توجيه، فله منا خالص الشكر والتقدير

وفقه الله.. .

المستخلص

أصبح استخدام الحاسوب ضروريا في حياتنا وما نشاهده من تطور هائل وسريع في تكنولوجيا المعلومات ما هو إلا دليل على أهمية إستخدامه ، إذ لم يعد هناك حقل من حقول المعرفة إلا والحاسوب يلعب الدور الأكبر فيه ويعد الحاسوب من الركائز الأساسية التي تولد الإبداع التقني المعاصر، وهو الوسيلة الأوسع انتشاراً، والأكثر تأثيرا فهو يقوم بتحويل الأنظمة اليدوية إلى إلكترونية.

شركات الطيران والمطارات تسعي للتطوير أنظمتها من خلال أدخال التقنيات الجديدة على الطريقة التقليدية المتبعة. من أكبر المشاكل التي تواجهم صعوبة وضع جداول الرحلات، تنظيم حركة الطائرات داخل المطار، وإضافة رحلة في وقت محدد وطائرة محددة بدون وجود أي تعارض زمني بين الرحلات.

في هذا البحث تم إنشاء نظام يسهل عملية وضع الجداول للخطوط الجوية السودانية والطيران المدني لحل مشكلة إهدار الوقت والجهد في القيام بعملية الجدولة وذلك من خلال نظام جدولة الرحلات الجوية الذي يمكن من استخدام النظام دون عناء، و إنشاء جدول للرحلات الجوية لكل من الخطوط الجوية السودانية والطيران المدني بحيث يراعي القيود الموضوعة بنوعيها صعبة وناعمة.

Abstract

Nowadays the use of computer starts to be an essential and important part in our life. What we see in huge and fast development in information technology is an indicator of the importance of its use. Computer is integral part in any scientific field. Computer is one of the basic crutches for contemporary technical creativity. Computer is the most effective and most predomenent tool.

Computer helps to change any manual system to electronic system. Airline business and airports are seeking for development for their systems by using new technology instead of the classic one. One of the biggest problems which face them is scheduling the inflight, organizing the planes movement inside the airport, adding inflight for spacfic time and specific plane without opposing another one and difficulty in dealing with emergency in scheduling.

In this project specific system have been done for scheduling the Sudanese airline and civic airline inflight. This project will save a lot of time and effort. Te system is easy to use and follow the rules and regulation of Sudanese airline and civic airline.

جدول الأشكال

شكل (1.4) أداة التحسين (Optimization Toolbox) 27
شكل (2.4)واجهة الماتلاب الرسومية..... 31
شكل (3.5) دالة الأمثلية المراد الوصول إإليها 33
شكل (4.5) إدخال اسم الدالة وعدد متغيراتها..... 33
شكل (5.5) تنفيذ الخوارزمية الجينية..... 34
شكل (6.5)عملية التهجين(crossover) 34
شكل (7.5)عملية الطفرة (mutation)..... 35
شكل (8.5) توقف الخوارزمية والحصول على قيم لملء الكرموسوم من(final point)..... 35
شكل (9.5) تسجيل الدخول للنظام 37
شكل (10.5)عملية إضافة البيانات..... 38
شكل (11.5)عملية تعديل البيانات 39
شكل (12.5)تسجيل الدخول 39
شكل (13.5)الواجهة الرئيسية للنظام..... 40
شكل (14.5)واجهة إضافة بيانات الرحلة 41
شكل (15.5)واجهة تعديل بيانات الرحلة 41
شكل (16.5)نموذج لجدول الرحلات الجوية..... 42

فهرس الجداول

جدول (1.2)مستخلص الدراسات السابقة..... 13
جدول (2.3)جدول يوم للخطوط الجوية السودانية..... 18
جدول (3.3) يوضح جدول السفريات العالمية 19
جدول (4.3) يوضح جدول السفريات المحلية 19
جدول (5.3) نموذج لجدول يوم للطيران المدني 21
جدول (6.3) يوضح أسماء شركات الطيران وعدد رحلاتها في الاسبوع..... 22
جدول(7.5) الجدول الإسبوعي للخطوط الجوية السودانية..... 36

فهرس المحتويات

الآية .....أ

الحمد لله .....ت

الشكروالعرفان .....ث

المستخلص ..... ج

Abstract ..... ح

الباب الأول..... 1

المقدمة 1

1.1 جدولة الرحلات الجوية 1

2.1 مشكلة البحث 2

3.1 أهداف البحث 2

4.1 أهمية البحث 2

5.1 مدى البحث 3

6.1منهجية البحث 3

7.1 هيكلية البحث 3

الباب الثاني 4

الخوارومية الجينية والجدولة الزمنية..... 4

1.2 مقدمة:..... 5

2.2 الخوارزمية الجينية 5

3.2 الجدولة الزمنية..... 8

4.2 جدولة صيانة الطائرات..... 10

5.2 جدولة الطاقم..... 10

6.2 جدولة الموظفين..... 11

7.2 جدولة المحاضرات..... 11

8.2 جدولة المحلات 12

9.2 الخلاصة..... 14

الباب الثالث 15

منهجية البحث 15

1.3 مقدمة: 16

2.3 منظمة الطيران المدني الدولي ICAO..... 16

(International CivilAviationOrganization) : 16
3.3 منظمة الآياتا IATA 16
(International Air Transport Association): 16
4.3 منهجية البحث 17
5.3 الخلاصة 23
الباب الرابع 24
الأدوات والتقنيات المستخدمة 24
1.4 المقدمة 25
2.4 الماتلاب 25
3.4 Optimization Toolbox 26
4.4واجهات المستخدم في الماتلاب (User Interface) 30
5.4الخلاصة 31
الباب الخامس 32
تصميم النظام 32
1.5المقدمة 33
2.5واجهات نظام الخطوط الجوية السودانية 33
3.5 المخططات التتابعية لواجهات هيئة الطيران المدني 37
4.5 واجهات نظام هيئة لطيران المدني 39
5.5الخلاصة 42
الباب السادس 43
النتائج والتوصيات 43
1.6 النتائج 44
3.6 الخاتمة 44
المراجع 45

الباب الأول

المقدمة

1.1 جدولة الرحلات الجوية

لطالما كان الطيران حلم الإنسان منذ القدم، حيث قام عبر التاريخ بالعديد من التجارب في هذا المجال، فقد عمل على تصميم وصناعة بعض أنواع الطائرات الورقية، وحاول تكبير حجم هذه الطائرات من أجل أن يحمل معها بعض الأشياء والطيران بها، كما حاول الإنسان أن يطير بنفسه ولعلَّ محاولة عباس بن فرناس واحدة من أشهر المحاولات في هذا المجال، تمكن الإنسان من الطيران في أواخر القرن التاسع عشر الميلادي، أما في القرن العشرين فقد تطور الطيران بشكل سريع ، حيث إنه صار من العلامات الفارقة لهذا القرن، ولا زال الطيران آخذاً بالتطور، وذلك من خلال العمل على تطوير الطائرات، وخدمات الطيران المختلفة.

تعتبر شركات الطيران في العالم إليوم رافداً اقتصادياً للدول التي لا تعتمد على النفط كمصدر وحيد للطاقة، كما أن فكرة إنشاء شركات طيران تجارية متنوعة في ذات البلد الواحد تعتبر من أبرز القيم الاقتصادية الناهضة التي تحرك عجلة الاقتصاد والسياحة والإستثمار الصحيح في آنٍ واحد. إن إصرارنا على الجمود والبقاء على شركة طيران واحدة لا ينسجم مع فكرة العولمة التجارية وتنويع مصادر الدخل بالنسبة للدولة، كما أن كل دول العالم إليوم تقريباً تتمتع بوجود أكثر من شركة طيران على أراضيها، قد تكون واحدة منها «الشركة الوطنية» الأم، أمَّا البقية فتعتبر شركات تجارية مكمِّلة، وهذه الفكرة هي التي نتبناها من أجل مستقبل اقتصادي رصين لا يُحمِّل الدولة أي فلس من ميزانيتها، بل بما يساهم وجودها في تنمية الاقتصاد الوطني والمحلي. تحقق الجداول المنتظمة (الجداول الثابتة) في شركات الطيران والمطار أعلى نسبة أرباح لذلك يجب مراعاة الدقة العالمية عند وضعها.

2.1 مشكلة البحث

يعتبر وضع الجدول الزمني للخطوط الجوية السودانية والطيران المدني أمر بالغ الصعوبة، بحيث تأخذ الجداول فترات زمنية طويلة لإعدادها، وصعوبة التعامل مع المشاكل التي قد تطرأ على الجداول، والذي سيؤثر على جدول مواعيد الرحلات المعد مسبقا. والتأثير لن يكون قاصر على رحلة جوية واحدة، بل سيمتد إلى عدد كبير من الرحلات لأن كل طائرة لها مسار محدد يتكون من مجموعة رحلات متتابعة.

3.1 أهداف البحث

- تطبيق واجهات المستخدم و الخوارزمية الجينية في انشاء جداول الرحلات الجوية.
- إنشاء جدول لمطار الخرطوم الدولي والتابع لهيئة الطيران المدني مع مراعاة الطائرات الهابطة والمقلعة.
- عمل جدول للخطوط الجوية السودانية مع مراعاة المسارات المحددة من قبل المطارات الأخرى.
- توفير الية إضافة طائرات جديدة لم تكن موجوده بالجدول

4.1 أهمية البحث

تكمن أهمية هذاالبحث في حل مشكلة التضارب الذي ينتج من الطريقة التقليدية لعمل الجداول، الذي

يتسبب في عدم التنسيق وضياع الزمن، وذلك بتكوين جدول ثابت مما يعزز من موثوقية شركة الطيران و المطار، وبناءاعليه يتم تنسيق جدول أعمال المسافرين و التنبؤ بعدد الركاب الذين يريدون السفروتحديد الإيرادات المتوقعة، والتكلفة الربحية المرتبطة بجدول زمني معين عن طريق زيادة تخصيص الطائرات لمسارات جديدة لم تكن موجودة في الجدول.

5.1 مدى البحث

يقدم هذا البحث جداول زمنية للطائرات الهابطة والمقلعة لكل من مطار الخرطوم الدولي والخطوط الجوية السودانية ،مع مراعاة جدول الصيانة وغيرها .

6.1 منهجية البحث

في هذا البحث سوف نقوم بإستخدام:

- الخوارزمية الجينية لتوليد جدول الخطوط الجوية السودانية.
- واجهات المستخدم الرسومية وقاعدة البيانات لتصميم نظام الطيران المدني، مع إمكانية إضافة وتعديل الرحلات.

7.1 هيكلية البحث

يحتوي هذا البحث على سته أبواب كالتالي:

الباب الأول: يوضح الإطار العام للبحث والمشاكل الحالية التي تواجه مطار الخرطوم الدولي والخطوط الجوية السودانية لعدم وجود نظام خاص يهتم بتناول الحلول المقترحة وأفضل الطرق لحل هذه المشاكل ثم يأتي فيه بيان لأهداف الحل المقترح، كما يتناول بإختصار الأدوات التي سيتم إستخدامها في بناء هذا المشروع.

الباب الثاني: الخوارزمية الجينية والجدولة الزمنية.

الباب الثالث: يوضح منهجية البحث المتمثلة في تحليل النظام الحالي لكل من الخطوط الجوية السودانية وهيئة الطيران المدني السوداني .

الباب الرابع: يبين الأدوات والتقنيات المستخدمة في تطبيق النظام المقترح..

الباب الخامس:تصميم النظام.

الباب السادس:النتائج والتوصيات.

الباب الثاني

الخوارومية الجينية والجدولة الزمنية

1.2 مقدمة:

في هذا الباب سوف نتطرق إلى نبذة عن الخوارزمية الجينية وكيفية عملها والجدولة الزمنية وقواعدها وأساليبها، و الدراسات التي شملت مفهوم الجدولة بالأخص في جدولة (الصيانة، طاقم الطائرة ، المحلات و الموظفين) لحل مشاكلتها واستخدمت بعض من الطرق المستخدمة في تحسين الجدولة، وبعض الدراسات التى شملت الجدولة في تطوير شركات الطيران .

2.2 الخوارزمية الجينية

الخوارزمية الجينية تنتمي إلى فئة الخوارزميات التطورية وهي جزء من علم الذكاء الاصطناعي بحيث يتم محاكاة الحل بما يشابه نظام التطور الجيني في الطبيعة من خلال تمثيل بعض العمليات الجينية مثل الاختيار الطبيعي والصراع للبقاء والطفرات، ويمكن تقسيمها إلى أربعة أنواع رئيسية من الخوارزميات الخوارزمية الجينية ، البرمجة الوراثية، استراتيجيات التطور والبرمجة التطورية. وتستند جميع هذه الأنواع من الخوارزميات إلى عدد من الأفراد في الجيل .وقد طبقت الخوارزميات التطورية على العديد من المشاكل ، مثل مشاكل الجرد، الإنتاج، الجدولة، التوزيع والجدولة الزمنية . الخوارزمية الجينية هي البديل الأكثر شعبية من الخوارزميات التطورية.(14)

الخوارزمية الجينية هي طريقة لحل مشاكل التحسين المقيدة وغير المقيدة التي تقوم على الانتقاء الطبيعي، وهي العملية التي تدفع التطور البيولوجي، و تعدل عدة مرات في مجموعة من الحلول الفردية ،في كل خطوة تقوم الخوارزمية الجينية بإختيار الأفراد عشوائيا من الأجيال الحالية ليكونوا الأباء لإنتاج الأبناء للجيل القادم.

وعلى مدى الأجيال المتعاقبة تتطورالأجيال نحو الحل الأمثل. ويمكن تطبيق الخوارزمية الجينية لحل مجموعة متنوعة من مشاكل التحسين التي ليست مناسبة تماماً لخوارزميات التحسين القياسية، بما في ذلك المشاكل التي تكون فيها وظيفة الهدف متقطعة، غير متكافئة، عشوائية، أو غير خطية للغاية.

تعتبر الخوارزمية الجينية من التقنيات الهامة في البحث عن الخيار الأمثل من مجموعة حلول متوفرة لحل مشكلة معينة، وتعتمدعلى مبدأ داروين (البقاء للأفضل) في عملية إختيار الحلول المثلى من خلال عملية التوالد المتعاقبة وتدعيم هذة الصفات، وتكون لهذة الصفات القدرة الأكبر على دخول عملية التوالد وإنتاج ذرية مثلى وبتكرار الدورة الوراثية تتحسن نوعية الذرية تدرجياً. ويتم تنفيذها بإتستخدام الكرموسات كأفراد في العمليات التي تقوم بها لإيجاد أفضل الحلول.

تعمل الخوارزمية على توليد حلول جديدة بالشكل المعروف بالكرموسوم ويتم إختيارها بشكل عشوائي لإنتاج أفراد جدد، وهي مفيدة لإيجاد الحل الأمثل للمشكلات المتعددة الأبعاد التي يمكن أن تشفر قيم المتغيرات المختلفة على شكل كرموسوم. في كل جيل يتم حساب دالة الأمثلية لكل كرموسوم بشكل منفرد ويتم إختيار أفضل الكرموسومات اعتمادا على أفضل القيم المنتجة ومن ثم تأتي عملية التهجين والطفرة، وتتوقف الخوارزمية عندما تصل إلى أفضل حل تحققه أو تتوقف بسبب الحصول على أكبر عدد من الأجيال وعدم تحقيق الحل الأمثل.

عمل الخوارزمية الجينية يلخص في الأتي:

- تبدأ الخوارزمية من خلال تكوين الجيل الأول عشوائيا.

- يتم تكوين سلسلة من الأجيال الجديدة في كل خطوة وتستخدم الخوارزمية الأفراد في الجيل الحالي لإنشاء مجموعة أجيال جديدة.
- لإنشاء عدد من الأجيال الجدد تقوم الخوارزمية بتنفيذ الخطوات التالية:
  1- حساب قيمة دالة الأمثلية للجيل الحالي.
  2- تحويل قيم دالة الأمثلية إلى قيم أكثر إستخداماً.
  3- يتم اختيار الأعضاء والآباء على أساس دالة الأمثلية.
  4- يتم اختيار بعض الأفراد في الجيل الحالي الذين لديهم أقل أمثلية، ويتم نقل هؤلاء الأفراد إلى الجيل القادم.
  5- الحصول على الأبناء إما عن طريق إجراء تغييرات عشوائية على أحد الوالدين (طفرة) أو من خلال الجمع بين مدخلات المتجه الذي يمثل الكروموسوم لزوج من الوالدين (التهجين).
  6- يستبدل الجيل الحالي مع الأبناء لتكوين الجيل القادم.
- تتوقف الخوارزمية عند استيفاء أحد معايير التوقف.

1.2.2 الاجزاء الرئسية للخوارزمية الجينية

1.1.2.2 تمثيل الكروموسوم(CHROMOSOME REPRESENTTION):

لتطبيق الخوارزمية الجينية يجب علينا أولا أن نوجد التمثيل المناسب للمشكلة وفق عمليات التمثيل الكثيرة، وأشهر طرق التمثيل هي استخدام السلاسل الثنائية حيث يتم تمثيل كل متغير على شكل سلسلة محدودة الطول تسمى بالكروموسوم (chromosome) تعبر عن حل للمشكلة المعطاة على هيئة صيغة ثنائية (0 و1)، كل كروموسوم يتألف من مجموعة من المورثات(genes). يعتبر تمثيل الكروموسوم بالغ الأهمية لأنه يؤثر على الأداء العام للخوارزمية. وبعد أجراء عملية التشفير الثنائية على كل المتغيرات لابد من استخدام إحدى الطرق لمعالجتها من أجل الحصول على الحل الأمثل.

2.1.2.2 إنشاءالمجتمع السكاني(POPULATI IN ITIALIZATION):-

في الإطار الوراثي كل حل محتمل للمشكلة يدعى فرد (individual) والمجتمع أو الجيل(population) له أفراد متعددة وكذلك فإن المشكلة لها حلول مختلفة (حلول مثلي)، كل الأفراد معا يشكلون الجيل أو المجتمع الجيني.

3.1.2.2 دالــة الامثلية (FITNESS FUNCTION) :

هي عملية ترجمة المعلومات الوراثية التي يحملها الكروموسوم على شكل قيمة عددية لكي يسهل التعامل معها ومقارنتها عدديا مع الكروموسومات الأخرى، ويتم اختيار الكروموسوم من بين مجموعة الكروموسومات اعتمادا على قيمة دالة تحقيق الامثلية ومدى قرب هذه القيمة من القيمة المثلى.

4.1.2.2 الاختيار آو الانتخاب (SELECTION) :

الهدف الرئيسي من الإستنساخ ومن ثم الإنتخاب هو التأكيد على بقاء الحلول الجيدة وإزالة الحلول السيئة، وهذا هو أساس عمل الخوازمية الجينية القائم على مبدأ البقاء للأفضل والذي من خلاله

يتم الاحتفاظ بنسخ مضاعفة للحلول الجيدة لتحل مكان الحلول السيئة. كل كروموسوم في المجتمع الجيني (الجيل) يمتلك فرصة للبقاء أو نسخه للعملية القادمة اعتمادا على قيمة دالة الأمثلية التي يمتلكها.

5.1.2.2 اختيار المباراة (TOURNAMENT SELECTION):

يتم اختيار عدد من الحلول (المتبارين) بصورة عشوائية من المجتمع الجيني، الحل الأفضل يتم اختياره كأب وهذه العملية تتكرر بعدد الحلول المختارة، هؤلاء الأباء المختارون ينتجون نسل عشوائي بصورة منتظمة. يحدد المتبارين بحجم يمتد من متباريين اثنين إلى خمسة متباريين في المجتمع الجيني.

6.1.2.2 التهجين(CROSSOVER):

هي عملية اتحاد كروموسومان حيث تُدمج مادتهم الوراثية بتبادل القطع لإنتاج نسل جديد يَمتلك كلا خصائص الوالدين، وفي هذه الخوارزمية يتم دمج المعلومات لكل فردين على حدة اعتمادا على احتمالية التهجين عند كل عملية توليد جيل جديد، وهو نوعين :

- تهجين أحادي النقطة (Crossover Single-point) : في هذه العملية يتم إنتاج الأجيال القادمة من الكروموسومات التي تختلف عن الجيل الأول، حيث تترتب جميع البيانات اعتمادا على هذه النقطة ويتم اختيارها عشوائيا وتحدث عملية تبديل للبيانات بشرط عدم حدوث تكرار، مثال:

p1 = [a b c d e f g h]
p2 = [1 2 3 4 5 6 7 8]
Random crossover point = 3
Child = [a b c 4 5 6 7]

- التهجين بنقطتين (crossover Double-point): في هذه العملية أيضا يتم إنتاج الأجيال القادمة الكروموسومات التي تختلف عن الجيل الأول، ولكن ترتيب البيانات يكون بالأعتماد على نقطتين اختيارهما عشوائيا وتحدث عملية تبديل للبيانات بشرط عدم حدوث تكرار، مثال:

p1 = [a b c d e f g h]
p2 = [1 2 3 4 5 6 7 8]
Random crossover point =3, 6
Child = [a b c 4 5 6 g h]

7.1.2.2 الطفـرة الوراثيـة (MUTATION) :

الطفرة هي عملية تغير مفاجئ في الأبناء الناتجة من عملية التهجين، من خلال تغيير في تركيبة الكروموسوم وتتم اعتمادا على مقدار احتمالية حدوث الطفرة الوراثية.

8.1.2.2 الإنهاء (TERMINATION) :

تستمر عملية إيجاد جيل جديد حتى حدوث أحد أسباب الإنهاء منها: الوصول إلى الحل الأفضل أو إلى عدد الأجيال المطلوبة، أو الوصول إلى قيمة معينة مثل حساب (الزمن/الكلفة)، أو إلى القيمة المثلى المحلية(local optimum) وعدم المقدرة على الخروج منها .

3.2 الجدولة الزمنية

الجدولة الزمنية هي ترتيب الأولويات لتنفيذ عمليات معينة عبر فترة زمنية، لإنجاز مهمة أو مهام محددة مع تحديد أزمنة الأداء وتوقيت البدء والانتهاء للعمليات وتشمل جدولة المحلات وتوزيع المهام على الآلآت بمعني عام توزيع المصادر المقيدة ، و جداول النقل مثل الجداول الزمنية للطيران ومواعيد القطارات، والجداول الزمنية للحافلات،وجدوله الفصول الدراسيه، ومختلف الجداول الزمنية لوسائل النقل العام لتمكن الناس من تخطط رحلاتهم .والجدولة الآلية هو فرع من فروع الذكاء الاصطناعي التي تهم لتحقيق استراتيجيات أو تسلسل العمل.

والجدول الزمني هو أساس الجدولة ويجب أن يتناسب مع عدد من القيود، والتي تستخدم من قبل الأشخاص الذين يتعاملون مع مشاكل الجدولة الزمنية وتقسم بدورها إلى فئتين: قيود ناعمة وصعبة(soft، hard)، القيود الصعبة هي القيود التي لا يمكن كسرها أو مخالفتها في أي جدول زمني . القيود الناعمة هي القيود التي يمكن كسرها، ولكن يجب أن تقلل من خرقها.(8)

وهناك مجموعة من القواعد والأساليب التي يمكن إتباعها من أجل الوصول إلى أفضل جدولة نوجزها في ما يلي:

- وقت العملية الأقصر أو الأقل (Shortest processing time) : أي جدولة العملية التي تستغرق وقتا أقل ثم التي تليها في القصر، وبتطبيق هذه الطريقة يمكن تقليل متوسط الوقت الذي تقضيه العملية المطلوبة. وقبل نهاية الجدولة نكون قد نفذنا عددا كبيرا من العمليات المطلوبة.
- الجدولة وفق موعد التسليم (Pue date scheduling) : أي جدولة الأوامر حسب تاريخ إستحقاقها أو تسليمها، اتباع هذه القاعدة يؤدي إلى تقليل متوسط البطء وهنا يمكن اتباع طريقة هادفة اكثر لتقليل عدد الأوامر البطيئة.
- قاعدة الوقت الفائض (Stack time rule) : حسب هذه القاعدة يتم جدولة العمليات تبعا للأقل فائضا في الوقت بالنسبة لكل العمليات، حيث يقصد بالفائض الفرق بين موعد التسليم ووقت العملية المطلوبة إلا أن الجدولة وفقا لمدة القاعدة سوف تعظم من الحد الأدنى للتأخير.
- القادم أولا يعالج أولا (FCFS) :هنا يتم ترتيب وجدولة العمليات وفقا لترتيب ورودها
- أسلوب التخصيص : يطبق هذا الأسلوب لتوزيع أو تخصيص عدد معين من المهام أو العمليات على عدد مماثل من مراكز العمل، ويمكن أن يتمثل المركز في قسم أو فرد أو آلة بإفتراض أن أي مركز يمكنه أن يؤدي أي من هذه المهام المراد تخصيصها ولكن باختلاف في كفاءة الأداء (تكلفة والوقت)، حيث أن الهدف هنا هو تخفيض التكلفة الكلية لتنفيذ المهام والتي قد تتمثل في التكلفة المالية (لنصل إلى أقل تكلفة مالية) أو تكلفة وقتية (لنصل إلى أقل وقت) أو محصلتهما، وقد تكون هناك تكلفة معنوية ناتجة عن استطالة وقت التنفيذ لاسيما في عمليات تقديم الخدمات مثل الشرطة وشركات الطيران والمحلات .

جدولة الموارد كما في (Wall, 1996) تندرج تحتها بعض المشاكل مثل تدفق المتجر(flow shop)، متجر العمل(job shop) والمتجر المفتوح(open shop)، بالاضافة إلى ذلك مشاكل جدولة المشاريع. فيما يتعلق بمشكلة جدولة المشروع، يتكون المشروع الواحد من مجموعة من المهام أو الأنشطة ، وتتمتع المهام بعلاقات الأسبقية، أي أن بعض المهام لا يمكن أن تبدأ إلا بعد استكمال المهام السابقة لها، في الغالب يتم التعرف على المشكلة عن طريق مجموعة النشاطات المراد تنفيذها، والموارد التي تقوم بأداء الأنشطة بالأضافة إلى القيود والأهداف التي من خلالها يتم الحكم على الجدول الزمني . وفي جدولة متجر العمل (job shop scheduling) يتم صياغة مشكلة متجر العمل كترتيب العمل الذي يتكون من مجموعة وظائف، كل منها يحتوي على m من المهام ، وكل مهمة لديها عملية واحدة تتطلب نوع معين من الموارد. حيث تم تطبيق الخوارزمية الجينية (باستخدام الطفرة والتهجين) لجدولة محدودية الموارد، و استخدمت التمثيل المباشر القائم على الوقت والقيود الزمنية لكل من المهام والموارد بالإضافة إلى خوارزمية الصراع (struggle) وخوارزمية الحالة

المستقرة(steady-state)، حيث وجد أن خوارزمية الصراع أعطت أفضل الحلول من خوارزمية الحالة المستقرة steady-state. والهدف من استخدامهما تقليل makespan (الوقت الإجمالي الذي ينقضي من البداية إلى النهاية) واستخدمت لغة البرمجة c++ .

كان الهدف من دراسة (Ciesielski, 1998)هو تحديد ما إذا كان يمكن استخدام نظام جدولة يستند إلى خوارزميات جينية لتحديد مواعيد هبوط الطائرات. و لقد أثبتنا أن الجدولة الجينية يمكن أن تولد جداول جيدة في الوقت المتاح بين هبوط طائرة الأخرى. ولم يتم بعد إجراء تفتيش شامل والتحقق من صحة الجداول التي تم إنشاؤها من قبل خبراء المجال، ولكن المؤشرات الأولية هي أن الجداول ذات جودة عالية وقد تم استخدامها في مطار سيدني. تم جمع بيانات الاختبار من الإحصائيات التي قدمها مراقبو الملاحة الجوية في مطار سيدني، تحتوي على 28 طائرة تصل في فترة 37 دقيقة، و29 من الطائرات الأخرى تصل في فترة 38 دقيقة.

تم استخدام حزمة (GAUCSD PACKAGE) وهي مجموعة برمجيات خوارزمية وراثية تستند على استخدام الجينات،بالإضافة إلى التهجين والطفرة لعمل الجدول الزمني. عيوب هذة الدراسةأدت إلى حلول غير قانونية حيث تم أدراج رحلات علي الجدول في أوقات مختلفة من أوقات الجدول الحقيقي مما أدى إلى تكوين جداول غير صالحة، تتطلب كرموسومات طويلة، وإجراء عمليتي التهجين والطفرة كانتا بطيئتين جدا.

أجريت الدراسة(Andersson, 2006) لحل المشاكل التي تؤدي إلى اضطراب جداول الرحلات الجوية ومن العوامل التي تؤثر على الجداول قد يحدث عطل مفاجئ لإحدى الطائرات، أوعندما يحدث تأخير اضطراري بسبب مشاكل جوية أو ازدحام المطار وكذلك عند غياب بعض طاقم الطائرة المكلف بالرحلة، وللحد من هذه الآثار السلبية استخدمت بعض الخوارزميات منها met heuristics ويمكن وصفها بأنها خوارزمية البحث المحلية المحسنة، حيث أن الهدف الرئيسي من هذه الخوارزمية تحسين النتائج وذلك بتوليد جدول جديد(مسارات جديدة)تعمل مؤقتا كبديل عن الجدول الأساسي حتى استقرار الأمور وبعد ذلك العودة الى الجدول الأساسي. يجب بناء الجدول الجديد بأقل عدد من التغيرات وذلك لتخفيض التكلفة.وبذلك فان الجدول الذي يحتوي على اقل تكلفة أي اقل تغيرات لحل المشكلة سوف يعتبر الجدول الافضل بين الحلول البديلةواستخدمت طريقة الاوزان weights في تحديد هذه البدائل(الحلول).

أجريت الدراسة (Jacobs, 2012) في الولايات المتحدة الأمريكية من دليل الخطوط الجوية الرسميةوكان الهدف منها التركيز على تحسين الجداول الزمنية، واستخدمت بحوث التنبؤ لتطوير وتقييم الجداول الزمنية للمساعدة في دعم القرارات بالنسبة للأعمال، والتنبؤ بعدد الركاب الذين يريدون السفر وتحديد الإيرادات المتوقعة، والتكلفة الربحية المرتبطة بجدول زمني معين. وكذلك توفير فكرة عن كيفية استخدام شركات الطيران لهذه التقنيات لمواكبة التغييرات في خدمات السوق مثل سوق الأوراق المالية أو تغييرات تخصيص الطائرات لمسارات محددة.

استخدمت الدراسة خوارزمية نماذج تخطيط الشبكة أو ربحية الجدول الزمني، لتوقع ربحية جداول الطيران وهذه النماذج تدعم القرارات الهامة مثل التنبؤ بعدد الركاب والإيرادات و تحليل الجداول الزمنية لتوليد مسارات جديدة و تعتبر قيِّمة للمنفعة وبالتالي زيادة في الايرادات.

والمدخلات عبارة عن جداول النقل الجوي التي يتم الحصول عليها من مصادر الطيران، والبيانات تحتوي على معلومات عن كل رحلة بما في ذلك شركة الطيران العاملة والتسويق، المنشأ، المقصد، رقم الرحلة، وقت المغادرة والوصول، المعدات، وأيام العمل، وزمن الرحلة وتضم عده نماذج منها (Quality of Service Index) و

تستخدم لتقدير احتمالية اختيار المسافر لمسارات محددة ويعبر عنها عادة كدالة خطية، ومن النماذج المستخدمة أيضا MNL models وهي نوع متطور من QSL ويتميز بمعدل اخطاء منخفض جدا مقارنة مع QSL وتم استخدام هذه النماذج في عام 2005م لتخصيص الطلب الإسبوعي على شبكة الطيران في جميع أنحاء العالم وتم توليد 4.8 مليون مسار من 950 شركة طيران .

وكذلك استخدمت الدراسة خوارزمية Relinking And Non-Dominated Solution لتوليد حلول جديدة لحل اضطراب جدول الرحلات الجوية. وفيها تتم اعادة الربط بين حلين لتوليد حل جديد(التهجين). و النتيجة التي تم الحصول عليها انه بعد خمسة عشر ثانية من استخدام met heuristics زادت الحلول بنسبة0.3%.

4.2 جدولة صيانة الطائرات

تعد جدولة صيانة الطائرات من بين العمليات الرئيسية التي يتعين على شركة الطيران اتخاذ تدابير لها أثناء عملها ،على الرغم من جدولة الصيانة تأتي كمرحلة نهاية في عملية الطيران. وبالنظر إلى جدول الرحلات للطائرات، فإن مشكلة صيانة الطائرات هو تحديد أي من الطائرات يجب أن تقلع وإلى أي قطاع ومتى وأين يجب أن تخضع كل طائرة لمستويات مختلفة من الصيانة المطلوبة من قبل إدارة الطيران الاتحادية FAA (the Federal Aviation Administration). والهدف من ذلك هو تقليل تكاليف الصيانة وأي تكاليف تكبدتها أثناء إعادة تخصيص الطائرات إلى قطاعات الطيران.

قدمت هذه الدراسة (Sriram, 2003) منهجية فعالة لحل مشكلة جدولة صيانة الطائرات وتقليل تكاليف الصيانة إلى أدنى حد. نطاق المشكلة التي نوقشت في هذه الدراسة يقتصر على جداول الطيران المحلية الأسبوعية خلال فترة عدم نشاط الطيران التي عادة ما تكون في وقت متأخر من المساء إلى الصباح الباكر ليتم تنفيذ الصيانة بشكل روتيني. يجب أن تخضع كل طائرة إلى الصيانة من النوع A وB استخدمت في هذه المشكلة تقنية البحث التي تجمع بين عمق البحث الأول والبحث العشوائي، تتم صيانة الطائرات في سلسلة من المراجعات (checks) ويعتمد على الجمع بين ساعات الطيران وعدد دورات الإقلاع والهبوطوقسمت إلىأربع أنواع رئيسية التي تأذن بها FAA وهي النوع A، النوع B، النوع C وD .

وفي الدراسة(Yang, 2012) ، تم ترتيب خطة صيانة الطائرات من قبل إدارة إنتاج الطيران (Aviation Production Management)، وطبقت الخوارزمية الجينية على مشكلة تحسين خطة صيانة الطائرات (الترميز الفعال ،الاختيار ، العبور والطفرة .

5.2 جدولة الطاقم

جدولة طاقم شركة الطيران هي مهمة في تحدد فترة زمنية معينة لأفراد الطاقم ، لأن كلفة الطاقم تشكل تكلفة تشغيلية كبرى لشركة الطيران بجانب تكلفة الوقود. التقنية المقترحة في هذه الدراسة (Ozdemir, 2001) تبدأ من جدول الطيران والرسم البياني للطيران الذي يتضمن قيود المشكلة، باستخدامالعقد(nodes) لتمثيل الرحلات الجوية، والحواف(edges) لتمثيل قيود التبعية بين الرحلات الجوية بالاضافة إلىGraGA (هو خوارزمية وراثية مستقرة الحالة تعمل على تمثيل الرسم البياني للطيران) بجانب البحث المحلي(Local search) و يتبع تطبيق إعادة التركيب ومشغلات الطفرة(recombination and mutation operators)، والهدف من الخوارزمية هو الحصول على حلول تحقق جميع القيود، وتقليل عدد أفراد الطاقم، وتعظيم الإستفادة من وقت الطاقم، وتحقيق التوازن بين أعباء العمل(بين الطاقم).

في الدراسة (Oketch, 2013)اعتمدت على إنتاج المجموعة الأفضل لموازنة وجهة الطاقم باستخدام الخوارزمية الجينية بلغة البرمجة جافا لحل مشاكل جدولة الطاقم، وهي مقسمة إلى طاقم الإقتران (crew pairing) ولائحة الطاقم (crew rostering)، وعند إنشاء الخوارزمية نأخذ بعين الإعتبار أرقام قطاعات الطيران وفترة العمل. و المخرجات عبارة عن جدول زمني يحتوي على رقم الرحلة، الوجهة، وقت البدء، وقت الإنتهاء والتاريخ.

6.2 جدولة الموظفين

جدولة الموظفين هي تعين الموظفين في خانات زمنية متاحة بحيث يتم استفاء بعض القيود. في هذه الدراسة(Dean, 2008) تناول الباحثون مشكلة محددة متمثلة في جدولة الممرضات على مناوبات يومية لمدة أربعة أسابيع. ليتم تعيين المناوبات(shift) هنالك بعض القيود المطلوب تحقيقها (عدد محدد من الممرضات في كل مناوبة،يجب العمل كل نهاية عطلة الإسبوع الثالث، الخ)، وبعض القيود المقترحة التي يتم تحقيقها بدرجة مقبولة (تجنب ساعات العمل الإضافي، تجنب ثلاث أيام عمل متتالية، الخ). في هذه الدراسة تم جمع البيانات (المناوبات والقيود) من مركز شاوني الطبي، يقوم المشفى بتوليد جداول لمدة أربعة أسابيع لكل وحدة من وحداتها(كل نوع من المرضى لديه وحدة).

قام الباحثون في هذه الدراسة بتنفيذ نوعين من الحلول في جدولة الممرضات بإستخدام الخوارزمية الجينية. الحل الأول متمثل في إستخدام traditional bit-string structures في بناء الكروموسوم ، الحل الثاني متمثل في مصفوفات ثنائية الأبعادفي بناء الكروموسوم (two-dimensional arrays). تشير الدراسات البحثية إلى أن دراسات الخوارزمية الجينية استخدمت الحل الأول.

في الطريقة الأولى تم تمثيل الكروموسومات في شكل مصفوفة ثنائية الأبعاد تحتوي على صفوف (الممرضات) وأعمدة(الأيام)، ويمثل كل عنصر في المصفوفة جين، وهو يمثل بقيم منطقية صائبة(True) تعني أن الموظف تم تعينه في يوم محدد من الجدول، خاطئة(False) تعني أن الموظف لم يتم تعينه في يوم محدد من الجدول.

قام الباحثون بتقسيم القيود إلى فئتين قيود صعبة وقيود ناعمة، و استخدمت الخوارزمية الجينية دالة الأمثلية (fitness function) لكل من الفئتين . بناءآ على قيم الجداول السابقة تم تكوين الإحتمالات الأولية للجداول الحالية باستخدام كل من الطفرة والتطور.

7.2 جدولة المحاضرات

معظم معاهد التعليم لديها مشكلة تتعلق بالجدولة وخاصة الجامعات. يجب النظر في العديد من الأشياء من أجل ترتيب الجدول الزمني مثل توفر المحاضرين، وعدد من المواد الدراسية والفئات(classes)، وتوفر الفصول الدراسية، والميزانية وغيرها الكثير.

في هذه الدراسة (Lukas, 2012)تم جمع البيانات من جامعة بيليتا هارابان في أندونيسيا وفقا للنظام التعليمي المتبع لديهم، واستخدم الباحثون الخوارزمية الجينية (العبور، الطفرة والإستنساخ) مع البحث التجريبي لحل مشكلة الجدولة الزمنية، ودور الخوارزمية الجينية هو تحديد تسلسل جميع المواد الدراسية، وفي حين أن دور البحث التجريبي هو تحديد الخانات الزمنية المتاحة لجدولة المواد .

في هذه الدراسة، تتمثل القيود الصعبة في أن لا تكون الفصول الدراسية والمحاضرين مزدوجة الحجز، أن يتم جدولة كل فئة (class) بالضبط مرة واحدة، لايمكن أن تكون اثنين من الحجوزات لفئات الطلاب في وقت واحد، يجب أن تكون الفصول الدراسية كبيرة بما فيه الكفاية لتحمل حجم كل فئة حجزت عليها، ولا يجب حجز المحاضر عندما يكون غير متوفر. بعض الفئات تتطلب فصول دراسية معينة، وبعضها تحتاج إلى أن تكون على التوالي.

في حين أن القيود الناعمة تتمثل في أن بعض المحاضرين يفضلون ساعات عمل معينة في الجدول، ومعظم الطلاب لا يرغبون في الحصول على فترات فارغة في الجداول الزمنية، وينبغي توزيع الفئات بالتساوي على مدار الأسبوع، وحجز فصول دراسية قريبة من إدارة القسم لتلك الفئة، لا يمكن حجز فصول دراسية أكبر بكثير من حجم الفئة. هنالك قيد استثنائي وحيد ينبغي النظر فيه وهو أن يكون المحاضر بدوام جزئي لا يزيد من 6 ساعات في حين أن الوقت الكامل هو 12 ساعة.

8.2 جدولة المحلات

أجريت مسبقا بعض الدراسات في مجال جدولة المحلات عملت على استخدام الخوارزمية الجينية لحل المشاكل التي تواجه الجدولة منها، الدراسة (Werner, 2011)تم تلخيص بعض الخوارزميات الجينية التي استخدمت لاكثر من ثلاثين عاماً من اجل تحقيق الامثلية في حل مشكلة جدولة المحلات التي تتضمن معالجة مجموعة من الوظائف على مجموعة من الأجهزة بغرض ايجاد حل مرضي ومثالي.

وفقا للطرق التكنولوجية المستخدمة هنالك ثلاثة طرق أساسية هي، تدفق المتجر(flow shop)، متجر العمل(job shop) والمتجر المفتوح(open shop)ومن بعض ملحقات جدولة المحلات أن هنالك محلات هجينة أومرنة (في كل عملية معالجة يكون لدينا مجموعة من الأجهزة المتوازية) أو محلات بها قيود محددة مسبقا على عمليات المعالجة مثل أوقات المعالجة.الخطوة التالية يتم توليد الجيل(population) من خلال مفاهيم الاختيار وإجراء عليها عمليات التهجين والطفرة، ثم نناقش بعض النتائج الحسابية ومقارنتها مع الاستدلال الموجود مسبقا للحصول على افضل النتائج التي تحقق (makespan) مثالي.

وتم استخدام الخوارزمية الجينية التي تشمل الحلول الجيدة عن طريق الاختيار البناء المناسب لتوليد الأجيال، وقد تم تطبيق هذة الخوارزمية على برنامج ' LISA-A library of Scheduling Algorithms' الذي تم تطويره خلال العقد الماضي من اجل الحصول على الحل الدقيق والمجدي لمشكلة جدولة المحلات.

كان الهدف الرئيسي من هذة الدراسة(Pardeep Kumar, 2016) هو تعديل وتطوير الخوارزمية الجينية التقليدية لحل مشكلة جدولة الأعمال من خلال توليد الأجيال عشوائيا. تم برمجة الخوارزمية على مشكلة جدولةالسساعمال (JSSP's) باستخدام برنامج الماتلاب 2009a7.8 ، بالإضافة إلى الإختيار، التهجين ،والطفرة تم استخدام مفهوم Shortest Processing Time (SPT)(هو اقصر وقت لمعالجة الوظائف المتسلسلة) والهدف من هذة التقنية تقليل متوسط زمن العمل على العملية الواحدة و متوسط انجاز العمل الكلي وتقليل متوسط التأخير في العمل مما يؤدي إلى تقليل التكلفة.

أظهرت النتائج المستخلصة من هذة الدراسة أن الخوارزمية الجينية قادرة على الحصول على القيمة المثلى(اقصر فترة زمنية) أو قيمة قريبة من makespan المثالي (الوقت الإجمالي الذي ينقضي من البداية إلى النهاية)، كما أنها تفوقت بشكل واضح على افضل المناهج الدقيقة المعروفة التي تعمل على تحسين مشاكل جدولة المحلات وقد تم جمع البيانات من أحد المحلات .

جدول (1.2)مستخلص الدراسات السابقة

اسم الدراسة	الخوارزمية المستخدمة	الطرق المستخدمة لتحسين الخوارزمية
(Wall, 1996)	الخوارزمية الجينية steady ،struggle algorithm state	التهجين، الطفرة
(Ciesielski, 1998)	الخوارزمية الجينية 'GAUCSD PACKAGE'	التهجين، الطفرة
(Ozdemir, 2001)	GraGAتعمل على تمثيل الرسم البياني للطيران.	_____
(Sriram, 2003)	الخوارزمية الجينية	عمق البحث الاول والبحث العشوائي
(Andersson, 2006)	1. met heuristics 2. weightsطريق الاوزان 3. 3. Relinking And Non-Dominated Solution	التهجين
(Dean, 2008)	الخوارزمية الجينية، a two-dimensional chromosome structure ، traditional bit-string structures	التهجين ،الطفرة
(Jacobs, 2012)	خوارزمية نماذج تخطيط الشبكة أو ربحية الجدول الزمني نموذج Quality of Service Index	_____
(Werner, 2011)	الخوارزمية الجينية 'LISA-A library of Scheduling Algorithms '	الاختيار، التهجين ، الطفرة
(Lukas, 2012)	الخوارزمية الجينية والبحث التجريبي	التهجين ،الطفرة والإستنساخ
(Pardeep Kumar, 2016)	الخوارزمية الجينية Shortest Processing Time	الاختيار، التهجين ، الطفرة

	(SPT)	
(Yang, 2012)	الخوارزمية الجينية	الاختيار، التهجين ، الطفرة
(Oketch, 2013)	الخوارزمية الجينية	برمجيات محسنة بلغة الجافا

9.2 الخلاصة

لقد تطرقنا في هذا الباب إلى الخوارزمية الجينية وكيفية عملها وصولا للحلول المطلوبة للمشكلة من مرحلة تمثيل الكرموسوم وإنشاء المجتمع السكاني ودالة تحقيق الأمثلية، مرورا بعملية الإختيار ومن ثم التهجين والطفرة وحتى المرحلة الأخيرة وهي الإنهاء التي يتم فيها الحصول على الحلول الجيدة للمشكلة و تعريف عن الجدولة الزمنية وقواعدها واساليبها ، وأهم الدراسات في مجال الجدولة الزمنية الجدول (1.2)، مع الإستعانة ببعض الدراسات السابقة من أجل اكتساب الخبرات ومواصلة تحسين المشكلة فكريا وتطويريا سوف نتناول في الباب الثالث منهجية البحث.

الباب الثالث

منهجية البحث

1.3 مقدمة:

في هذا الباب سوف نتطرق إلى نبذة عن منظمات الطيران المدني الدولي واهميتها لتنظيم شركات الطيران في جميع انحاء العالم ومهمتها في تطوير أسس وتقنيات الملاحة الجوية والعمل على تطوير صناعة النقل الجوي لضمان أمنها وسلامتها ، و نبذة تاريخية عن الخطوط الجوية السودانية وهيئة الطيران المدني، بالإضافة إلى كيفية جمع بيانات النظام الحالي وتحليلها ووضعها في شكل جدول لكل من الطيران المدني والخطوط الجوية السودانية.

2.3 منظمة الطيران المدني الدولي ICAO

: (International CivilAviationOrganization)

مقرها في مونتريال تأسست عام 1944م في مدينة كندا، وهي منظمة دولية متخصصة تابعة للأمم المتحدة مهمتها تطوير أسس وتقنيات الملاحة الجوية والعمل على تطوير صناعة النقل الجوي لضمان أمنها وسلامتها.(1)

تعمل على تحقيق العديد من الأهداف أهمها ما يلي:

تحقيق الأهداف الإستراتيجية التي من بينها تحسين سلامة وكفاءة الطيران المدني العالمي، وتحقيق الأمن والتسهيلات والتنمية الاقتصادية للنقل الجوي، من خلال تعزيز إقامة شبكة للطيران المدني.

3.3 منظمة الآياتا IATA

:(International Air Transport Association)

منظمة الآياتا منظمة تأسست في أعقاب الحرب العالمية الثانية بالتحديد عام 1945م.

لدى منظمة الآياتا شروط يجب أن تعمل بها شركات الطيران تسمي شروط العضوية، وهي:

- أن يكون لشركة الطيران التي تطلب العضوية خطوطاً دولية منتظمة.
- أن تكون هذه الخطوط أو الرحلات الدولية منتظمة في جداول بمواعيد محددة.
- أن تكون شركة الطيران تابعة لدولة لديها عضوية في الأمم المتحدة .

1.3.3 أهم إنجازات الآياتا :

- توحيد لغة التخاطب بين شركات الطيران العالمية بحيث تكون اللغة الإنجليزية، توحيد المطبوعات والمستندات المستخدمة في السفر(تذاكر السفر – بوليصة الشحن ....الخ)، بالإضافة إلى ذلك توحيد أسعار السفر لمنع المنافسة المخربة ولحماية الشركات الصغيرة من الشركات الكبيرة.
- وضعت لوائح وقوانين لتنظيم العلاقة بين المسافر وشركة الطيران وبين شركات الطيران بعضها البعض، وحددت كذلك مسؤولية شركات الطيران المالية والتعويضات من قبل الراكب وجعلت من تذكرة الطيران عقدا بين المسافر وشركة الطيران .
- حددت إلى حد ما الخدمة المقدمة على الطائرات.
- وضعت ضوابط لشركات السياحة العالمية التي تطلب الانضمام إلى عضويتها، و نظمت العلاقة بين شركات الطيران والسياحة وحددت المسؤوليات التي تتطلبها هذه العلاقة لضمان مصالح كل منهما.

2.3.3 أهم أهداف منظمة الآياتا :

- العمل على ضمان سرعة الحركة (النقل) بين البلاد المختلفة بأقل الأسعار .
- ضمان أمن وسلامة الركاب والطائرات .
- العمل على حل المشكلات التي قد تواجه شركات الطيران والتي تعجز عن حلها بمفردها .
- العمل على تبسيط الإجراءات والنهضة بصناعة الطيران .
- تمثل حلقة الوصل بين الحكومات وشركات الطيران. (3)

4.3 منهجية البحث

تعتمد الكثير من البحوث على منهجيه معينه ولاتكتمل العناصر الاساسية للبحث الا بوجود منهجية واضحة للبحث الذي يتم اعداده، والمنهجية المستخدمة في هذا البحث:-

- جمع وتحليل بيانات الخطوط الجويه السودانية.
- جمع وتحليل بيانات هيئه الطيران المدني.
- تصميم نظام للخطوط الجويه السودانية.
- تصميم نظام هيئة الطيران المدني.

1.4.3 جمع و تحليل بيانات الخطوط الجوية السودانية:

الخطوط الجويه السودانيه هي من إحدى الشركات العريقة في العالم العربي وأفريقيا؛ بدأت سفرياتها بإسطول يتكون من أربعة طائرات من الطراز دي هافلاند (دوف) وهي طائرات بريطانية صغيرة الحجم تسع ثمانية مقاعد، وإضافة طائرات من نفس الطراز في عام 1952م. وفى السنة الأولى بلغ ما نقله أسطولها الصغير 736 راكباً و543 كيلوغرام من البضائع المشحونة، وفى نفس العام ألحق بإسطولها تسع طائرات من طراز دوغلاس دي سي-3بسعة ثمانية وعشرين مقعداً ثم بدأت رحلاتها إلى العالمية بتشغيل مشترك لطائرة من طراز فايكاونت فيكرز إلى لندن عبر القاهرة وأثينا وروما.

في أوائل الستينيات تم إضافة سبع طائرات فوكر27 للعمل على الخطوط الداخلية التي تشهد ازدحاما على الخطوط الإقليمية. كانت محطات سودانير في ذلك الوقت الظهران والبحرين وجدة وعدن عبر أسمرة وأديس أبابا ونيروبي وعنتبي وإنجمينا والقاهرة ومنها إلى بيروت وكانت تسير خطاً إلى الأقصر إستمر لفترة بسيطة، كانت طائرات دي هافلاند كوميت سي 4 أول طائرة نفاثةإنضمت لتخدم عملاء الشركة على الخطوط الدولية مثل خط لندنوالقاهرةوبيروت.

وفي بداية التسعينيات تم تزويد الخطوط الجوية السودانية بإسطول من طائرات إيرباص الأوروبية. كانت أولى طائرات إيرباص(A320، A310) التي إنضمت للخطوط الجوية السودانية. وبعد سنوات قليلة إنضمت الإيرباص(A300). وزاد عدد الوجهات بين القارات لتشمل إسطنبول- عمان بالأردن- الشارقة- دبي- العين- الدوحة.

قام الباحثون بجمع البيانات من الخطوط الجوية السودانية من قسم التخطيط والجداول التي تحاول بقدر الإمكان تجهيز بيانات الجدول الذي يتضمن السفريات و الطائرات والمحطات، و ترصد هذه البيانات في برنامج (Exel)، ويُسلم الي هيئه الطيران المدني السوداني (دائرة النقل الجوي وهي تعطي الموافقة على الجداول ثم الي دائرة الإحصاء والتسهيلات وهي دائرة مختصة بوضع الخانات الزمنية المتاحة، تمنح هذه الخانات بالأولوية في

تقديم الجدول لهم من قبل شركات الطيران، ثم تقدم هذه الجداول الى الإستعلامات وصالة المغادرة لمعرفة زمن كل رحلة، و برج المراقبة (ينظم حركة الاقلاع والهبوط للطائرات) ترسل هذه الجداول(جداول صيفية وشتوية) في كل انظمة الحجز او الوكالات داخل وخارج السودان.يوضع الجدول بناءا علي الجدول الصيفي والشتوي وجداول صيانة الطائرة والتأكد من أهم عنصر وهو الوقود. كل أزمان الجداول توضع (zero time) وهو مصطلح الزمن في مدينة لندن. اذا كان هناك أي تعديل في الجدول يجب الذهاب الي دائرة الإحصاء والتسهيلات ويعرض عليهم الزمن الجديد حتي يتم الموافقة عليه .

بعد مقابلة رئيس قسم الجداول في الخطوط الجوية السودانية تحصل الباحثون على نموذج لجداول الرحلات 2017 الموضح في جدول(2.3).

جدول (2.3)جدول يوم للخطوط الجوية السودانية

TYPE	FLTNO	ROUTE	ETD/ETA	GNF-G	REGS
A-320	1-SD412/3B	EGN/PZU	0400/1830	00/12	**ST-MKW**
	2-SD148/9	EGN/PZU	2100/0130+	00/143	**ST-MKW**
B737	1-SD412/36	EGN/PZU/EGN	0415/1600	08/107	**ST-MRA**
	2-SD104/5	PZU/CAI/PZU	1700/0230	08/107	**ST-MRA**
CRJ	1-SD072/3	BJE	0430/0800	00/48	**ZS-KEM**

ومن خلال تحليل الجدول(2.3) تم الوصول إلى الحقائق التالية:-

- يحتوي الجدول على 6 أعمدة وهي :
  1. Type: نوع الطائرة (طراز الطائرة).
  2. FLT.NO: رقم الرحلة ويتغير من رحلة لأخرى.
  3. ETD: زمن اقلاع الطائرة.
  4. ETA: زمن هبوط الطائرة.
  5. CNF-G: عدد مقاعد الطائرة.
  6. REGS: اسم الطائرة.
  7. Route : اسم الوجهه.

- الخطوط الجوية السودانية لديها جدول ثابت على مدار السنة، وسفريات عالمية ومحلية (داخلية)عدد السفريات العالمية ثمانية سفريات كما موضحة في الجدول (3.3) و المحلية أربعة سفريات موضحة في جدول (4.3)، وعدد 3طائرات، وعدد الرحلات العالمية والمحلية على مدار الإسبوع 66 رحلة.

جدول (3.3) يوضح جدول السفريات العالمية

	City	Duration
1	اديس ابباADD	1:30
2	اسمراASM	1:41
3	القاهرهCAI	2:30
4	جدهJED	1:30
5	غاناKAN	4:30
6	انجميناNDJ	3:30
7	الرياضRUG	2:45
8	جنوب السودانJUB	1:40

جدول (4.3) يوضح جدول السفريات المحلية

	City	Duration
1	الفاشرELF	1:20
2	الجنينهENG	1:45
3	نيالاUYL	1:30
4	بورتسودانPZU	1:00

1.1.4.3 القيود الزمنية على الطائرات

1.1.1.4.3 القيود الصعبة(*Hard*):

1- يجب أن تنتظر الطائرة التابعة لشركه الخطوط الجوية السودانية (1:30)في كل المطارات المتجه إليها لتؤدي الخدمات الخدمات التالية :-

- تفريغ الطائرة من الركاب والحقائب.
- فحص الطائرةcheck .
- تزويد الطائره بالوقود.
- تزويد الطائرة بالمواد التموينية.
- تزويد الطائرة بالركاب والحقائب.

2- لايمكن لطائرة واحدةأن تسافر لرحلتين مختلفتين في نفس الزمن.

3- يجب أن لا تكون لدى الطائرة رحلات في ألاوقات الزمنية التي لا تتواجد بها في الخدمة (أوقات الصيانة).

2.1.1.4.3 القيود الناعمة (*Soft*):

1- أن لا تكون لدى الطائرة رحلات كثيرة ومتتالية بدون فواصل زمنية للراحة.

2- أن لا تكون لدى الطائرة رحلات في الفترة النهارية يوميا.

2.4.3 جمع و تحليل بيانات هيئة الطيران المدني:

نشأت هيئه الطيران المدني في عام 1936م وكانت تتمثل في مكتب يتبع للسكرتير الإداري البريطاني أثناء الاستعمار الانجليزي للسودان، ويتمثل نشاطه في مباشرة مهام و تصريفات العبور والهبوط للطائرات وكانت الخدمات الفنية تدار بواسطة شركات إنجليزية حتى استغلال السودان عام 1956م.

1.2.4.3 الأهداف:

1. تطوير وتقديم خدمات الطيران بما يكفل ازدهار وتنشيط النقل الجوي التجاري والإستراتيجي وتأمين سلامة الأجواء والمطارات والمهابط السودانية.
2. إبراز دور السودان في المحافل الدولية والإقليمية وذلك بالمشاركة الفاعلة في حقل الطيران المدني والنقل الجوي.
3. تنمية الطيران المدني وإدارته ورفع مستوى النقل الجوي الداخلي والعالمي وتأمين سلامته من النواحي الفنية والاقتصادية وتشجيعه لخدمة المصالح القومية.
4. إجراء الدراسات والبحوث ووضع الخطط لتكملة خدمات الطيران المدني وتطويرها وتنفيذها.
5. توفير أجود المطارات وأحسن أساليب النقل الجويٍ الداخلي والعالمي وفقا للمتطلبات والمستويات العالمية.

2.2.4.3 المسئوليات:

- من ابرز مسئوليات الهيئة العامة للطيران المدني تقديم خدمات الحركة الجوية بما فيها الإستطلاع الجوي والإتصالات اللاسلكية والتنظيم الاقتصادي والفني لصناعة الطيران.
- السلامة الجوية بما فيها صلاحية الطائرات للطيران والعمليات الجوية التي تشمل التراخيص لطاقم الطائرة و مهندسي الطائرات وشركات الطيران والطائرات.
- عقد الإتفاقيات الدولية التي تتيح لشركات الطيران ربط البلاد مع بلدان العالم الأخرى وتمكين الطيران الأجنبي والداخلي من الإستفادة من الخدمات الجوية و الأرضية بالسودان.
- بناء المطارات وصيانتها وإدارة وصيانة الأجهزة والمعدات الملاحية وشبكات الإتصال ووسائل الإطفاء على المستوى الدولي الموصى به من قبل المنظمة العالمية للطيران المدني .
- الطيران المدني هو سلطة تعطي الموافقة على الجداول و أيضا تمنح الخانات الزمنية المتاحة لكل شركة طيران واحيانا هذا الزمن قابل للتقديم أوالتأخير.

قام الباحثون بإجراء مقابلة مع مدير دائرة النقل الجوي في مطار الخرطوم الدولي، وهو المسؤول عن التصاديق التي تمنح لشركات الطيران المحلية والعالمية، وجداول الرحلات الصيفية والشتوية التي وضعت بواسطة دائرة الإحصاء والتسهيلات.يحتوي الجدول (5.3) على ستة أعمدة وتتضمن الأتي:

- FLT.NO : رقم الرحلة.
- TYPE: نوع الطائرة.
- ROUTES: مسار الرحلة.
- ETA: موعد الوصول.
- ETD: موعد الهبوط.

- Remark: تحتوي على كل التعديلات والتغيرات التي تطرأ على الجدول (علامة "+" تعني موعد وصول الرحلة اليوم التالي، و التواريخ تعني أن الرحلة ثابتة من 12/30 إلى 8/28 على سبيل المثال).

حيث يتم وضع الجدول الموضح في جدول (5.3) لأول خمس شركات (محلية وعالمية) تم إستلامها بناءاً على الوقت المحدد، و يتم إضافة الشركات الأخرى في الأماكن الخالية في الجدول بناءاً على الأولوية في الزمن. نراعي في عمل الجدول الخانات الزمنية المتاحة وعدد المواقف و سعة الصالة.

يحتوي مطار الخرطوم الدولي على مدرج واحد وخمسة وأربعون موقف وكل موقف يسع طائرة مختلفة الطراز والحجم، ولكن جميعها ليست مستقلة، بعضها لا يصلح كموقف للطائرات بسبب المعوقات البيئية ، وبعضها مستخدم كموقف لطائرات خارج الخدمة (parking)، سعة الصالة تسع حتى ثلاثة طائرات وثلاثة سيور لنقل الأمتعة.

بناءاً على الجدول الموضح في جدول (5.3) الذي تحصلنا عليه من دائرة الإحصاء والتسهيلات وهو جدول صيفي لعام 2015م، لديهم جدول أسبوعي يبدأ من يوم الإثنين وينتهي يوم الأحد. يتكون الجدول من إحدى وعشرون شركة طيران كل شركة لديها أسطول من الطائرات وعدد من الرحلات موزعة خلال أيام الإسبوع، حيث كل يوم لديه جدول خاص به و رحلاته تتراوح بين 29-33 رحلة. تقوم دائرة الإحصاء والتسهيلات بوضع جدول كل ستة أشهر لايختلف عن النموذج السابق ولكن يتم إجراء عليه بعض التعديلات (إضافة أو تأجيل رحلة أو إلغاء رحلة).

جدول (5.3) نموذج لجدول يوم للطيران المدني

FLIT.NO	TYPE	ROUTES	ETA	ETD	Remark
SD326	B737	KRT/ADD/KRT	04:30	00:01	
TK680/1	A320	IST/KRT/IST	23:20	00:20	**(+)**
ET340/1	B737	ADD/KRT/ADD	22:50	01:00	**(+)**
MS852/4	A321	CAI/KRT/CAI	00:10	01:10	
ET346/7	B738	ADD/KRT/ADD	00:45	02:00	
GF0703/4	A320	BAH/KRT/BAH	01:20	02:05	
RJ510/1	A320	AMM/KRT/AMM	02:05	03:25	
SD228	B737	KRT/JED/KRT	08:30	04:00	
SD218	B737	KRT/RUH/KRT	12:30	06:00	
SV457/6	B777	RUH/KRT/RUH	06:15	08:00	**30/12-28/MAR/2015**
ET342/3	Q-400	ADD/KRT/ADD	08:00	08:40	
MS857/8	A320	DXB/KRT/DXB	07:45	08:45	
GW050/2	F70	KRT/JUB/KRT	08:00	09:00	
QR1329/30	A340	DOH/KRT/DOH	08:20	09:20	
JUA100/1	B737	JUB/KRT/WAW/JUB	09:00	10:00	
SD104	B737	KRT/PZU/CAI/PZU/KRT	19:30	10:00	
EY632/3	A320	AUH/KRT/AUH	10:25	11:40	
FZ633/4	B737	DXB/KRT/DXB	12:35	13:20	

KQ340/1	E90	NBO/KRT/NBO	12:35	13:25	
ET344/5	Q-400	ADD/KRT/ADD	15:00	15:30	
SV451/0	B777	JED/KRT/JED	14:00	15:40	**27/10-23/3/2015**
EK733/4	B777	DXB/KRT/DXB	15:25	16:50	
MS855/6	A320	CAI/KRT/CAI	16:30	17:30	
QR1327/8	A340	DOH/KRT/DOH	16:55	17:55	
XY572/3	A320	JED/KRT/JED	17:45	18:30	
TRQ112/3	B737	KRT/CAI/KRT	01:00	19:00	**(+)**
FZ631/2	B737	DXB/KRT/DXB	19:25	20:25	
XY564/5	A320	RUH/KRT/RUH	20:05	20:55	
RB395/6	A320	DAM/KRT/DAM	21:10	22:10	
G9667/8	A320	SHJ/KRT/SHJ	22:10	22:55	
IY632/3	A320	SAH/KRT/SAH	22:00	23:00	
QR1331/2	A340	DOH/KRT/DOH	21:15	23:45	

وجد الباحثون من خلال جمعهم للمعلومات أن الزمن بين الطائرة والأخرى هو ثمانية دقائق في حالة الهبوط أو الإقلاع. في حالة وصول طائرة ليس لديها خانة زمنية في الجدول، تهبط الطائرة بعد حصول ضغط على ضباط الصالة وإدارة المواقف. و وجدوا أيضاً أن الزمن الذي تستغرقه الطائرة من لحظة وصولها هو خمسة وأربعون دقيقة، ولكنهم قاموا بحساب الزمن الفعلي من لحظة وصول الطائرة حيث لا يزيد عن الساعتين، في خلال هذه الفترة يحدث الأتي :

- نقل الركاب إلى الصالة عن طريق بصات .
- ترحيل الأمتعة عن طريق آليات نقل الأمتعة من الطائرة إلى الصالة.
- تزويد الطائرة بالخدمات من وقود، نظافة ومواد غذائية استعدادا للرحلة القادمة.

من خلال دراستنا للنموذج السابق لوحظ أن هنالك رحلات ثابتة في الجدول (لديها فترة زمنية ثابتة) وعددها ثمانية عشرة شركة من بين احدى وعشرون شركة طيران موضحة في موضحة في جدول(6.3). وأكثر الأيام إزدحاما بالرحلات يوم الجمعة (ثلاثة وثلاثين رحلة)، واقل إزدحاما يوم السبت (تسعة وعشرين رحلة)، والفترة الصباحية تمتلك اكبر عدد من الرحلات مقارنة بالفترة المسائية.

جدول (6.3) يوضح أسماء شركات الطيران وعدد رحلاتها في الاسبوع

	إسم الشركة	الإختصار	عدد الرحلات	أوقات رحلاتها
1	الخطوط الجوية السودانية	SD100	26	متغيرة
2	الخطوط الجوية التركية	TK680	7	ثابتة
3	الخطوط الجوية الأثوبية	ET340	23	ثابتة
4	الخطوط الجوية المصرية	MS853	21	ثابتة
5	طيران الخليج	GF0703	7	ثابتة
6	طيران الملكية الأردنية	RJ510	7	ثابتة
7	الخطوط الجوية العربية	SV457	21	ثابتة

	السعودية			
8	شركة GOLDENWEST	GW050	3	ثابتة
9	الخطوط الجويةالقطرية	QR1331	19	ثابتة
10	شركة الطيران العراقية	JUA100	3	ثابتة
11	طيران الاتحاد	EY632	7	ثابتة
12	طيران دبي	FZ633	14	ثابتة
13	الخطوط الجوية الكينية	KQ340	6	ثابتة
14	طيران الإمارات	EK340	4	ثابتة
15	طيران ناسا	XY576	13	ثابتة
16	طيران تاركو	TRQ112	11	ثابتة
17	خطوط رويال بروناي الجوية	RB395	2	ثابتة
18	الخطوط الجوية الأماراتية	G9667	12	ثابتة
19	الخطوط الجوية اليمنية	IY632	2	متغيرة
20	الخطوط الجوية الأفريقية	8U410	4	ثابتة
21	شركة نوفا للطيران	NOV214	2	متغيرة

5.3 الخلاصة

في هذا الباب تطرقنا الي نبذة عن منظمات الطيران المدني الدولي واهميتها لتنظيم شركات الطيران في جميع انحاء العالم ومهمتها في تطوير أسس وتقنيات الملاحة الجوية والعمل على تطوير صناعة النقل الجوي لضمان أمنها وسلامتها واهم انجازاتها واهدافها ومسؤلياتها اتجاه شركات الطيران، وتناولنا كذالك شرح خطوات جمع وتحليل بيانات الخطوط الجوية السودانية وهيئة الطيران المدني السوداني والحقائق التى توصلنا اليها من خلال عملية تحليل بيانات الخطوط الجوية السودانية والطيران المدني، وسنتناول في الباب الرابع الأدوات والتقنيات المستخدمة في تصميم نظام الخطوط الجوية وهيئة الطيران المدني.

الباب الرابع

الأدوات والتقنيات المستخدمة

1.4 المقدمة

في هذا الباب سوف نتطرق إلى الأدوات والتقنيات المستخدمة في تصميم الجداول بالنسبة للخطوط الجوية السودانية وهئية الطيران المدني ونبذة عن برنامج الماتلاب وفوائده ومميزاته مقارنة مع البرامج الأخرى وشرح أداة (Optimization Toolbox) في تصميم جدول الخطوط الجوية السودانية، وشرح واجهات المستخدم في الماتلاب في تصميم واجهات هيئة الطيران المدني.

2.4 الماتلاب

- الماتلاب برنامج هندسي ذا مستوى عالي للحسابات والبرمجة، ومحاكاة الأنظمة المختلفة لذا يستخدم كوسيلة تحليل في عدة مجالات مثل العلوم و الرياضيات المتقدمة و في الصناعة كأداة بحث وتصميم ذات مردود عالي، وتمتاز بوجود برامج تسهل من عملية التعامل مع هذه اللغة، وتشمل البرامج على:
  - الحسابات الرياضية.
  - تطوير الخوارزميات.
  - معالجة البيانات.
  - النمذجة والمحآكاة وتصميم المخططات الأولية للمشاريع .
  - تحليل البيانات وعرضها.
  - عمل الرسومات الهندسية والعلمية.
  - تطوير التطبيقات ضمن واجهات من نوع (GUI).
- يتكون الماتلاب من خمسة أجزاء رئيسية و هي:

1. لغة البرمجة(MATLAB language) وهي عبارة عن لغة برمجة جاهزة ومكونة من ملفات فرعية تستخدم فيها المصفوفات، المحددات و الدوال الجبرية.
2. محيط العمل (working environment) عبارة عن مجموعة وسائل و تسهيلات تستخدم لتمكين المستخدم من العمل . يحتوي هذا المحيط على وسائل لتنظيم و إدارة المتغيرات كما يقوم بجلب و إرسال المعلومات.
3. منظم الرسوم البيانية (graphics Handle) وهو عبارة عن منظومة رسم تجسيمي يحتوي على أوامر لرسم المجسمات ذات البعدين و الثلاثة أبعاد. كما يحتوي على أوامر لإظهار المجسمات وتحريكها.
4. مكتبة(MATLAB) للدوال الرياضية تحتوي على الدوال التالية :
Fast Fourier transforms , matrix eigenvalues , matrix inverse , cosine , sine , sum.
5. واجهة تطبيق البرنامج (Application program interface) عبارة عن وسائل مساعدة تسمح بربط البرامج المعدة بلغات أخرى مثل(Fortran، C) مع MATLAB.

- يشمل الماتلاب على مجموعة من البرامج والتي تدعى (toolbox) مما يتيح لك التعامل مع التطبيقات المتخصصة، و التي تساعد على القيام بدراسة أوسع في مجالات الصناعة و استخدام التكنولوجيا المتخصصة وهذه الأدوات عبارة عن برامج في صورة (M-files). وفي هذا البحث تم استخدام أداة التحسين (Optimization Toolbox) كما موضحة في الشكل(1.4).

- الدافع الرئيسي من استخدام برنامج الماتلاب عن غيره من البرامج الاخرى هو أن الماتلاب يحتوي على مميزات برمجية غير موجودة في البرامج الأخرى منها:-

1. يحتوي الماتلاب على وسائل مساعدة للتطبيقات المختلفة (Toolboxes) تحتوي بداخلها تعليمات برمجية تؤدي الى حل المسائل العملية في التخصص الذي انشئت من اجله مثل أداة معالجة الصور.
2. الماتلاب من البرامج ذات الإستجابة السريعة، حيث عنصر البيانات الأساسي فيه عبارة عن مصفوفة بدون أبعاد قياسية، لذلك يمكن استخدامه في حل معظم المسائل الحسابية المعقدة بسهولة وفي زمن قصير مقارنةً بإستخدام لغات البرمجة الأخرى مثل C، java، FORTRAN.
3. يوفر شرحاً تفصيلياً لكل أمر من أوامره مع مثال إما مع حزمة ماتلاب نفسها (help)، أو من خلال موقع الشركة.
4. الماتلاب لغة تقنية عالية المستوى تعمل على بناء بيئة عمل تفاعلية بينها وبين المستخدم.
5. يسمح بمعالجة المصفوفات الرياضية وحسابها بكل براعة و تنفيذ الخوارزميات المختلفة وسرعة اكتشاف الاخطاء وانشاء واجهات المستخدم الرسومية. ويدعم مختلف اللغات البرمجية العلمية مثل C ، C++، Fortran .(2)

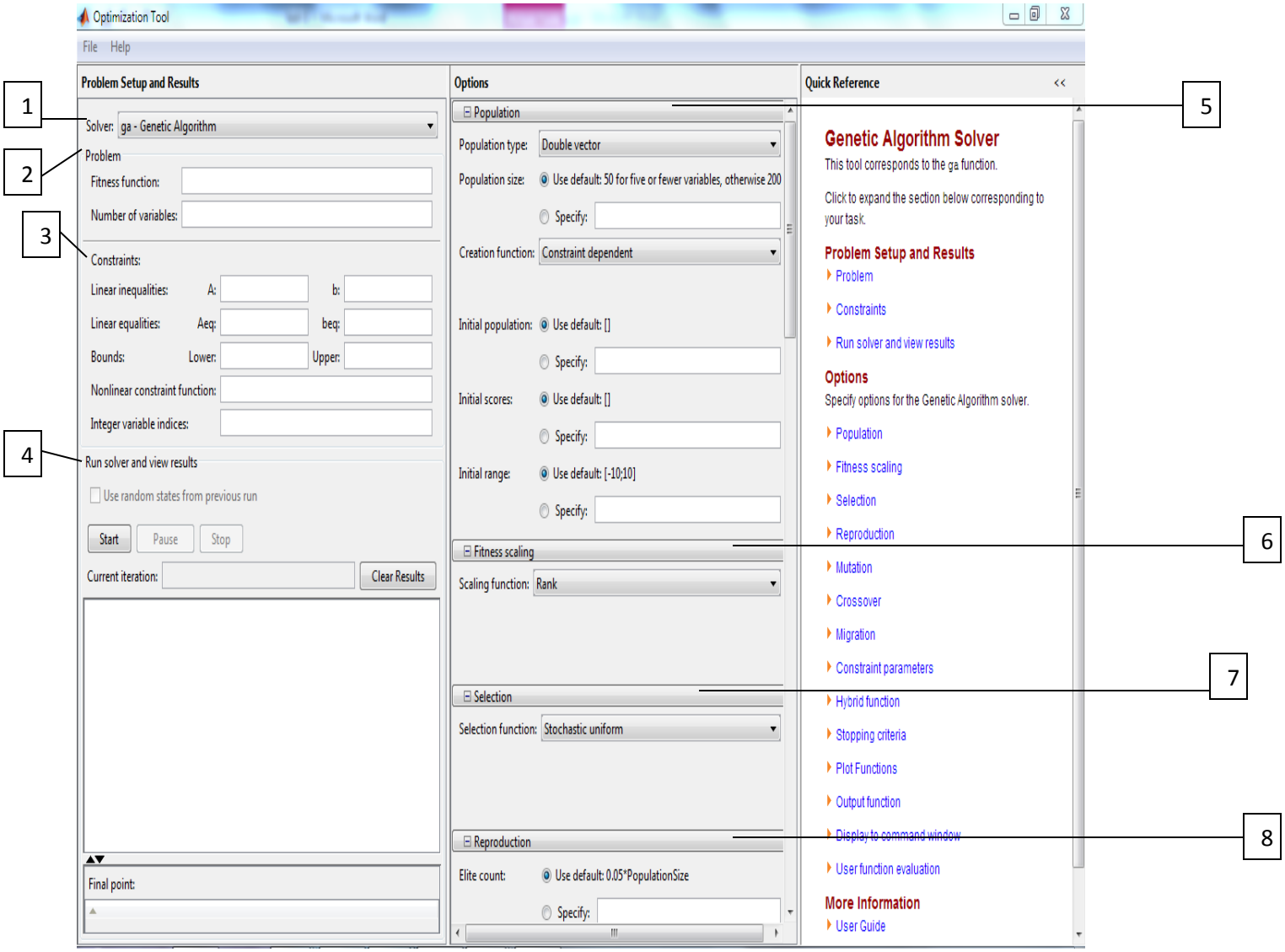
- في هذا البحث تم استخدام إصدارة برنامج ماتلاب R2015a ، ونظام تشغيل64 بت . وهذه النسخة متاحة على مواقع الإنترنت، مميزاتها سهلة التنصيب على الجهاز وتحتوي على اكواد برمجية مساعدة (help) حديثة غير موجودة في النسخ القديمة.

Optimization Toolbox 3.4

أداة التحسين (optimtoolbox) الموضحة في شكل(1.4) هي واجهة مستخدم رسومية (GUI) لتحديد وظيفة الأدوات، وتحديد خيارات التحسين وتشغيل التحسينات(optimization)، فإنه يوفر واجهة مريحة لجميع إجراءات التحسين، بما في ذلك الخوارزمية الجينية وبرنامج أدوات البحث المباشر، و هي أداة سهلة الإستخدام في:

1- تحديد وتعديل المشاكل بسرعة.
2- استخدم بناء الصحيح للجملة(syntax) لدوال التحسين.
3- استيراد وتصدير من مساحة العمل(workspace) في الماتلاب.
4- إنشاء رمز(code) يحتوي على التكوين الخاص.

تغيير معلمات التحسين (parameters) أثناء تنفيذ بعض دوال الخوارزمية الجينية و البحث المباشر.



شكل (1.4) أداة التحسين (Optimization Toolbox)

1.3.4 مكونات OptimizationToolbox

1. **Genetic Algorithm Solve**: هو حل المشكلة بإستخدام الخوارزمية الجينية.
2. **Problem**
   - Fitness Function: هي دالة هدف و الغرض منها تحقيق أهداف معينة إما للتقليل أو التعظيم وتكتب في شكل @objfun, حيث ان objfun عبارة عن ملف ماتلاب.
   - Number of variables: هو عبارة عن عدد المتغيرات المستقلة المستخدمة في دالة
3. **Constraints**
   - Linear inequalities: تكتب في *شكل* $A*x \leq b$ حيث A مصفوفة و b متجه.
   - Linear equalities: تكتب في شكل $Aeq*x = beq$ حيث Aeq مصفوفة و beqمتجه.

- Bounds: هو الحد الأدني والأعلى لقيمة المتغيرات.

  - Lower: تعين الحد الأدنى في صورة متجه.
  - Upper: تعين الحد الأعلى في صورة متجه.

- Nonlinear constraint functison: يحدد القيودغيرالخطية.

4. **Run solver and view results**

- Use random states from previous run: تتمكن من إعادة النتائج بعد عملية التنفيذ.
- Start button: تستخدم في تنفيذ الخوارزمية.
- Final point: القيم التي نتحصل علىها بعد توقف الخوارزمية.

5. **Population**: هنا يتم تحديد الخيارات التي يتم تطبيقها على أجيال الخوارزمية الجينية.

- Population type : يحدد نوع المدخلات المستخدمة في دالة الأمثلية، وهي ثلاثة أنواع:

- Double vector: يستخدم هذا الخيار إذا كان الأفراد في الجيل لديهم نوع مزدوج (Double).
- Bit string: يستخدم هذا الخيار إذا كان الأفراد في الجيل عبارة عن سلاسل ثنائية.
- Custom: يستخدم هذا الخيار لإنشاء مجموعة أجيال لها نوع بيانات خاصة ليست من الأنواع السابقة.

- Population size: يحدد عدد الافراد الموجودين في كل جيل.

- Creation function : يحدد الدالة التي تقوم بتكوين المجموعة الأولية للخوارزمية الجينية.
- Constraint dependent
- Uniform يكون الجيل الأولي عشوائي مع توزيع موحد، إذا لم تكن هناك قيود.
- Feasible population: في حالة وجود قيود خطية أو قيود صحيحة (integer).
- Nonlinear Feasible population: في حالة وجود قيود غير خطية و قيود غير صحيحة (integerno).

- Custom: يتيح هذا الخيار إنشاء مجموعة اجيال لها نوع بيانات خاصة بناء على نوع الأجيال المحددة مسبقا.

- Initial population: تتيح لك تحديد الأجيال الأولية للخوارزمية الجينية. اذا لم يتم تحديد الأجيال الأولية، فإن الخوارزمية تقوم بإنشاء الأجيال الأولية بناء على دالة الإنشاء(creation function) المحددة مسبقاً.
- Initial scores: هي عبارة عن الدرجات التي تعطي للأجيال الأولية وإذا لمن يتم تحديدها تقوم الخوارزمية بحسابها بناءا على دالة الأمثلية.

- Initial rang: يعمل على تحديد الحدود الدنيا والعيا للمدخلات. يمكن تحديد المدى الأولي في شكل مصفوفة تحتوي على صفين وعمود، حيث أن الصف الاول يمثل الحدود الدنيا و الصف الثاني يمثل الحدود العليا، أما العمود فيمثل طول المدخلات.

6. **Fitness scaling**: يحول دالة الأمثلية إلى قيم تناسب دالة الاختيار (Selection Funcion).

- **Scaling function:** تحديد الدالة التي تقوم بعملية القياس (scaling)،يمكن الإختيار من بين الاتي:

- Rank: ترتيب جداول الدرجات بناءا على رتبة كل فرد، حيث رتبة أمثل فرد هي 1، ورتبة الفرد الثاني هي 2 وهكذا.
- Proportional: تجعل التوقعات متناسبة مع درجة دالة الأمثلية. هذه الاستراتيجية لديها نقاط ضعف عندما لا تكون النتائج في مدى جيد.
- Top: الأفراد الذين لديهم اعلى قيم مثلى بالتساوي، يمكن تحديد الكمية وعدد أمثل الأفراد لإنتاج الأبناء. يجب أن تكون الكمية عدد صحيح بين 1 وحجم الجيل(population size).
- Shift linear: التحويل الخطي للدرجات (scores)، بحيث يتوقع امثل الأفراد ويمكن تحديد اقصى معدل بقاء للأجيال القادمة مضروبا في متوسط النتيجة(scores).
- Custom: تمكن من تحديد وظيفة التدرج (scaling function) الخاصة بك ليست من الانواع السابقة.

7. **Selection function**: وظيفتها إختيار الأباء للأجيال القادمة بناءا على قيمة دالة الامثلية. ويمكن الإختيار من بين الآتي:

- Stochastic uniform: يضغ كل من الأباء قي خط طول يتناسب مع توقعاته، ثم تتحرك الخوارزمية على طول الخط بخطوات متساوية الحجم، في كل خطوة تخصص أحد الوالدين إلى أن تكون جيل من الأباء. الخطوة الأولي رقم عشوائي أقل من حجم باقي الخطوات.
- Remainder: يعين الأباء بشكل حاسم من الجزء الصحيح لكل فرد على حدة ثم يستخدم (Roulette Selection) على أجزاء الكسور المتبقية.
- Uniform : يختار الأباء عشوائياً من توزيع موحد بإستخدام توقعات وعدد من الأباء حيث يؤدي إلى بحث غير موجه،والإختيار الموحد ليست استراتيجية بحث مفيدة، ولكن يمكن استخدامه لاختبار الخوارزمية الجينية.
- Roulette: يحاكيعمل (Roulette Wheel) في عملية إختيار الأباء.
- Tournament: يتم إختيار عدد من الأفراد عشوائياً ووضعها في مجموعة، ثم تصنيف أفضل الأفراد من تلك المجموعة لتكون الأباء.
- Custom : تمكن من كتابة دالة الإختيار(selection function) الخاصة بك.

8. **Reproduction (الأستنساخ):** تحدد كيفية إنشاء الخوارزمية الجينية للأبناء في كل جيل جديد.

9. **Mutation**: هو تغير عشوائي بسيط في أفراد الجيل يؤدي إلى توفر التنوع الجيني ومساحة بحث واسعة.

- Mutation functions: تحديد الدالة التي تقوم بعمل الطفرة.
- Custom: تمكنك من كتابة دالة الطفرة الخاصة بك التي تلبي قيود محددة. تكتب في شكل MutateFcn@، حيث أن MutateFcn عبارة ملف ماتلاب.

10. **Crossover :** يجمع بين فردين أو أبوين لتشكيل فرد جديد للجيل القادم.

- Crossover function: تحديد الدالة التي تقوم بالتهجين.

11. **Migration**: هي هجرة الأفراد بين الأجيال الفرعية، مثل أفضل فرد في جيل فرعي يقوم بالتبديل مع أسوءفرد في جيل فرعي أخر.Penalty : تحدد خوارزمية العقوبة التي تستخدمgacreationnonlinearfeasible@ في دالة الإنشاء (Creation Function).
12. **Output functions**: هي عبارة عن دوال تقوم بإستدعها في كل تكرار.

Custom function : تكتب في شكل outputfun@، حيث أن outputfunعبارة ملف ماتلاب.

13. **Display to command window** :يمثل العرض في شاشة الأوامر.

- Level of display: مستوي العرض وهو يحدد كمية المعلومات المعروضة في شاشة أوامر الماتلاب عند تشغيل الخوارزمية الجينية، ومن خياراتها:

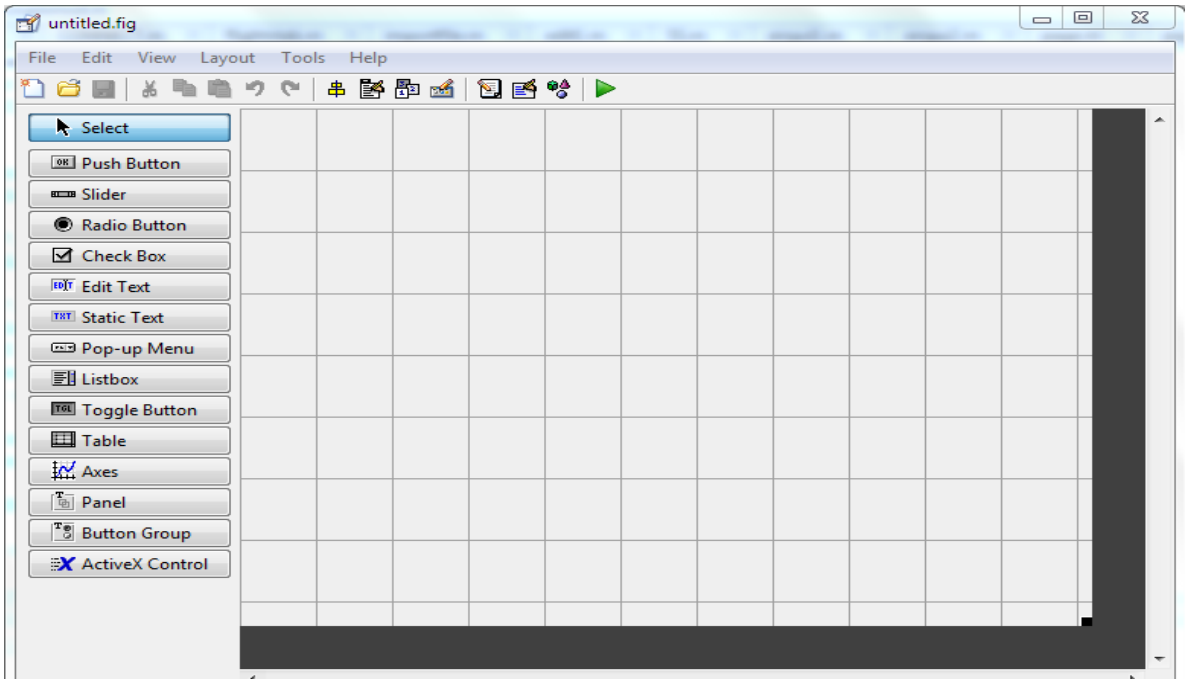
1. Off: لا يعرض المخرجات.
2. Iterative: يعرض معلومات كل عملية تكرارية للخوارزمية.
3. Diagnose: يعرض معلومات كل عملية تكرارية للخوارزمية بالأضافة إلى ذلك، يعرض معلومات عن المشكلة والخيارات التي حدث لها تغير من القيمة الأفتراضية.
4. Final: يعرض فقط السبب الذي أدي إلى توقف التنفيذ.

14. **Evaluate Fitness and Constraint**: يحدد كيفية تقييم الدوال التي تقوم بتعينها وهي على طرقتين:

- Serial: تعني أن دالة الأمثلية والقيود يتم تقييمها بشكل منفصل في كل فرد من الأجيال.
- Parallel: يعني أن تقييم دالة الأمثلية والقيود يتم على مجموعة من المعالجات.

4.4 واجهات المستخدم في الماتلاب (User Interface)

واجهة المستخدم (UI) كما موضحة في شكل (2.4) هي عرض رسومي في واحد أو أكثر من النوافذ التي تحتوي على عناصر التحكم تسمى المكونات، والتي تمكن المستخدم من أداء المهام التفاعلية. لا يحتاج المستخدم لفهم تفاصيل كيفية تنفيذ المهام.



شكل (2.4)واجهة الماتلاب الرسومية

يمكن أن تشمل مكونات واجهة المستخدم على سبيل المثال لا الحصر:

1. القوائم (menus).
2. أشرطة الأدوات (toolbars).
3. أزرار الدفع (push buttons).
4. أزرار الراديو (radio buttons).
5. صناديق القائمة (list boxes).
6. المتزلجون (sliders).

يمكن أن تقوم UIs التي تم إنشاؤها باستخدام أدوات الماتلاب ايضا بأي نوع من الحسابات، وقراءة وكتابة ملفات البيانات، والإتصال مع UIs أخرى، وعرض البيانات والجداول أو المؤامرات (plots) .

5.4 الخلاصة

في هذا الباب تطرقنا الي نبذة عن الأدوات والتقنيات المستخدمة في النظام المقترح المتمثلة في برنامج الماتلاب وفوائده مقارنة ببقية البرامج الأخرى، وكذلك تحدثنا عن أداة التحسين(Optimization Toolbox)التي توفر واجهة مريحة لجميع إجراءات تحسين البرنامج بما في ذلك الخوارزمية الجينية في تصميم جدول الخطوط الجوية السودانية، وأيضا تناولنا واجهات المستخدم الرسومية في الماتلاب لإدخال بيانات هيئه الطيران المدني وعرضها و سنتناول في الباب الخامس طريقه تصميم النظام المقترح .

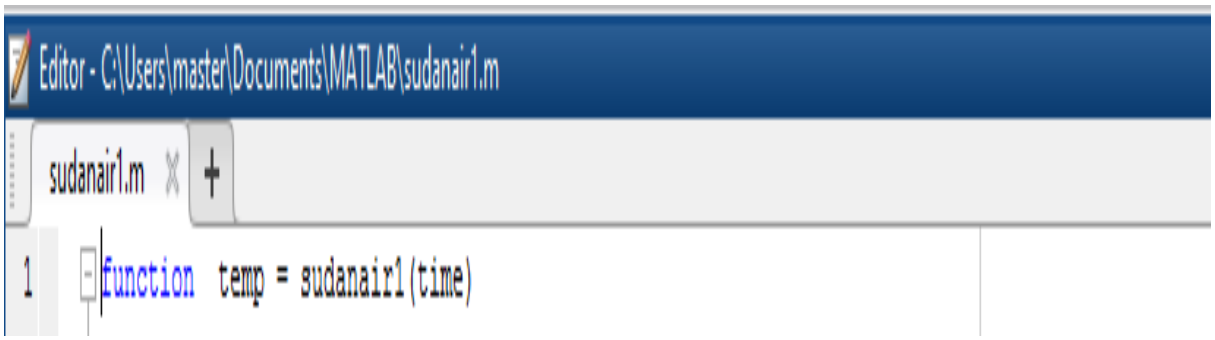
الباب الخامس

تصميم النظام

1.5 المقدمة

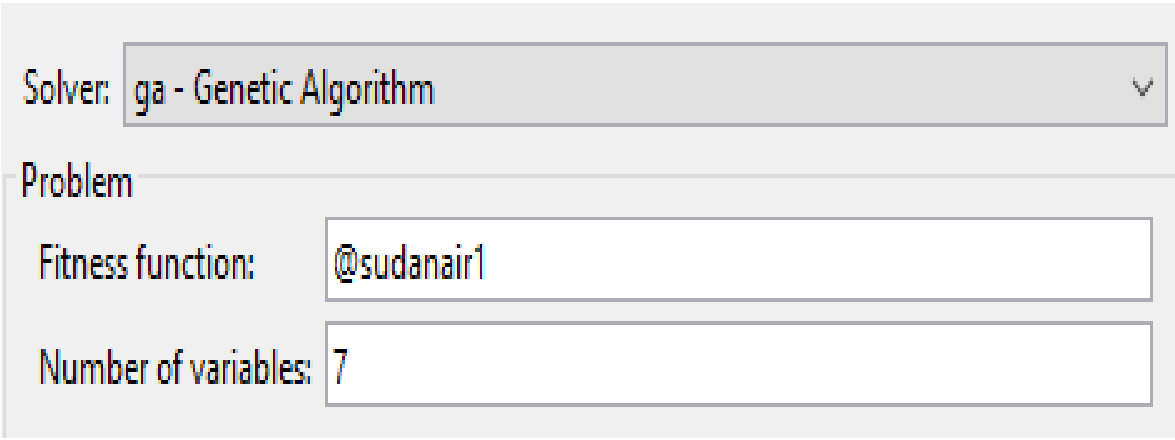
سنتطرق في هذا الباب الى شرح خطوات ال(Optimization Toolbox) في تصميم جدول الخطوط الجوية السودانية وعرض النتيجة، وشرح المخطط التتابعي لتسجيل الدخول والإضافة والتعديل على الرحلات بالنسبة لجداول الطيران المدني وكذالك شرح واجهات المستخدم في الماتلاب في تصميم جداول هيئه الطيران المدني وعرض نتائجها.

2.5 واجهات نظام الخطوط الجوية السودانية



شكل (3.5) دالة الأمثلية المراد الوصول إليها

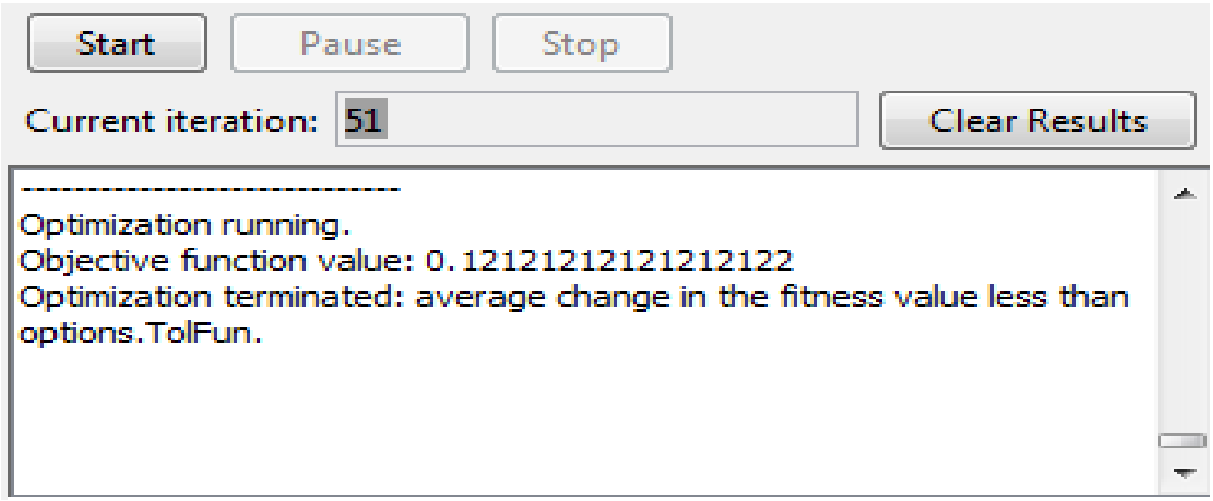
- Sudanair1: اسم الملف الذي يحتوي على دالة الأمثلية (Fitness function).



شكل (4.5) إدخال اسم الدالة وعدد متغيراتها

يوضح هذا الشكل إدخال اسم الدالة في toolbox وعدد متغيراتها:

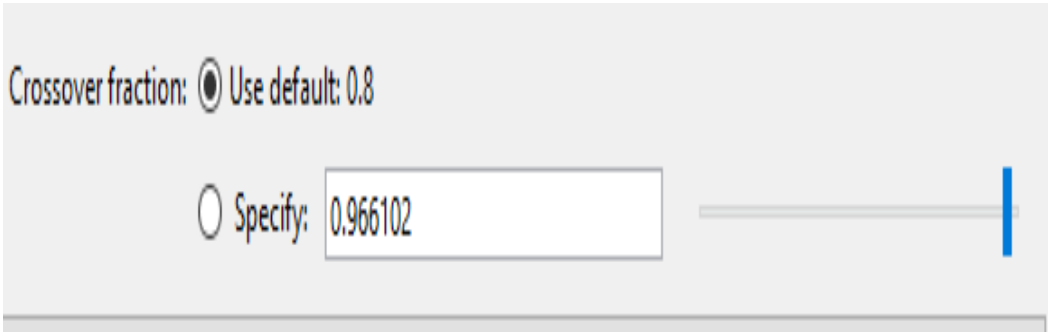
- Solver: حل المشكلة بإستخدام الخوارزمية الجينية.
- Fitness function: نداء دالة الهدف (sudanair1).
- Numberof variable: عدد المتغيرات في الدالة.



شكل (5.5) تنفيذ الخوارزمية الجينية

يوضح هذا الشكل تنفيذ الخوارزمية الجينية:

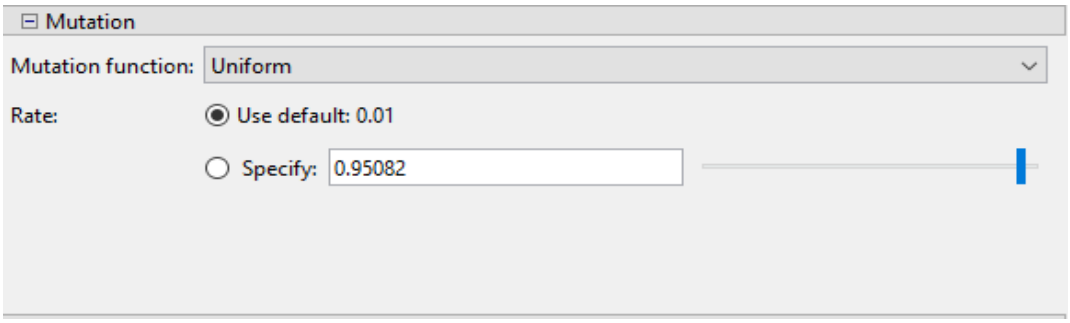
- Start: بدء تنفيذ الخوارزمية.
- Stop : إيقاف التنفيذ.
- Current iteration : عددالتكرارات الحالية.
- Objective functionvalue :قيمه دالة الهدف.
- Clear results: مسح النتائج بعد اظهار قيمة دالة الهدف.



شكل (6.5)عملية التهجين(crossover)

يوضح هذا الشكل عمليةالتهجين(Crossover) يجمع بين فردين أو أبوين لتشكيل فرد جديد للجيل القادم.

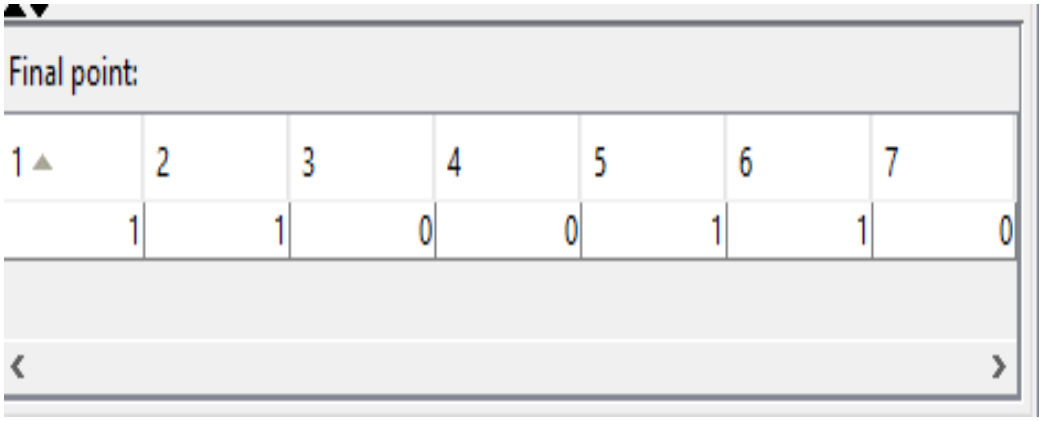
- Crossover fraction: معدل الجينات التي تدخل في عملية التهجين.



شكل (7.5)عملية الطفرة (mutation)

يوضح هذا الشكل عملية الطفرة (mutation) معدل التغير العشوائي في أفراد الجيل المنتج:

- Mutation function: تحديد الدالة التي تقوم بعمل الطفرة.
- Rate: معدل حدوث الطفرة.



شكل (8.5) توقف الخوارزمية والحصول على قيم لملء الكرموسوم من(final point)

- Finalpoint: طول وقيم الكرمسومات (الحلول الممكنة للمشكلة).

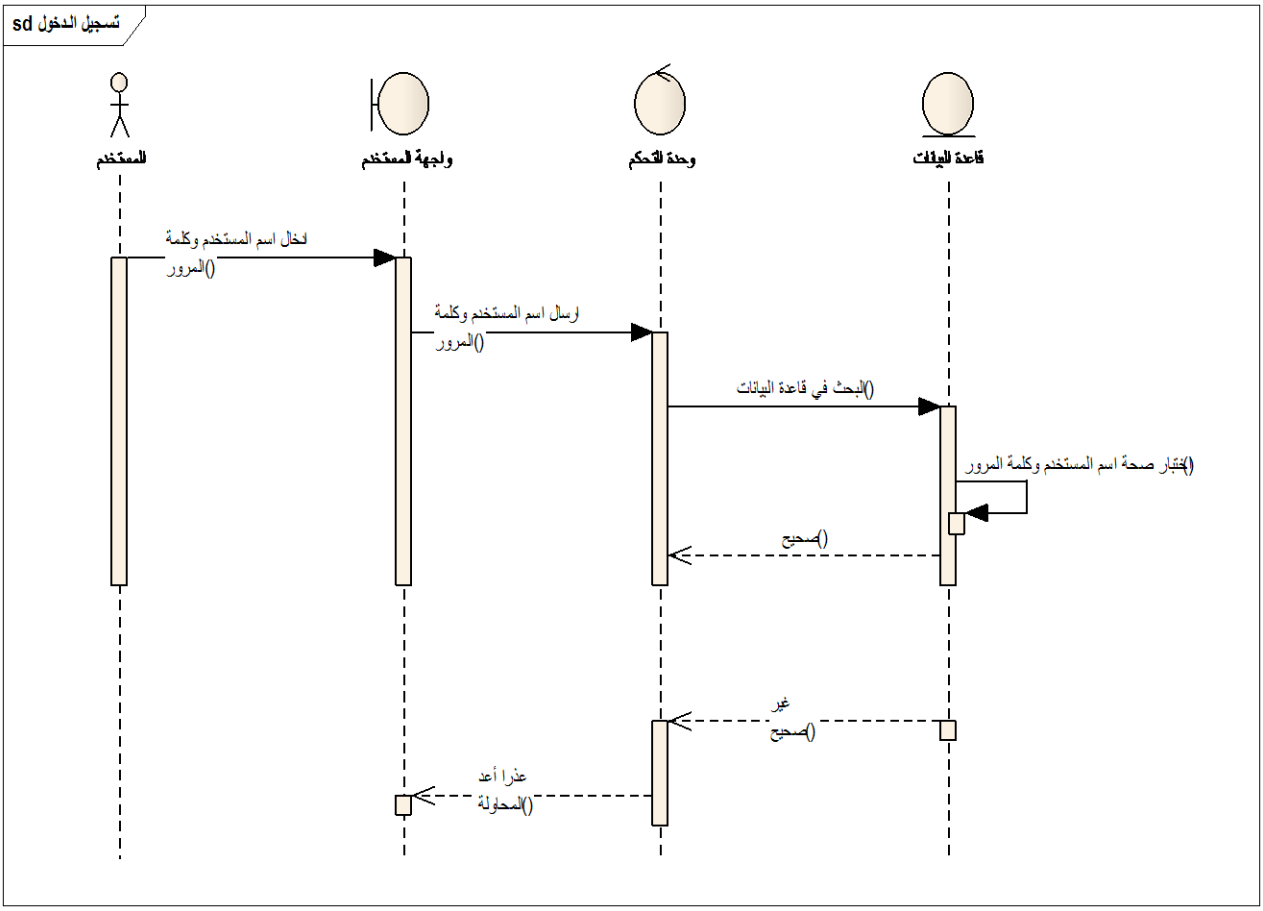
	الأزمان / اسم الطائرة	05_08	08_11	11_14	14_17	17_20	20_23	23_02	02_5
	A-320	**1**	**1**	**0**	**1**	**0**	**1**	**0**	0
السبت	**B-737**	**0**	**0**	**1**	**1**	**1**	**0**	**1**	0
	CRJ	**1**	**1**	**0**	**0**	**1**	**0**	**0**	1
	A-320	**1**	**0**	**1**	**1**	**0**	**1**	**0**	0
الأحد	**B-737**	**0**	**1**	**0**	**1**	**0**	**0**	**0**	1
	CRJ	**0**	**0**	**1**	**0**	**1**	**0**	**1**	0
	A-320	**1**	**0**	**1**	**0**	**0**	**1**	**1**	1
الإثنين	**B-737**	**0**	**1**	**0**	**1**	**1**	**0**	**1**	0
	CRJ	**0**	**1**	**1**	**0**	**1**	**1**	**0**	1
	A-320	**1**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**1**	0
الثلاثاء	**B-737**	**0**	**1**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	1
	CRJ	**0**	**1**	**1**	**0**	**0**	**0**	**0**	0
	A-320	**0**	**0**	**1**	**0**	**0**	**0**	**1**	1
الأربعاء	**B-737**	**1**	**0**	**1**	**0**	**0**	**1**	**0**	0
	CRJ	**1**	**0**	**0**	**0**	**0**	**1**	**0**	1
	A-320	**0**	**0**	**1**	**0**	**1**	**0**	**0**	0
الخميس	**B-737**	**1**	**0**	**1**	**0**	**0**	**0**	**1**	0
	CRJ	**0**	**1**	**0**	**0**	**0**	**1**	**0**	0
	A-320	**1**	**0**	**0**	**1**	**0**	**0**	**1**	0
الجمعة	**B-737**	**1**	**0**	**1**	**0**	**1**	**0**	**0**	0
	CRJ	**0**	**0**	**1**	**0**	**0**	**0**	**0**	1

جدول(7.5) الجدول الإسبوعي للخطوط الجوية السودانية

الجدول الاسبوعي للخطوط الجوية السودانية يحتوي على 21 كرمسوم يشمل 66 رحلة موزعة على3 طائرات:

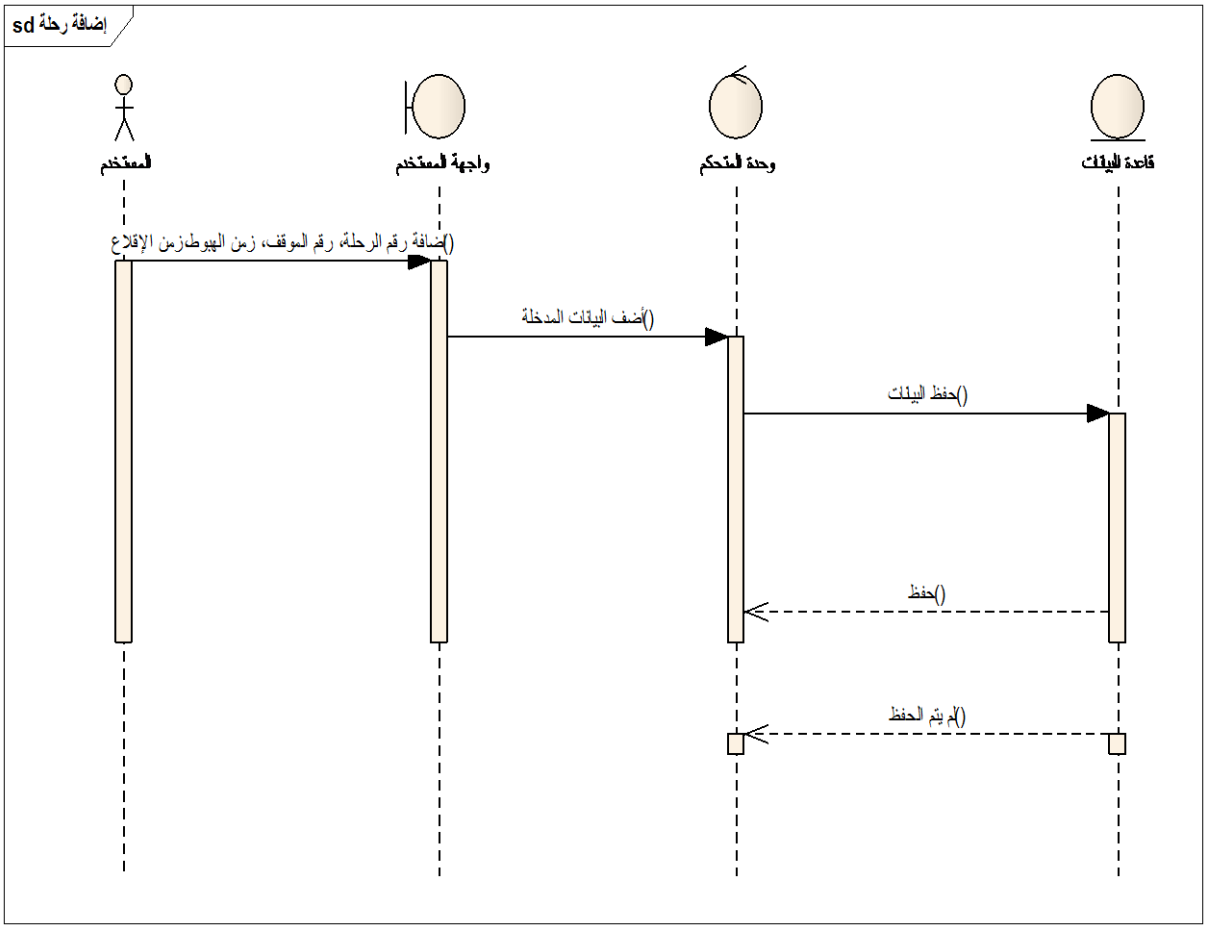
- الازمان : الفترات الزمنية خلال اليوم.
- (1) : خانة زمنية مستقلة لرحلة وطائرة معينة.
- (0): خانة زمنية غير مستقلةلأي رحلة.
- A-320 :الطائرة الأولى.
- B-737: الطائرة الثانية.
- CRJ : الطائرة الثالثة.

3.5 المخططات التتابعية لواجهات هيئة الطيران المدني



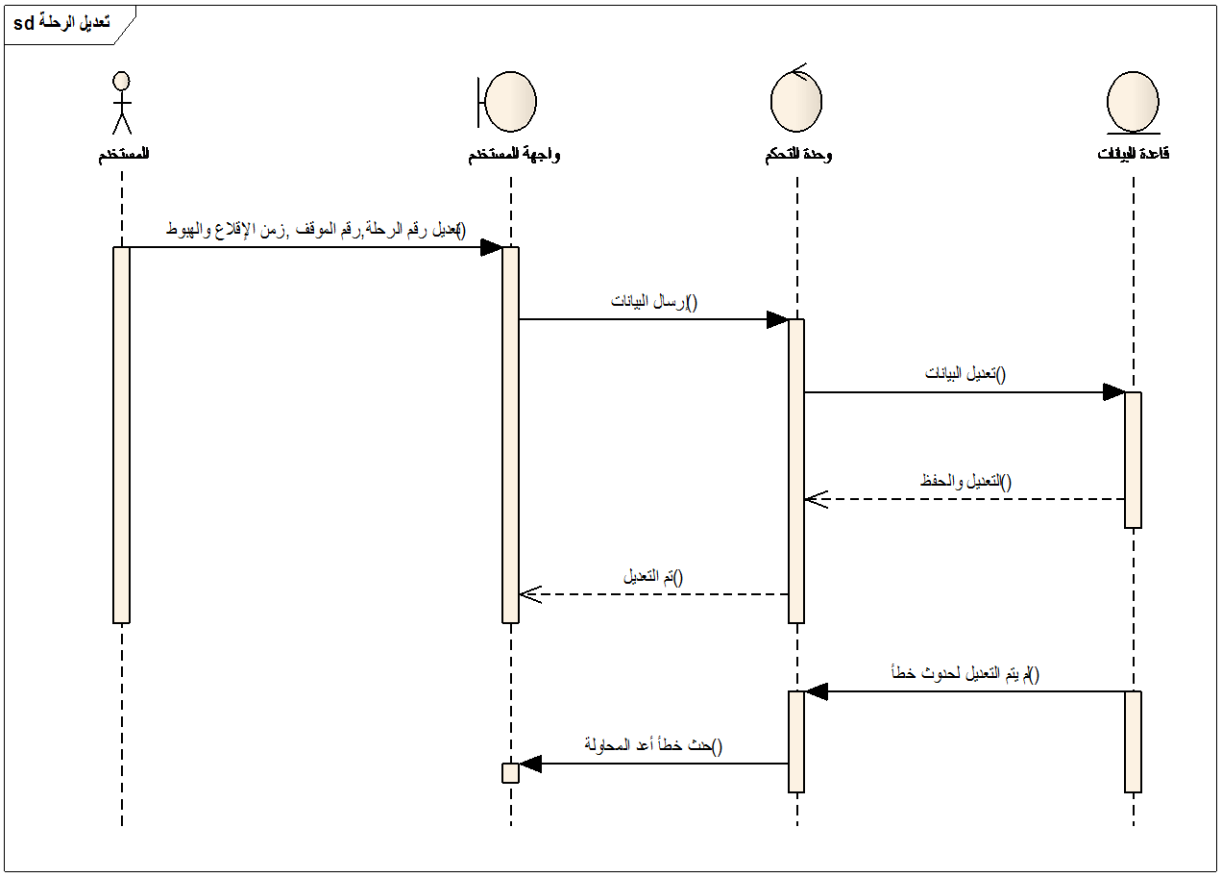
شكل (9.5) تسجيل الدخول للنظام

حيث يوضح هذا الشكل(9.5) المخطط التتابعي بين مستخدمي النظام حيث يقوم المستخدم بإدخال اسم المستخدم والكلمة المرور، ثم يتم إرسال اسم المستخدم وكلمة المرور إلى قاعدة البيانات ليتم التحقق منهما، اذا كان ناتج التحقق صحيح يدخل المستخدم إلى واجهات النظام و اذا كان ناتج التحقق غير صحيح تأتي رسالة إلى المستخدم بإعادة المحاولة مرة اخرى.



شكل (10.5)عملية إضافة البيانات

حيث يوضح هذا الشكل(10.5) المخطط التتابعي بين مستخدمي النظام حيث يقوم المستخدم بإضافة رقم الرحلة، رقم الموقف، زمن الهبوط وزمن الإقلاع. ثم يتم إرسال البيانات المدخلة إلى قاعدة البيانات ليتم حفظها.



شكل (11.5)عملية تعديل البيانات

حيث يوضح هذا الشكل(11.5) المخطط التتابعي بين مستخدمي النظام حيث يقوم المستخدم بتعديل رقم الرحلة، رقم الموقف، زمن الهبوط وزمن الإقلاع. ثم يتم إرسال البيانات المدخلة إلى قاعدة البيانات ليتم تعديلها وحفظها.

4.5 واجهات نظام هيئة لطيران المدني

شكل (12.5)تسجيل الدخول

حيث يوضح هذا الشكل(12.5) تسجيل الدخول، وذلك بإدخال إسم المستخدم، وكلمة المرور تم يقوم بالضغط على زر دخول للإنتقال الي الواجهة الرئيسية، إذا ضغط على زر إعادة سوف يحذف إسم المستخدم وكلمة المرور.

شكل (13.5)الواجهة الرئيسية للنظام

حيث يوضح هذا الشكل(13.5) الواجهة الرئيسية للنظام حيث تحتوي هذه الواجهة على:

- أضافة: لإضافة رحلة جديدة في قاعدة البيانات.
- تعديل: لتعديل في رحلة موجودة في جدول الرحلات المخزن في قاعدة البيانات.
- عرض: لعرض جدول الرحلات من قاعدة البيانات.

شكل (14.5)واجهة إضافة بيانات الرحلة

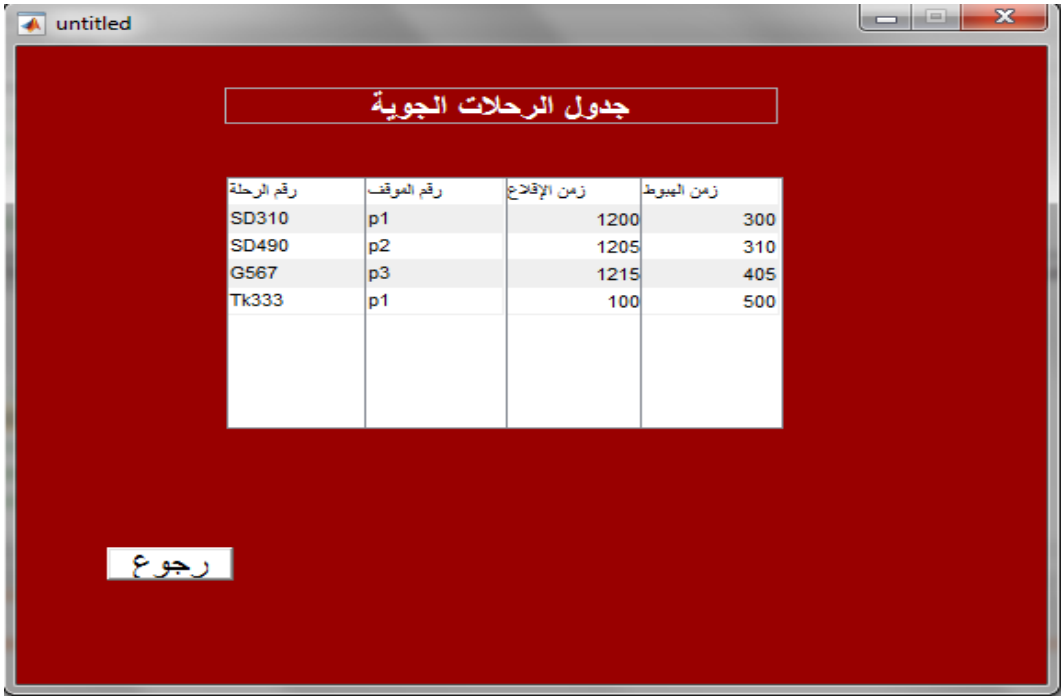
حيث يوضح هذا الشكل(14.5) واجهة الإدخال حيث يقوم المستخدم بإدخال البيانات التالية:

- رقم الرحلة.
- رقم الموقف.
- زمن الإقلاع.
- زمن الهبوط.

شكل (15.5)واجهة تعديل بيانات الرحلة

حيث يوضح هذا الشكل(15.5) واجهة التعديل حيث يقوم المستخدم بإدخال البيانات التالية:

- رقم الرحلة.
- رقم الرحلة الجديد.
- زمن الإقلاع.
- زمن الهبوط.



شكل (16.5)نموذج لجدول الرحلات الجوية

حيث يوضح هذا الشكل(16.5) نموذج لجدول الرحلات الجوية، ويحتوي الجدول علي أربعة أعمدة وهي:

1. رقم الرحلة.
2. رقم الموقف.
3. زمن الإقلاع.
4. زمن الهبوط.

5.5 الخلاصة

تناولنا في هذا الباب شرح كيفيه تصميم الجداول للخطوط الجويه السودانيه باستخدام(Optimization Toolbox) وعرض الحلول الممكنة للمشكلة(الجدول) و شرح للمخطط التتابعى لنظام هيئة الطيران المدني السوداني ووجهات النظام التى تمكنا من تصميمها بإستخدام واجهات المستخدم في الماتلاب وشرحا وافيا لطريقة الدخول للنظام وكيفيه إنشاء الجداول والإضافة والتعديل عليها وعرضها وسنتناول في الباب الخامس النتائج والتوصيات.

الباب السادس

النتائج والتوصيات

1.6 النتائج

- تم تطبيق الخوارزمية الجينية في انشاء جدول الرحلات الجوية للخطوط الجوية السودانية مع مراعاة المسارات المحددة من قبل المطارات الأخرى كما موضح في جدول (7.5).
- تم إنشاء جدول لمطار الخرطوم الدولي التابع لهيئة الطيران المدني مع مراعاة الطائرات الهابطة والمقلعة كما موضح في الشكل(16.5) .
- اليه تمكن من إضافة رحلات وإلغائها كما موضح في الشكل(14.5) والشكل(15.5).

2.6 التوصيات

بعد إنجاز هذا البحث نوصي بما يلي:

1. إضافة شروط وقيود إضافية على الخوارزمية، مثل الأخذ بعين الاعتبار جدول طاقم الطائرة.
2. إضافة خاصية تبين حالات موقف الطائرة.

3.6 الخاتمة

وبحمد الباري ونعمة منه وفضل ورحمة نضع قطراتنا الأخيرة بعد رحلة عبر خمسة موانئ بين تفكر و تعقل في نظام جدولة الرحلات الجوية الذي سعينا فيه جاهدين لتصميم جداول للخطوط الجوية السودانية وهيئة الطيران المدني، و قد كانت رحلة جاهدة للإرتقاء بدرجات العقل ومعراج الأفكار كما أن هذا الجهد مقل ولا ندعي فيه الكمال و لكن الحمدلله دائما وابدا بذلنا فيه قصارى جهدنا وتحصلنا على جداول لكل من الخطوط الجوية السودانية وهيئة الطيران المدني، فإن أصبنا فذاك مرادنا وإن أخطأنا فلنا شرف المحاولة والتعلم و أخيرا بعد أن تقدمنا باليسير في هذا المجال الواسع آملين أن ينال القبول و يلقى الإستحسان وصلى اللهم وسلم على سيدنا وحبيبنا محمد وعلى آله وصحبه وسلم.

المراجع

(1) Retrieved August 27, 2017, from http://www.cama.gov.ye/node/291

(2) Retrieved August 30, 2017, from http://203bxxx.niceboard.org/t20-topic

(3) Retrieved August 27, 2017, from http://ouruba.alwehda.gov.sy/node/236912

(4) Andersson, T. (. (2006). Solving the flight perturbation problem with meta heuristics. *Journal of Heuristics*, 37-53.

(5) Ciesielski, V. &. (1998). Real time genetic scheduling of aircraft landing times. *In Evolutionary Computation Proceedings*, 360-364.

(6) Dean, J. (. (2008). Staff scheduling by a genetic algorithm with a two-dimensional chromosome structure. *In Proceedings of the 7th International Conference on the Practice and Theory of Automated Timetabling*, 18-22.

(7) Jacobs, T. L. (2012). Airline planning and schedule development. *In Quantitative Problem Solving Methods in the Airline Industry*, 35-99.

(8) Lukas, S. A. (2012). Solving timetable problem by genetic algorithm and heuristic search case study: universitas pelita harapan timetable. *In Real-World Applications of Genetic Algorithms*, 1-15.

(9) Oketch, C. A. (2013). Algorithm optimization for solving crew scheduling problems. *Master's thesis, Universitat Oberta de Catalunya*, 13.

(10) Ozdemir, H. T. (2001). Flight graph based genetic algorithm for crew scheduling in airlines. *Information Sciences*, 165-173.

(11) Pardeep Kumar, P. K. (2016). An efficient Genetic Algorithm Approach for Minimising the makespan of job shop problems. *International Journal of Science, Engineering and Technology Research*, 9.

(12) Sriram, C. &.-4. (2003). An optimization model for aircraft maintenance scheduling and re-assignment. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 29-48.

(13) Wall, M. B. (1996). A genetic algorithm for resource-constrained scheduling. *Doctoral dissertation, Massachusetts Institute of Technology*, 62.

(14) Werner, F. (. (2011). Genetic algorithms for shop scheduling problems: a survey. *Preprint*, 66.

(15) Yang, Z. &. (2012). Optimization of aircraft maintenance plan based on genetic algorithm. *Physics Procedia*, 580-586.