الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

جـــامعة الجـــــزائر3

كلية العلوم الاقتصادية والعلوم التجارية وعلوم التسيير

قسم العلوم الاقتصادية

أطروحة مقدمة ضمن متطلبات نيل شهادة دكتوراه الطور الثالث في العلوم الاقتصادية

تخصص: طرق الأمثلية في الاقتصاد

الموضوع:

أثر استخدام البرمجة الخطية بأعداد صحيحة في اتخاذ القرارات دراسة حالة

إعداد الطالب:

قريشي أحمد

إشراف الأستاذة:

د. بن يحي ثاني نسرين

أعضاء لجنة المناقشة

الاسم واللقب	الرتبة العلمية	جامعة الانتماء	الصفة
كاريش صليحة	أستاذ	جامعة الجزائر3	رئيسا
بن يحي ثاني نسرين	أستاذ محاضر "أ"	جامعة الجزائر3	مشرفا
بوزارة العيد	أستاذ محاضر "أ"	جامعة الجزائر3	ممتحنا
حاند أمينة	أستاذ محاضر "أ"	جامعة الجزائر3	ممتحنا
عميش عائشة	أستاذ	جامعة الشلف	ممتحنا
خير قدور	أستاذ	ENSSEA	ممتحنا

السنة الجامعية 2026/2025

إهداء

إلى أبي رحمة الله عليه

إلى أمي أطال الله في عمرها

إلى زوجتي ورفيقة دربي

إلى أبنائي» آدم »، «أنس »و «مريم »مصدر إلهامي وقوتي

إلى أختي عضدي وسندي

إلى كل زملائي وأصدقائي

إلى كل من علمني حرفا وأنار لي طريقا

اهدي ثمرة جهدي المتواضع هذا

شكر وتقدير

الحمد لله الذي تتم بنعمته الصالحات

والصلاة والسلام على سيدنا محمد وعلى أله وصحبه أجمعين

أتقدم بالشكر الجزيل والعرفان لأستاذتي الفاضلة المشرفة الدكتورة **بن يحي ثاني نسرين** التي لم تبخل علي بوقفتها وعلمها ودعمها وتوجيهاتها طيلة فترة إعداد هذه الأطروحة

كما أتقدم بالشكر لأساتذة لجنة التكوين تخصص «طرق الأمثلية في الاقتصاد» الأستاذ خليد علي، بوزارة العيد وغريس عبد النور على توجيهاتهم ونصائحهم طيلة مدة التكوين

وإلى أعضاء لجنة المناقشة على تفضلهم بقبول مناقشة هذه الأطروحة وإثرائها بملاحظاتهم القيمة

إلى كل من ساهم في إتمام هذا العمل

ملخص:

تهدف هذه الدراسة على دراسة أثر استخدام البرمجة الخطية بأعداد صحيحة في عملية اتخاذ القرار من خلال دراسة تطبيقية على المؤسسة العمومية الاستشفائية بتابلاط في إطار السعي لترشيد النفقات وتحقيق الاستخدام الأمثل للموارد والمتمثلة في الموارد البشرية والموارد التشغيلية كالتغذية، المواد الصيدلانية، اللوازم المختلفة، الصيانة، الموارد المشتركة.

اعتمدت الدراسة على بيانات فعلية من المؤسسة محل الدراسة، تم استخدام البرنامج الجاهز WIN QSB وبرمجية Python 3.14 باستخدام خوارزمية التفريع والتحديد Branch and Bound لحل النماذج الرياضية واستخراج النتائج.

أظهرت النتائج أن النماذج المقترحة أدت إلى إيجاد التوليفة المثلى من الموارد البشرية والتشغيلية بأدنى تكلفة ممكنة مع الحفاظ على مستوى الخدمات المقدمة مما يؤكد فعالية النماذج الكمية في دعم اتخاذ القرار.

بينت الدراسة أن النماذج المقترحة ليس مجرد أدوات رياضية بل منهج علمي شامل يساهم في تحسين جودة القرارات كما اثبتت النتائج أن دقة البيانات وجودة الصياغة الرياضية للنموذج أساس نجاح تطبيق نماذج الأمثلية في الواقع.

الكلمات المفتاحية: البرمجة الخطية بأعداد صحيحة، اتخاذ القرارات، الأمثلية، النمذجة الرياضية.

Abstract:

This study aims to examine the impact of using Integer Linear Programming (ILP) in the decision-making process through an applied case study conducted at the Public Hospital Establishment of Tablat**,** the research seeks to rationalize expenditures and achieve the optimal utilization of available resources, these resources include human resources as well as operational resources such as nutrition, pharmaceutical supplies, miscellaneous materials, maintenance, and shared resources.

The study relied on actual operational data obtained from the hospital. The proposed mathematical models were implemented and solved using software package **Win QSB** and **Python 3.14**, using the **Branch and Bound algorithm** to generate and analyze the optimal solutions.

The results revealed that the proposed models led to finding the optimal combination of human and operational resources at the minimum possible cost while maintaining the level of services provided which confirms the effectiveness of quantitative models in supporting decision-making.

Furthermore, the results demonstrated that the proposed models are not merely a mathematically tools but rather a comprehensive scientific approach that contributes to improving the quality and consistency of managerial decisions, Also, the study emphasized that the accuracy of input data and the quality of the mathematical formulation are fundamental factors determining the successful application of optimization models in real world operational environments.

Keywords: Integer Linear Programming, Decision Making, Optimization, Mathematical Modeling.

فهرس
المحتويات

المحتوى	الصفحة
شكر وتقدير	-
إهداء	-
ملخص	-
فهرس المحتويات	II
قائمة الجداول	V
قائمة الأشكال	VIII
قائمة الملاحق	IX
مقدمة عامة	أ
الفصل الأول: الأطر النظرية والعلمية لاتخاذ القرار	
تمهيد	1
المبحث الأول: الأطر النظرية لاتخاذ القرار	2
المطلب الأول: مدارس الفكر الإداري واتخاذ القرار	2
المطلب الثاني: ماهية اتخاذ القرار	13
المطلب الثالث: أنواع القرارات	22
المبحث الثاني: عملية اتخاذ القرار: المراحل، المعوقات والأساليب الكيفية	28
المطلب الأول: مراحل عملية اتخاذ القرار	28
المطلب الثاني: التأثيرات ومعوقات عملية اتخاذ القرار	31
المطلب الثالث: الأساليب الكيفية لاتخاذ القرار	36
المبحث الثالث: الأساليب الكمية المساعدة على اتخاذ القرار	41
المطلب الأول: ماهية الأساليب الكمية	41
المطلب الثاني: النماذج الكمية ودورها في اتخاذ القرار	43
المطلب الثالث: أساليب بحوث العمليات لاتخاذ القرار	48
خلاصة الفصل	56

الفصل الثاني: البرمجة الخطية بأعداد صحيحة كأداة مساعدة على اتخاذ القرار	
تمهيد	58
المبحث الأول: مدخل حول البرمجة الخطية	59
المطلب الأول: ماهية البرمجة الخطية	59
المطلب الثاني: خوارزميات حل نماذج البرمجة الخطية	63
المطلب الثالث: البرنامج الثنائي وتحليل الحساسية	68
المبحث الثاني: مدخل للبرمجة الخطية بأعداد صحيحة	72
المطلب الأول: ماهية البرمجة الخطية بأعداد صحيحة	72
المطلب الثاني: تطبيقات نماذج المسائل البسيطة واستخداماتها	80
المطلب الثالث: المسائل المعقدة للبرمجة الخطية بأعداد صحيحة	85
المبحث الثالث: خوارزميات حل مسائل البرمجة الخطية بأعداد صحيحة	94
المطلب الأول: الخوارزميات الدقيقة	94
المطلب الثاني: الخوارزميات التقريبية	105
المطلب الثالث: الخوارزميات الهجينة	113
خلاصة الفصل	118
الفصل الثالث: دراسة حالة المؤسسة العمومية الاستشفائية بتابلاط	
تمهيد	120
المبحث الأول: تقديم المؤسسة	121
المطلب الأول: تعريف المؤسسة ومواردها	121
المطلب الثاني: الهيكل التنظيمي للمؤسسة	126
المطلب الثالث: تحليل ميزانية المؤسسة وتكاليف تسييرها	130
المبحث الثاني: الجدولة والتخصيص الأمثل للموارد البشرية	145
المطلب الأول: التخصيص الأمثل للموارد البشرية	145
المطلب الثاني: جدولة عمل التمريض	161
المبحث الثالث: التخصيص الأمثل للموارد التشغيلية الاستشفائية	169

المطلب الأول: صياغة الإشكالية وبناء النموذج الرياضي	169
المطلب الثاني: عرض وتحليل نتائج النموذج الرياضي	182
خاتمة الفصل	193
الخاتمة العامة	195
قائمة المصادر والمراجع	199
الملاحق	210

قائمة الجداول

قائمة الجداول

رقم الجدول	عنوان الجدول	الصفحة
1.1	الفروق بين المدرسة الكلاسيكية ومدرسة العلاقات الإنسانية	7
2.1	خصائص مستويات اتخاذ القرارات	17
3.1	ظروف اتخاذ القرارات	20
1.2	قواعد تحويل القيود إلى معادلات	65
2.2	جدول الحل الابتدائي	65
3.2	أوجه التشابه والاختلاف بين البرمجة الخطية والبرمجة الخطية بأعداد صحيحة	79
4.2	جدول الحل الأمثل بطريقة simplex	99
1.3	توزيع الموارد البشرية المتاحة حسب التخصص بالمؤسسة	123
2.3	توزيع الأسرة التقنية والحقيقية حسب المصالح بالمؤسسة	125
3.3	تكلفة أجور الموارد البشرية حسب الفئة خلال سنة 2023	131
4.3	متوسط تكلفة الوجبات حسب المصالح لسنة 2023	131
5.3	متوسط تكلفة وحدات العمل المغطاة بالمواد الصيدلانية حسب المصالح سنة 2023	133
6.3	متوسط التكلفة للوحدة الواحدة من اللوازم المختلفة حسب المصالح سنة 2023	134
7.3	تكلفة العتاد الطبي حسب نوع العتاد سنة 2023	134
8.3	تكلفة العتاد غير الطبي خلال سنة 2023	135
9.3	متوسط تكلفة الصيانة الوقائية حسب المصلحة سنة 2023	135
10.3	توزيع عدد تدخلات الصيانة حسب المصالح لسنة 2023	136
11.3	تكلفة الوحدة الواحدة من الموارد المشتركة في المؤسسة خلال سنة 2023	137
12.3	يوضع وحدات العمل بالمؤسسة	138
13.3	الأنشطة المحققة (المخرجات) في المؤسسة سنة 2023	139
14.3	توزيع إيرادات المؤسسة للسنة المالية 2023	141
15.3	توزيع نفقات المؤسسة للسنة المالية 2023	142
16.3	توزيع نفقات المستخدمين لسنة 2023	143
17.3	توزيع نفقات التسيير لسنة 2023	144
18.3	معنى المؤشر J لكل مصلحة	146
19.3	التخصيص الأمثل للموارد البشرية	149
20.3	المقارنة بين القيمة الاجمالية الحالية والمثلى للموارد البشرية	150

قائمة الجداول

21.3	العجز في الموارد البشرية	151
22.3	الفائض في الموارد البشرية	151
23.3	المصالح التي تحتاج موارد بشرية إضافية	153
24.3	المصالح التي تحتاج تخفيض موارد بشرية	154
25.3	توزيع تدفق المرضى على مدار اليوم	162
26.3	فترات المناوبة في قسم الاستعجالات	163
27.3	وقت الخدمة التمريضية حسب درجة خطورة الحالة	164
28.3	تقدير عبء العمل التمريضي والاحتياج للممرضات	164
29.3	التخصيص الأمثل للموارد التشغيلية الاستشفائية	183

قائمة الأشكال

رقم الشكل	عنوان الشكل	الصفحة
1.1	عملية بناء النماذج والاستفادة منه	48
1.2	المخطط الانسيابي للطريقة التتابعية simplex	67
2.2	عملية فلويد الثلاثية Floyd’s triple operation	103
3.2	تنفيذ العملية الثلاثية في مصفوفة	104
4.2	بيان يوضح خوارزمية مستعمرات النمل	111
5.2	مستويات التهجين	112
6.2	طرق التهجين	113
7.2	التصنيف الهيكلي لتهجين الطرق الدقيقة و التقريبية	115
8.2	خوارزميات حل مسائل البرمجة الخطية بأعداد صحيحة	117
1.3	خريطة حرارية توضح الفجوات بين أعداد الموارد البشرية الحالية والمثلى	155
2.3	متوسط تدفق المرضى على مصلحة الاستعجالات خلال اليوم	163
3.3	المقارنة بين الوضع الحالي والأمثل لمتغيرات التغذية	184
4.3	المقارنة بين الوضع الحالي والأمثل لمتغيرات المواد الصيدلانية	185
5.3	المقارنة بين الوضع الحالي والأمثل لمتغيرات اللوازم المختلفة	186
6.3	المقارنة بين الوضع الحالي والأمثل لمتغيرات الصيانة	186
7.3	المقارنة بين الوضع الحالي والأمثل لمتغيرات الموارد المشتركة	187

قائمة الملاحق

قائمة الملاحق

رقم الملحق	عنوان الملحق	الصفحة
01	الهيكل التنظيمي للمؤسسة	211
02	الحل الأمثل لنموذج جدولة عمل التمريض باستخدام برنامج WINQSB	2012
03	نتائج حل نموذج التخصيص الأمثل للموارد البشرية باستخدام برمجية Python	213
04	نتائج حل نموذج التخصيص الأمثل للموارد التشغيلية باستخدام برمجية Python	229

مقدمة عامة

تمهيد

في عصر الاقتصاد الرقمي والتطور التكنولوجي تواجه المؤسسات اليوم تحديات غير مسبوقة وضغوط متزايدة لتحسين أدائها والرفع من كفاءتها في عملية اتخاذ القرار وفي ظل بيئة معقدة لم يعد الاعتماد على الطرق التقليدية كافيا لمواجهة هذه التعقيدات وهو ما يفرض تبني أنماط وآليات حديثة لاتخاذ أفضل القرارات.

تعتبر الأساليب الكمية وسيلة فعالة لترشيد القرارات من حيث الاقتصاد في الجهد والوقت والموارد وتحقيق الحل الأمثل والأفضل للمشكلات التي تواجه مختلف المؤسسات والإدارات، حيث أنه ومع تعقد البيئة التنظيمية وطبيعة المشكلات التي يمكن أن يواجهها متخذ القرار لم يعد كافيا الاعتماد على الخبرة والبديهة والحكم الشخصي وغيرها من القدرات الذاتية الخاصة، بل كان لابد من هذه الأساليب العلمية الكمية والتي تعتبر أكثر دقة بعيدا عن العشوائية ومن بين هذه الأساليب نجد بحوث العمليات.

بحوث العمليات من اهم الأدوات المساعدة في عملية اتخاذ القرارات، كما تعتبر البرمجة الخطية أول أساليبها والتي تستخدم لحل مشاكل تعظيم أو تدنية دالة ما، حيث طورت واستخدمت فعليا من طرف العالم الرياضي جورج دانتزنغ سنة 1947.

من أهم افتراضات البرمجة الخطية هي القابلية للقسمة أي أنه ليس بالضرورة أن تكون متغيرات القرار أعداد صحيحة، لكن في العديد من الحالات يصعب تجزئة بعض المتغيرات وإلا فقدت صفتها وهذا ما يفرض اللجوء لاستخدام البرمجة الخطية بأعداد صحيحة.

تمثل البرمجة الخطية بأعداد صحيحة احدى الأدوات الرياضية المتقدمة بالغة الأهمية في عملية الترشيد والاستخدام الأمثل للموارد المتاحة للمؤسسة، فهي تتيح تحويل التحديات المعقدة ومشاكل الواقع العملي إلى شكل نماذج رياضية قابلة للتحليل والتحسين وتعكس مختلف قدرات المؤسسة سواء من حيث مواردها المادية وطاقاتها البشرية، بهدف الوصول إلى الأهداف المرجوة في ظل قيود محددة.

وعليه، سنركز في هذا البحث على استخدام البرمجة الخطية بأعداد صحيحة على مستوى المؤسسة الصحية بهدف ترشيد عملية اتخاذ القرارات.

وبناء على ما سبق يمكن طرح التساؤل الرئيسي التالي:

ما مدى تأثير استعمال البرمجة الخطية بأعداد صحيحة في اتخاذ القرارات على مستوى المؤسسة محل الدراسة؟

وللإحاطة بجوانب الموضوع، سيتم الاستعانة بالأسئلة الفرعية التالية:

1. ما مدى قدرة نماذج البرمجة الخطية بأعداد صحيحة على تمثيل المشاكل الإدارية واللوجستية المعقدة؟

2. هل يمكن أن تفضي الحلول الناتجة عن نماذج البرمجة الخطية بأعداد صحيحة إلى تحسينات ملموسة من حيث الوقت والتكلفة واستخدام الموارد؟

3. هل تعد البرمجة الخطية بأعداد صحيحة أداة فعالة في يد متخذ القرار على مستوى المؤسسة محل الدراسة وما تحديات تطبيقها؟

فرضيات البحث

1. يمكن بناء نموذج رياضي دقيق باستخدام البرمجة الخطية بأعداد صحيحة يعكس واقع المشكلة المدروسة ويلبي احتياجات متخذي القرار،
2. تكون النتائج المستمدة من البرمجة الخطية بأعداد صحيحة أكثر واقعية في التعامل مع قيود الأعداد الصحيحة مقارنة بالبرمجة الخطية العادية،
3. استخدام البرمجة الخطية بأعداد صحيحة يساهم في تحديد التوليفة المثلى من الموارد مما يساهم في تحسين عملية اتخاذ القرار على مستوى المؤسسة محل الدراسة.

أسباب اختيار الموضوع

هناك عدة مبررات ودوافع دعتنا إلى اختيار هذا الموضوع أهمها:

1. الأسباب الذاتية:

- الميول الشخصية نحو هذا المجال،
- طبيعة التخصص الذي ندرسه، إضافة الرغبة في التعمق فيه وتطبيق معارفنا الأكاديمية في بيئة العمل.

2. الأسباب الموضوعية:

- التحولات الاقتصادية والاجتماعية والتي تفرض على مختلف المؤسسات العمومية،

- تحديث أساليب وآليات اتخاذ القرار والاستغلال الأمثل للموارد،
- أهمية الأساليب الكمية في المؤسسات العالمية، وهذا ما يزيد من أهمية اعتمادها على مستوى المؤسسات الوطنية.

أهمية البحث

يمكن إبراز أهمية البحث في النقاط التالية:

- توفير أداة علمية كمية دقيقة تساعد متخذي القرار على تحقيق الاستخدام الأمثل للموارد المحدودة مما ينعكس إيجابا على أداء المؤسسات وقدراتها التشغيلية والتنافسية.
- تقديم نموذج تطبيقي باستخدام البرمجة الخطية بأعداد صحيحة قابل للتعميم على مختلف المؤسسات التي تواجه مشاكل قرارية مشابهة.
- إثراء المكتبة العربية بمرجع علمي متخصص في مجال البرمجة الخطية بأعداد صحيحة وتطبيقاتها في اتخاذ القرار في ظل ندرة الدراسات الأكاديمية العربية في هذا المجال.

أهداف البحث

تهدف هذه الدراسة إلى تحقيق ما يلي:

- تقديم إطار نظري متكامل للبرمجة الخطية بأعداد صحيحة يشمل الأسس الرياضية، الخوارزميات الحديثة وطرق الحل المختلفة ودورها في تحسين جودة القرارات الاقتصادية والإدارية.
- قياس الأثر الفعلي لتطبيق أسلوب البرمجة الخطية بأعداد صحيحة في اتخاذ القرارات في مؤسسة جزائرية.
- تطوير نموذج رياضي تطبيقي واقعي لمساعدة أصحاب القرار على مستوى المؤسسة محل الدراسة على اتخاذ أفضل القرارات باستخدام البرمجة الخطية بأعداد صحيحة.

حدود الدراسة

بهدف التحكم في إشكالية الدراسة تم معالجتها ضمن حدود زمنية ومكانية تمثلت في:

- **الحدود المكانية:** اقتصرت الدراسة على المؤسسة العمومية الاستشفائية بتابلاط كإحدى اهم المؤسسات الصحية بولاية المدية.

- **الحدود الزمنية:** للإحاطة بمختلف جوانب الدراسة التطبيقية تم الاعتماد على بيانات المؤسسة محل الدراسة خلال سنة 2023 أي من (01 جانفي 2023 إلى 31 ديسمبر 2023).

الدراسات السابقة

من بين هذه الدراسات نجد:

- بوشنافة أحمد، **أساليب التحليل الكمي لاتخاذ القرارات الإدارية " حالة المؤسسة العمومية الاقتصادية الجزائرية** «، أطروحة دكتوراه دولة في علوم التسيير، معهد العلوم الاقتصادية، جامعة الجزائر، 2001.

تناولت هذه الدراسة مسألة اتخاذ القرارات الإدارية باستخدام أهم الأساليب الكمية المساعدة منها: البرمجة الخطية، أسلوب شبكات الأعمال، خطوط الانتظار، نظرية المباريات، البرمجة الديناميكية، أساليب التنبؤ كتحليل السلاسل الزمنية والاقتصاد القياسي، كما تناولت واقع إدارة المؤسسات العمومية الاقتصادية فيما يخص اتخاذ القرار والوسائل المساعدة على ذلك.

- دحو عبد الكريم، **أثر استخدام الأساليب الكمية في تحسين فعالية اتخاذ القرارات الإدارية**، أطروحة مقدمة ضمن متطلبات نيل شهادة الدكتوراه، قسم علوم التسيير، كلية العلوم الاقتصادية والتجارية وعلوم التسيير، جامعة الجزائر 3، 2010.

تناولت هذه الدراسة كيفية مساهمة الأساليب الكمية في ترشيد القرارات الإدارية وأثر استخدامها حيث قام الباحث بالتعريف ببعض هذه الأساليب " بحوث العمليات، البرمجة الخطية، نظرية الألعاب، شجرة القرار وشبكات الأعمال" كما تطرق في دراسته التطبيقية لأثر استخدام المديرين للأساليب الكمية في اتخاذ القرارات في المؤسسات الصناعية والخدمية.

- العيد بوزارة، **الأساليب المساعدة على اتخاذ القرار وإشكالية ترتيب المعايير**، رسالة مقدمة للحصول على شهادة دكتوراه العلوم في العلوم الاقتصادية، تخصص اقتصاد كمي، كلية العلوم الاقتصادية وعلوم التسيير، جامعة الجزائر 3، 2016.

تناولت هذه الدراسة إشكالية محاولة نمذجة مسائل تتعلق بالمساعدة على اتخاذ القرار بعيدا عن الأمثلية، حيث تم معالجة هذه الإشكالية من خلال دراسة الخلفية النظرية لنظرية القرار ثم الانتقال إلى الأساليب المساعدة على اتخاذ القرار من خلال بحوث العمليات وبالخصوص بالبرمجة بالأهداف والبرمجة متعددة المعايير، وتناولت أيضا وبالتفصيل الطرق متعددة المعايير المساعدة على اتخاذ القرار كما عالجت حالة تطبيقية لهذه الطرق.

- AYALA, Maria. **Programmation linéaire en nombres entiers pour l'ordonnancement cyclique sous contraintes de ressources**. Thèse de doctorat. Université Paul Sabatier-Toulouse III.2011.

ركزت الباحثة في هذه الدراسة على مشكلة الجدولة الدورية في معمارية لمعالجات الكمبيوتر VLIW من خلال نمذجة تقنية Software Pipelining باستخدام البرمجة الخطية بأعداد صحيحة و اقترحت صيغ تعتمد على متغيرات ثنائية تمثل حزم تعليمات متوازية و تم حلها بطرق القطع و التقييم ، استرخاء لاغرانج مع التحقق من فعاليتها على بيانات صناعية حقيقية، و رغم تخصص الدراسة في الإعلام الألي فان منهجيتها في تطبيق البرمجة الخطية بأعداد صحيحة لحل مشكلات جدولة تحت قيود محدودة تعد ذات صلة مباشرة بموضوعنا خاصة في ما يتعلق بنمذجة قابلة للتطبيق و مع ذلك فإنها أغفلت تقييم الأثر الفعلي لاستخدام هذه النماذج على جودة اتخاذ القرار في بيئة تنظيمية واقعية.

- Clement, Riley. **Mixed integer linear programming models for machine scheduling.** Diss. Ph. D. thesis**,** The University of Newcastle, Australia, 2015.

تناولت هه الدراسة عملية تطوير صيغ جديدة للبرمجة الخطية بأعداد صحيحة المختلطة وهي مشكلة صعبة ومهمة في مجال التصنيع وتهدف بشكل رئيسي إلى معالجة قيود نماذج جدولة الالة الواحدة (SMSP) كما تم اختبار قوة الصياغة الرياضية الجديدة ليس فقط في جدولة الآلات ولكن في مشاكل أخرى مشابهة مثل مشكلة تحديد حجم الدفعات في الإنتاج (أي: كم ننتج من كل منتج في كل فترة) والتي تشترك مع مشكلة الجدولة في صعوبة تحدي ترتيب وتحقيق المهام أو الإنتاج والتي تم إثبات فعاليتها وتكمن المساهمة الأساسية للدراسة في ابتكار صياغة رياضية جديدة تعرف بنماذج مؤشر الدلو (Bucket Indexed Models) و التي تهدف الى التغلب على البطء و التعقيد الحسابي للنماذج الزمنية التقليدية عبر تقسيم الوقت الى فترات مدمجة مما يقلل عدد المتغيرات و القيود مما يسمح بحل مشكلات الجدولة الكبيرة الحجم و إيجاد الحل الأمثل في وقت قياسي.

- Liu, Bingqian**. Optimal design of local multi-energy systems: mixed-integer linear programming models and bi-level decomposition approaches.** PhD thesis. University Paris-Saclay, 2022.

تناولت الدراسة مشكلة أمثلية لتصميم أنظمة الطاقة المحلية متعددة المصادر (LMES) في الصين التي تهدف إلى رفع كفاءة إنتاج الطاقة، تقليل انبعاثات غازات الاحتباس الحراري و تعزيز دمج الطاقة المتجددة و يعد نظام LMES نظاما لا مركزيا يزود مجموعة من المباني القريبة كالمستشفيات و الجامعات بالطاقة بأشكال متعددة مع كفاءة اعلى و تكلفة صيانة اقل، تميزت الدراسة باستخدام منهجية

لنمذجة واقعية تأخذ في الحسبان مواكبة النمو المستقبلي في الطلب و تدخل تكاليف التشغيل على مدى عقود ، حيث تمت صياغة المشكلة كنموذج أمثلية كبير جدا باستخدام البرمجة الخطية بأعداد صحيحة مختلطة و اقترحت خوارزميتين جديدتان تتمثل في خوارزمية التفكيك الهرمي الموسعة (Extended Hiearchical Decomposition Algorithm) وخوارزمية تفكيك بندرز المعممة (Generalized Benders' Decomposition Algorithm) و التي تحقق افضل أداء و جودة حلول عالية مقارنة بالأساليب التقليدية.

بالإضافة إلى الدراسات السابقة التي تناولت موضوع الأساليب الكمية وتطبيقاتها المتنوعة في مجالات اتخاذ القرار جاء هذا البحث استكمالا لتلك الجهود من خلال توظيف البرمجة الخطية بأعداد صحيحة وعلى مؤسسة أخرى وهي المؤسسة الصحية.

صعوبات البحث

ككل البحوث العلمية تلقينا خلال إنجازنا لهذا العمل بعض الصعوبات تمثلت أساسا في:

- كانت البيانات المطلوبة لبناء نموذج البرمجة الخطية بأعداد صحيحة بالمؤسسة (مثل بيانات تكاليف الموارد البشرية، المواد الصيدلانية، الموارد المشتركة من ماء غاز كهرباء ...) غير متوفرة ضمن قاعدة بيانات واحدة مما تطلب جهدا كبيرا في جمعها من مختلف أقسام المؤسسة ثم تنسيقها.
- كما كان التحدي الأكبر هو صعوبة التوفيق بين الواقع والتعقيد الرياضي من خلال بناء نموذج يكون محاكيا للتعقيدات الواقعية للمؤسسة من ناحية، ويبقى قابلا للحل من الناحية الرياضية الحسابية مما تطلب تكرار عملية التبسيط والتحقق.

منهج البحث

من أجل معالجة المشكلة البحثية والإجابة على الإشكالية واختبار صحة الفرضيات سوف يتم الاعتماد على المنهج الوصفي في الجانب النظري ثم الاعتماد على التحليل الرياضي في الجانب التطبيقي من خلال الاعتماد على مراحل أسلوب اتخاذ القرار باستخدام النماذج الرياضية.

خطة البحث

من أجل الإحاطة بالموضوع واختبار مدى صحة الفرضيات، ومن أجل الوصول إلى النتائج النهائية المرجوة للبحث سوف نقوم بتقسيم البحث إلى ثلاثة فصول كما يلي:

- **الفصل الأول:** تم تخصيص هذا الفصل لعرض الإطار النظري لعملية اتخاذ القرار، وفق ثلاث مباحث:
  - ✓ المبحث الأول: تم فيه التطرق للتطور التاريخي والمدارس الفكرية لعملية اتخاذ القرار،
  - ✓ المبحث الثاني: تناولنا فيه ماهية عملية اتخاذ القرار،
  - ✓ المبحث الثالث: الأساليب الكمية في اتخاذ القرار.
- **الفصل الثاني:** سيتم التطرق في هذا الفصل إلى البرمجة الخطية بأعداد صحيحة كأداة لاتخاذ القرار، وفق المباحث التالية:
  - ✓ المبحث الأول: يتضمن مدخل عام حول تقنيات البرمجة الخطية مع التطرق لأنواعها وطرق حلها،
  - ✓ المبحث الثاني: يتضمن مدخل عام للبرمجة الخطية بأعداد صحيحة،
  - ✓ المبحث الثالث: من خلال التطرق لمختلف أساليب حل مسائل البرمجة الخطية بأعداد صحيحة.
- **الفصل الثالث:** تم تخصيصه للجانب التطبيقي والذي يتضمن ثلاث مباحث كما يلي:
  - ✓ المبحث الأول: تقديم عام للمؤسسة ودراسة وتحليل الموارد المتاحة للمستشفى محل الدراسة، المبحث الثاني: يتضمن بناء نماذج رياضية خاصة بجدولة عمل التمريض والتخصيص الأمثل للموارد البشرية وتحليل النتائج،
  - ✓ المبحث الثالث: يتضمن بناء النموذج الرياضي لمشكلة التخصيص الأمثل للموارد التشغيلية الاستشفائية ثم حله وتحليل النتائج.

الفصل الأول:

الأطر النظرية والعلمية لاتخاذ القرار

تمهيد:

عملية اتخاذ القرار من اهم العمليات التي تواجه الأفراد والمؤسسات على حد سواء، ففي عالم متسارع تتعدد فيه المشكلات وتتزايد فيه التحديات يجعل هذه العملية أكثر صعوبة وتعقيدا، حيث انه لا يمكن اتخاذ القرار بشكل عشوائي أو تلقائي بل يجب دراسة واستكشاف كل الخيارات واختيار الأفضل منها بعد تحليلها.

نسعى من خلال هذا الفصل إلى توفير فهم شامل لعملية اتخاذ القرار بدء من الأسس النظرية التي تشكل الإطار العام مرورا بالمراحل التي تتضمنها وصولا إلى مختلف المعوقات التي تعترضها والأساليب الكيفية والكمية التي يمكن الاستعانة بها لاتخاذ القرارات المثلى.

من خلال التطرق لثلاث مباحث رئيسية وهي:

- المبحث الأول: الأطر النظرية لاتخاذ القرار،
- المبحث الثاني: عملية اتخاذ القرار (المراحل، المعوقات والأساليب الكيفية)،
- المبحث الثالث: الأساليب الكمية المساعدة على اتخاذ القرار.

المبحث الأول: الأطر النظرية لاتخاذ القرار

شهدت عملية اتخاذ القرار في ظل تطور الفكر الإداري تحولا جذريا من الاعتماد على الحدس والتجربة الشخصية إلى اعتماد أسلوب علمي يركز على التحليل واستغلال البيانات وتطور التقنيات لاتخاذ أفضل القرارات.

المطلب الأول: مدارس الفكر الإداري واتخاذ القرار

تعد عملية اتخاذ القرار المحور الأساسي للممارسات الإدارية فهي ليست مجرد إجراء تنفيذي بل هي الجوهر الذي يحدد مسار المؤسسة ومستقبلها، فقد تباينت نظرة مدارس الفكر الإداري لهذه العملية تبعا للفلسفة التي تتبناها كل مدرسة، حيث نهدف من خلال هذا المطلب الى تسليط الضوء على تطور مفهم اتخاذ القرار عبر العصور الإدارية بدأ من النظرة التقليدية التي تركز على السلطة والمركزية وصولا الى المناهج الحديثة التي تدمج التحليل الكمي والسلوك البشري.

1. النظريات الكلاسيكية (النموذج الديناميكي)

1.1. نظرية الإدارة العلمية

يعتبر فريديريك تايلر (Frederick Taylor) (1856-1915) أب حركة الإدارة العلمية (Scientific management Movement)، حيث أنه قام ببناء نهج فلسفي جديد يعتمد على استخدام الأساليب العلمية في دراسة الوقت والحركة للمساعدة في عملية التنظيم والرقابة، ويرجع الفضل في افتراضاته وتصوراته إلى خبرته كمهندس، وملاحظاته حول العملية الإنتاجية من خلال تحديد أوجه الهدر والضياع الذي تعانيه المنظمة جراء الأساليب العشوائية المستخدمة آنذاك (الشماع و خضير، 2007، صفحة 47).

تميزت الظروف التي بدأت فيها الإدارة العلمية في الولايات المتحدة الأمريكية بمجموعة من العوامل منها الانطلاقة الحقيقية للاقتصاد الأمريكي وبروز شبكة الاتصال والتصنيع واتساع رقعة الأسواق وازدهار حركات التصدير، كل هذا نتج عنه تفوق الطلب على العرض وبالتالي ظهور مشاكل تتعلق بالإنتاج وليس التسويق، وعلى هذا الأساس أصبح البحث عن أكفأ الطرق لاستخدام الموارد المتاحة ضرورة ملحة، ومن هنا لاحظ فريديريك تايلر مجموعة من السلبيات في المصانع التي مارس مهامه بها منها (بلعجوز، 2017، صفحة 13):

1. غياب الأساليب العلمية والدراسات المنظمة التي تبنى عليها القرارات الناجحة،
2. أداء العمال لمهامهم بنوع من الإهمال وعدم الاهتمام،
3. عدم وجود الحوافز بالنسبة للعمال،
4. عدم وضوح ودقة مؤشرات قياس أداء العمال،
5. غياب مفهوم المسؤولية لدى المديرين والعمال،
6. عدم التلاؤم بين الوظيفة والفرد وانعكاسه على مستوى الأداء والإنتاجية.

من اهم إسهاماته في مجال اتخاذ القرارات الإدارية من خلال دراساته و أبحاثه الميدانية و ملاحظاته التي كانت منطلقا لاستخدام الأساليب العلمية في اتخاذ القرارات، عن طريق اتباع خطوات و مراحل معينة تهدف للوصول للحل الأمثل للمشكلة، و ذلك حسب تايلر بإحلال " الطريقة المثلى" محل الطرق التقليدية المبنية على الحكم الشخصي و الارتجال و العشوائية، كما توصل" تايلر" إلى تحديد الحركات الضرورية التي يجب على العامل القيام بها من أجل تدنية الوقت و الجهد ، و هذا ما سمح بمعرفة البدائل الضرورية و غير الضرورية عند اتخاذ القرار و هذا بالتركيز على البدائل الضرورية بغرض الوصول لحل المشكلة، و طرح البدائل غير الضرورية التي تؤدي إلى هدر الجهد و الوقت (كنعان، 2007، صفحة 48).

2.1. نظرية العملية الإدارية

يعود الفضل في ظهورها إلى المهندس هنري فايول (Henri Fayol) (1841-1925) حينما قدم كتابه الشهير بعنوان (Administration Générale Et Industrielle) كما يعتبر الرجل الثاني الذي ساهم في النظرية الكلاسيكية (بلعجوز، 2017، صفحة 15).

في الوقت الذي كان ينتهج فيه تايلور أسلوبا تجريبيا بدأ من قاعدة الهرم عند قيامه بإجراء تجارب على أداء العمال و طريقة عملهم و خرج بنظرية الإدارة العلمية ، فإن فايول بدأ من القمة و نظر للإدارة على أنها نشاط أو عملية تتكون من عناصر تنطبق على كافة المجهودات البشرية، حيث قام بتقسيم النشاطات إلى ست مجموعات و هي: الوظائف الفنية (الإنتاج) ، و التجارية (البيع و الشراء) و المالية (التمويل و الإنفاق) ، و المحاسبية و الإحصاء، و الصيانة، و أخيرا الوظائف الإدارية و هي التخطيط و التنظيم و التنسيق و التوجيه و الرقابة (عبد الوهاب، 1982، صفحة 199).

كما يميز فايول بين خمسة وظائف تنطبق على أي منظمة وهي على النحو التالي (Plane, 2008, pp. 18-19):

1. التخطيط: وهذا يعني التحضير للمستقبل بطريقة عقلانية،
2. التنظيم: وتعني تخصيص الموارد اللازمة لسير المنظمة: المواد، الأدوات، رأس المال والمورد البشري،
3. التوجيه: معناه الاستفادة القصوى الممكنة من كل مكونات المنظمة،
4. التنسيق: معناه الربط بين جميع أنشطة المنظمة لضمان الاتساق والفعالية،
5. الرقابة: وهو التحقق إذا كان كل شئي يسير وفق الخطة المعتمدة.

وكذلك من أهم إسهاماته في تطوير وترشيد اتخاذ القرار هي المبادئ الأربعة عشر الخاصة بتسيير العمل وهي كما يلي (rouleau, 2007, p. 16): " تقسيم العمل، السلطة، النظام، وحدة الأوامر، وحدة القيادة، مبدأ خضوع المصلحة الفردية للمصلحة العامة، مبدأ مكافأة العمال، مبدأ المركزية، مبدأ تدرج السلطة، مبدأ روح المجموعة، مبدأ استقرار العمال، مبدأ المبادرة، مبدأ التعاون بين العمال، مبدأ الإنصاف ".

3.1. النظرية البيروقراطية

قامت هذه النظرية على أكتاف عالم الاجتماع الألماني ماكس فيبر (max viber) (1864-1920) من خلال الجهود التي بذلها في محاولة عملية منه لدراسة الإدارة بغية الوصول على مبادئ تحكمها (المغربي م.، أصول الإدارة والتنظيم، 2016، صفحة 49).

قام فيبر بمعالجة موضوع التفكير الإداري من خلال دراسته للتنظيمات الإدارية والأشكال المختلفة للسلطة من خلال تقسيمها إلى ثلاث أنواع وهي: السلطة التقليدية المستنبطة من الوضع الاجتماعي القائم، السلطة المستمدة من شخصية القائد الغامضة والساحرة والمؤثرة في الجمهور وكذلك السلطة العقلانية القانونية الشرعية المعتمدة على قوة الدستور والقانون، كما يرى فيبر أن مركز سلطة صنع القرار تكون من اعلى الهرم التنظيمي الإداري(سلطة التقرير) باتجاه المستويات الدنيا (سلطة التنفيذ فقط) و أن هذا النوع من التنظيم هو الأكثر فاعلية لأنه واضح و محدد مسبقا، كما يخضع لقوانين و تعليمات مكتوبة وليس لمزاج المدير أو الرئيس (فليه و السيد، 2005، صفحة 56).

يعتبر النموذج البيروقراطي أكفأ نماذج التنظيم حسب فيبر باعتباره يكفل أداء الأعمال المطلوبة وفق خطة محددة، وتتلخص خصائصه فيما يلي (عبد الوهاب، 1982، صفحة 195):

1. التوزيع الهرمي المتسلسل للسلطة حيث تتركز في كل وظيفة على السلم الهرمي سلطة ومسؤولية محددة،
2. تحديد وتعريف العمل المطلوب بدقة وتوزيعه على المراكز المختلفة حسب تخصص شاغلي هذه المراكز،
3. التوظيف على أساس المؤهلات والخصائص الفنية التي تلائم العمل وفق شروط محددة ودقيقة،
4. العمل على رفع كفاءة أداء الموظفين عن طريق التكوين الفني الدقيق وفق أعباء وظائفهم،
5. استقرار الموظف في مهنته وارتباطه الدائم بالبيروقراطية، وتتم ترقيته على السلم الهرمي عن طريق الأقدمية والجدارة،
6. استمرار العمل بغض النظر عن القائمين به عن طريق اتباع نظام دقيق يتكون من قواعد وإجراءات تتميز بالشمول والعمومية،
7. وجود نظام مستندي يتضمن معلومات مفصلة عن العمل بمختلف أموره وجزئياته يعتمد عليه الموظفين في كل خطوة يقومون بها،
8. النموذج البيروقراطي لا يسمح بالعلاقات الشخصية التي تؤثر على الحكم السليم وبالتالي تضعف كفاءة الأداء، حيث أن العلاقات بين العاملين وبين الجمهور تقوم على أساس موضوعي.

حققت ألمانيا قدرا كبيرا من التقدم على كافة الأصعدة ما مكنها من الوقوف مجددا بعد الحرب العالمية الثانية، وهذا يعود للدور الإيجابي الكبير الذي قامت به البيروقراطية، كما تلقى هذه الأخيرة تقديرا كبيرا من الدول النامية التي تسعى للنمو والتقدم، رغم هذا تميزت البيروقراطية بالكثير من السلبيات وهي (المغربي م.، أصول الإدارة والتنظيم، 2016، الصفحات 50-51):

1. تقسيم العمل أدى إلى تضخم الأعمال الروتينية،
2. اهتمام العمال باستيفاء الإجراءات وإهمال صالح المنظمة،
3. الالتزام الشديد بالإجراءات يؤدي إلى قتل روح الأبداع والابتكار ويعزز التحجر،
4. ضعف العلاقات وعدم التفاعل مع بيئة المنظمة يحول دون تحقيق الإدارة لأهدافها وشفافيتها.

هذه السلبيات في عملية إصلاح البيروقراطية، ومثال ذلك ما جاء في كتابات ميشيل كروزير " الظاهرة البيروقراطية " من خلال مطالبته بتفتيتها.

4.1. النظرية الكلاسيكية واتخاذ القرار

تفترض النظرية الكلاسيكية أن يقوم متخذ القرار في أي نظام اقتصادي بتصرفات رشيدة، يسعى من خلالها لتحقيق أهداف المؤسسة بأقل التكاليف الممكنة مع أكبر قدر ممكن من الأرباح، حيث أنه يختار دائما القرار الأكثر ربحية من بين القرارات المتاحة، لذا تعتبر قراراته رشيدة، كما تعرف النظرية أيضا بنظرية القرار الرشيد، والقرار الرشيد الذي يضمن الحد الأقصى لتحقيق أهداف المؤسسة ضمن معطيات البيئة التي يعمل بها وقيودها، لذلك يستلزم أن تكون الاهداف والوسائل المتاحة معروفة.

كما تقوم النظرية على الشرطين التاليين (دحو، 2009، الصفحات 12-13):

1. أن يتمتع متخذ القرار بمميزات وقدرات خاصة أهمها الرشد والمنطق تساعده في اختيار البديل الأمثل الذي يحقق الاهداف المرجوة مع الأخذ بعين الاعتبار كل البدائل المتاحة، وهذا ما يتطلب من متخذ القرار:
   - أن يعرف كل الاهداف التي يريد تحقيقها، ثم يقوم بترتيبها وفقا لأهميتها،
   - أن يعرف كل الحلول البديلة الممكنة لاتخاذ أفضل قرار،
   - أن يعرف مزايا وعيوب ونتائج كل بديل، ثم يقوم بترتيب أولوية كل بديل وفقا لنتائجه بدء بالأفضل فالأقل،
   - أن يختار أفضل بديل يسمح بإيجاد الحل الأمثل للمشكلة ويحقق الهدف المرغوب.
2. أن يأخذ متخذ القرار كل البدائل المتاحة والنتائج المترتبة عنها بعين الاعتبار، ويقوم بترتيب النتائج حسب الأفضلية وفق معايير محددة مرتبطة بأهدافه وأهداف المنظمة وأن يختار أفضل بديل.

من خلال هذين الشرطين نستنتج أن هذه النظرية ترى ضرورة أن يعرف متخذ القرار جميع الاهداف التي يريد تحقيقها للمنظمة.

انتقدت المدرسة الكلاسيكية في النقاط التالية (الصرن، 2004، صفحة 556):

1. تكون الاهداف معطاة في الأوضاع الحقيقية لاتخاذ القرار،
2. صعوبة الحصول على جميع البدائل الممكنة،

3. استحالة توقع وتقدير جميع النتائج الممكنة لكل بديل بسبب صعوبة الحصول على جميع البدائل،
4. عملية الحصول على المعلومات لاستعمالها في اتخاذ القرار تكون ذات تكاليف عالية بسبب عدم حريتها، ومنه عملية توليد وتقييم البدائل يحتاج إلى طاقة ووقت وموارد،
5. من بين افتراضات النظرية الكلاسيكية أن متخذي القرار يتميزون بالقدرة العقلية الكبيرة على حفظ الكثير من المعلومات وتشغيلها والاستفادة منها، ولكن الواقع غير ذلك.

2. مدرسة العلاقات الإنسانية

كرد فعل بعد فشل المدرسة الكلاسيكية في تحقيق التطلعات التي تأمل في تحسين مستوى الأداء والإنتاج ظهرت مدرسة العلاقات الإنسانية في نهاية القرن العشرين، كانت المدرسة الكلاسيكية تنظر للإنسان على أنه آلة (machine) لكن مدرسة العلاقات الإنسانية أعطت أهمية كبيرة للجانب النفسي والاجتماعي باعتبار أن الفرد مجموعة من القيم والعواطف والمعتقدات والاتجاهات لها أثر كبير على الكفاية الإنتاجية (الأغا و عساف، 2015، صفحة 29).

فيما يلي جدول يوضح الفرق بين المدرستين:

الجدول رقم (1.1): الفروق بين المدرسة الكلاسيكية ومدرسة العلاقات الإنسانية

المدرسة الكلاسيكية	مدرسة العلاقات الإنسانية
الاهتمام بالحوافز المادية	الاهتمام بالحوافز المعنوية
الاهتمام بالحافز المعنوي	الاهتمام بالتنظيم غير الرسمي
اتخاذ القرارات مسؤولية الإدارة فقط	توسيع قاعدة المشاركة في اتخاذ القرار
الفصل بين التخطيط والتنفيذ	دمج التخطيط بالتنفيذ
الكفاية الإنتاجية ترتبط بالطاقة الفيسيولوجية(البدنية)	الكفاية الإنتاجية ترتبط بالطاقة الاجتماعية
النظرة للإنسان نظرة تشاؤمية	النظرة للإنسان نظرة تفاؤلية

المصدر: (الأغا و عساف، 2015، صفحة 29)

تبلورت مدرسة العلاقات الإنسانية نتيجة العديد من التجارب العلمية والتي أجريت بمصانع " هاورثون " بشركة ويسترن الكتريك بولاية شيكاغو بالولايات المتحدة الأمريكية، تعمل هذه المصانع على توريد الآلات وقطع الغيار وغيرها لشركة الهاتف بأمريكا وتضم حوالي 9000 عامل، انقسمت هذه التجارب إلى ثلاث كما يلي (الحسيني، 2011، الصفحات 32-33):

1. التجربة الأولى: استهدفت هذه التجربة قياس الأثار الناجمة عن تغيير ظروف العمل المادية كالإنارة، التهوية، الرطوبة، الضوضاء، التوزيع السيئ لفترات الراحة، الأجور التشغيلية، والإشراف على إنتاجية العمال.

   قام العديد من الباحثين تحت قيادة " التون مايو " بغرض اختبار صحة الفرض باختيار بتقسيم العمال إلى مجموعتين واحدة تجريبية والأخرى قياسية، ثم بدأوا في إدخال التحسينات على ظروف الإنارة للمجموعة التجريبية فقط، حيث لاحظوا أن معدل الإنتاج قد ارتفع في كلتا المجموعتين، فاستنتجوا وجود عنصر أخر أدى لارتفاع معدل الإنتاج غير عنصر الإنارة.

2. التجربة الثانية: قام الباحثون في هذه التجربة بعزل ست فتيات من العاملات في حجرة اختبار خاصة، وهي مجموعة تجريبية بحيث يبقون تحت الملاحظة المباشرة ويكون من السهل قياس التغيرات التي تحدث على إنتاجيتهن بسبب تغيير الظروف المادية للعمل، فترات الراحة ونظام الحوافز المالية وساعات العمل.

   بينت نتائج الدراسة الارتفاع الملحوظ في معدلات إنتاجية العاملات، لكن في المرحلة الثانية عشر من التجربة قام الباحثون بإعادة العاملات لظروف العمل السابقة ولكن إنتاجيتهم بقية مرتفعة، وهذا ما فسر وجود أسباب أخرى غير الظروف المادية أدت إلى ارتفاع الإنتاجية ومنها حرية العمل والاتصال والتعاون مما ولد لديهم شعور بالمسؤولية الجماعية، كما أدت مشاركتهن في اتخاذ القرارات وربط أهدافهن بأهداف المنظمة إلى رفع الإنتاجية وتنميتها.

3. التجربة الثالثة : بنفس طريقة التجربة الثانية تم عزل أربعة عشر عامل كمجموعة تجريبية بحجة مستقلة ، و تم ملاحظة و تسجيل كل سلوكياتهم و مناقشاتهم عن طريق مراقب يقيم معهم ، توصلوا من خلال التجربة إلى انه رغم وجود تنظيم رسمي للإدارة، الا انه تكونت جماعات غير رسمية في العمل بقيادة خاصة تختلف عن المعينين من طرف الإدارة حيث تبين أن العمال يتفقون في ما بينهم على معايير يلتزمون بها ، حيث كان التهديد بعزل كل عامل مخالف اجتماعيا و عمليا عن بقية

الأفراد و هذا ما جعل كل الأفراد يلتزمون بهذا الدستور غير الرسمي المتفق عليه ، حيثه انه كذلك رغم وجود حوافز الا أن الوحدات المنتجة لم تزد أو تنقص عن العدد المتفق عليه من قبل العمال.

دامت هذه التجاب الثلاث في مجملها ست سنوات، كما ساعدت في فهم مايو وزملائه لظاهرة العمل والعاملين والعلاقات، وتبلورت نتائج هذه المدرسة في النتائج التالية (عبد الوهاب، 1982، صفحة 202):

1. الإنسان هو اهم عنصر في العمل وذلك بسبب تركيبته المعقدة جسديا ونفسيا واجتماعيا مما يستلزم معالجة واعية للحصول منه على التعاون المطلوب.
2. دوافع العمل لا تقتصر على الأجور والمكافئات المادية فقط، بل هناك دوافع وحاجات نفسية واجتماعية، وأهمها التقدير واحترام النفس وتأكيد الذات.
3. العمال يكونون فيما بينهم تنظيم غير رسمي على شكل جماعات عمل لها تأثير كبير على تفكير واتجاهات وقيم أعضائها، وبالتالي التأثير على دوافعهم وسلوكهم وعلاقاتهم بينهم، وبينهم وبين الإدارة مما ينعكس على إنتاجيتهم، وهذا ما يفرض على الإدارة التعامل معهم على اعتبار انهم جماعة لا أفراد منفصلين.
4. معاملة العمال بطريقة ديمقراطية كفيلة بتحقيق المناخ المناسب للعمل حيث انهها تمنحهم الإحساس بالاحترام والتقدير وأثبات الذات وبالتالي الرضا وارتفاع المعنويات، مما يجعلهم يرفعون من إنتاجيتهم.

لم تسلم هذه المدرسة كذلك من الانتقادات التي نوجزها فيما يلي (بربر، 1996، صفحة 41):

1. ركزت المدرسة على المتغيرات الاجتماعية كمحرك لسلوك العمال فقط متجاهلة الدوافع التي تحرك وتؤثر على السلوك،
2. اعتبرت أن التنظيم غير الرسمي هو أساس الهيكل التنظيمي متجاهلة التنظيم الرسمي، وعليه فان إلغاء التنظيم الرسمي يعني عدم وجود منظمة قائمة،
3. النتائج المتوسل إليها مشكوك فيها علميا بسبب محدودية عدد العمال الذين شملتهم التجارب،
4. اتجاه الدراسات والتجارب خاصة في نهاية تجارب الهاورثون إلى عدم تحديد فروض ومتغيرات للبحث عن حقائق العلاقات بينها وبين الإنتاجية.

1.2. مدرسة العلاقات الإنسانية واتخاذ القرار

هذه المدرسة لم تتعرض بالشكل الكافي لعملية اتخاذ القرار بل تمت الإشارة إليه فقط، من خلال انه يجب إشراك العمال في اتخاذ القرارات عن طريق ما يسمى" بأسلوب الإشراف والقيادة الديمقراطية، والإدارة التي توفر عنصر الإشراك " كما انهم لم يبينوا كيف يتم هذا الإشراك، أما فيما يخص الاتصال فيتم بطريق ذو اتجاهين يتم الحصول عليه من مصدرين مختلفين، مصدر التنظيم الرسمي وغير الرسمي (بلعجوز، 2017، صفحة 35).

3.المدرسة السلوكية

برزت هذه المدرسة في أوائل الخمسينيات من القرن الماضي كامتداد لمدرسة العلاقات الإنسانية، حيث ركزت في وصفها وملاحظتها وتفسيرها للسلوك الإنساني باستعمال طرق البحث العلمي (الحسيني، 2011، صفحة 40)، من أهم روادها كريس ارجرس، دوغلاس مكريغر، رنسس ليكرت، ابراهام ماسلو، فردريك هزبرغ.

تبلورت اهتمامات هذه المدرسة حول دراسة سلوك الفرد والجماعة أثناء العمل بغرض زيادة الإنتاجية، وكان لها ثلاث مداخل لدراسة السلوك تمثلت في (الموسوي، 2004، الصفحات 65-66):

1. مدخل علم النفس: وهو علم يدرس السلوك الإنساني بصفة عامة، له العديد من الفروع التي ساهمت في الفكر الإداري كعلم النفس الاجتماعي وعلم النفس التجاري والصناعي الذي يبحث سلوك الإنسان مع الأخرين وقواعد سلوك الجماعات وكيفياتها وأثرها على الأفراد، إضافة إلى علم النفس التنظيمي الذي يدرس سلوك الإنسان في المنظمة كما يبحث في أثر المنظمة على الفرد والجماعة.
2. مدخل علم الاجتماع: يركز هذا العلم على دراسة العلاقات الاجتماعية وتحليلها وتركيبة البيئة الاجتماعية المؤثرة في السلوك الإنساني، كما يهتم بدراسة سلوك النسان وعلاقته بالبيئة التي ينتمي إليها بعنصريها الإنساني والطبيعي.
3. مدخل علم دراسة الإنسان: يهتم هذا العلم بدراسة أنماط السلوك البشري المكتسبة والسائدة في مجتمع ما مع تحديد مختلف مظاهر حضارة هذا المجتمع، كما يدرس الفرد ككائن حي له أصول وفروع وسلالات وخصائص ومكونات تميزه عن باقي الكائنات الحية.

نادى رواد هذه النظرية باستراتيجية جديدة نحو الفرد العامل تتضمن ما يلي (العميان، 2010، صفحة 45):

1. يجب أن تتميز الإدارة بالتشاركية والاستشارية،
2. مشاركة الأفراد في اتخاذ القرارات حيث تكون القرارات جماعية وليست فردية،
3. العمل على تلبية الحاجيات النفسي للأفراد،
4. توجيه الأفراد نحو تحقيق أهداف المنظمة مع إعطاءهم الثقة اللازمة بدل فرض السيطرة والرقابة المتشددة عليهم،
5. الاعتقاد بان أفضل أنواع الرقابة هي الرقابة الذاتية للفرد على نفسه،
6. إتاحة الحرية اللازمة للأفراد للبروز والإبداع والابتكار عن طريق المرونة في العمل،
7. تفويض السلطات وفق أنظمة محددة وتنمية المهارات في ممارسة السلطة المفوضة.

اختلفت هذه المدرسة عن سابقيها فيما يلي (دحو، 2009، صفحة 21):

1. اعتبرت أن التنظيم نظام مفتوح،
2. اعتبرت أن التنظيم نظام اجتماعي يقوم باتخاذ القرارات، بعد أن كان المدخل الكلاسيكي يرتكز على العمل والهيكل التنظيمي ومدرسة العلاقات الإنسانية على العنصر البشري.

رغم كل ما سبق إلا أن المدرسة السلوكية لم تسلم من جوانب القصور حيث (العميان، 2010، صفحة 46):

1. رغم تقديمها لمجموعة المبادئ التي أثبتت التجارب نجاحها الا انه لا تزال هناك عناصر أخرى في العملية الإدارية حيث أنها اهتمت بالجوانب السلوكية وأهملت العمليات الإدارية والتنظيمية،
2. رغم نظرتها التفاؤلية للإنسان والتعامل مع جوانبه الإيجابية، الا أن هذه النظرية عجزت عن إيجاد طريقة لمعالجة مشكلة التوفيق بين أهداف الإدارة وأهداف الأفراد العاملين.

4.مدرسة اتخاذ القرار

تعتبر من بين المدارس الحديثة حيث ظهرت مدرسة اتخاذ القرارات كنتيجة حتمية لعدم قدرة المدرسة السلوكية و ما تضمنته من نظريات و تفسيراته علمية لبعض المتغيرات السلوكية و التنظيمية ، و كذا عدم مساهمة المتغيرات و الأبعاد التي ركز عليها أصحاب الفكر السلوكي في بداية محاولاتهم من خلال إهمالهم لبعض المفاهيم المتعلقة بالجانب الإنساني ، و لكن بعد ظهور المنظمات الكبيرة خصوصا ظهر

اهتمام بالجوانب الهيكلية كما أصبحت عملية اتخاذ القرار فيها من الأمور الجوهرية في حياة التنظيم وكذا الحاجة الضرورية لوضع عدة بدائل و اختيار افضلها ، في هذه المرحلة تعددت نشاطات الباحثين و من بينهم (سايمون) الذي اعتبر أن الإدارة هي اتخاذ القرارات (جمال عبد الله ، 2014، صفحة 122).

ولقد كان لنظرية هيربرت سيمون في عمليات اتخاذ القرار دور كبير ومساهمة فعالة في التطوير التنظيمي، حيث أنها تقوم على (الشرقاوي، 2016، الصفحات 230-231):

1. أن هناك عمليات اختيار بديل من عدة بدائل،
2. أن تحديد الهدف العام لا يترتب عليه انتهاء عملية اتخاذ القرار بل أن عملية اتخاذ القرار تتضمن التنظيم كذلك،
3. أن التنظيم الإداري يتضمن فئة عليا وهم صانعو القرار وفئة دنيا وهم منفذو القرارات،
4. أن صانع القرار (الفئة العليا) هو الذي يجب عليه اختيار البديل من عدة بدائل.

حسب (سايمون) فإن هناك نوعين من القرارات وهي المبرمجة والغير مبرمجة والقرار المبرمج هو القرار الذي لا يحتاج إلى مهارات إبداعية كثيرة وإنما يتطلب الخبرة والتجربة بينما القرار غير المبرمج هو الذي يتناول موضوعات متعددة ومعقدة تحتاج إلى تأن ودراسة وإبداع، فالسلوك التنظيمي مثلا يعتمد ترشيده على الاختيار السليم من بين البدائل ذلك أن القرار الرشيد هو القرار الموضوعي القائم على دراسة وتحليل الموقف بصورة واقعية، أشار (سايمون) إلى نوعين من الرشد وهما (أبو عريش، 2016):

- النموذج الموضوعي: وهو الأقرب إلى القرار المثالي،
- النموذج الشخصي: هو الأقرب إلى الواقع في حالة اتخاذ القرار الإداري.

وقد عارض (سايمون) مفهوم الرشد المطلق في رجل الإدارة، وهذا لتعدد المعوقات والمتغيرات مثل مستوى المهارات والمواقف والضغوط التي قد تفرض عليه قيودا تجعله يلتزم بأنماط سلوكية معينة قد تعيقه في اختيار البديل الأمثل، وقد حاول (سايمون) إظهار الرجل الإداري بدل الرجل الاقتصادي بتوقعاته وممارساته لاتخاذ القرار، حيث يقوم بدراسة كل البدائل واختيار أفضلها بما يحقق الرضا والإشباع.

تمثل مرحلة هذه المدرسة مرحلة إسهام متطور في عملة صنع القرارات الإدارية بالإضافة إلى الدور الإيجابي الكبير الذي قدمته في ترشيد وتطوير السلوك الإداري التنظيمي، حيث اهتمت بالتنظيمات غير

الرسمية، كما أبرزت متغيرات كثيرة منها المتغيرات الهيكلية والسلوكية والبيئية فقد اعتبرت أن المنظمة نظام مفتوح تتعامل مع البيئة المحيطة بها بالإضافة إلى تركيزها على الجوانب الكمية في الإدارة (دودين، 2015، الصفحات 83-84).

المطلب الثاني: ماهية اتخاذ القرار

يعد اتخاذ القرار من اهم العمليات في حياة الافراد والمنظمات لأنه يحدد اتجاه العمل وكيفية تحقيق الأهداف واستغلال الموارد، وتزداد أهميته مع تعقد المشكلات وتعدد البدائل ووجود قيود مثل الوقت والميزانية وعدم اليقين، نهدف من خلال هذا المطلب الى توضيح ماهية اتخاذ القرار باعتباره عملية اخيار البديل الأنسب لحل مشكلة ما.

1. تعريف وأهمية اتخاذ القرار

1.1. تعريف القرار وعملية اتخاذ القرار

حسب (تاننباوم و زميلاه ويشلر و ماساريك) فان القرار الإداري هو" الاختيار الحذر و الدقيق لاحد البدائل من بين اثنين أو اكثر من مجموعات البدائل السلوكية " أما حسب نيجرو (nigro) فيعرفه على انه "الاختيار الواعي بين البدائل المتاحة في موقف معين" و يعرفه أخرون بانه اختيار افضل البدائل المتاحة بعد القيام بدراسة مستفيضة للنتائج المتوقعة من كل بديل و اثرها في تحقيق الاهداف المرغوبة " كما يحدد برنارد (Bernard) مفهوم عملية اتخاذ القرار بأنها عملية تقوم على الاختيار المدرك للغايات التي لا تكون في الغالب استجابات أوتوماتيكية أو ردود فعل مباشرة (بطرس جلدة، 2009، صفحة 13).

أما عملية اتخاذ القرار Decision Making فهي عملية منهجية تعتمد على الدراسة والتفكير الموضوعي للوصول إلى قرار محدد كما تشير هذه العملية إلى اختيار وتفضيل أحد البدائل أو الإمكانيات المتاحة حيث يعتبر وجود البدائل أساسا لعملية اتخاذ القرار وذلك لأنها تؤدي إلى وجود مشكلة تتمثل في الاختيار بين تلك البدائل (بلحاج، 2017، صفحة 271).

2.1. اهمية اتخاذ القرار

يعد موضوع اتخاذ القرار من اهم المواضيع في حياتنا اليومية سواء من الناحية العلمية أو العملية فهو يشكل أساس لجميع جوانب حياتنا، من اتخاذ القرارات الشخصية البسيطة وحتى القرارات المعقدة التي تؤثر على مصيرنا.

تبرز أهمية اتخاذ القرارات على مستوى الفرد من خلال التأثير الذي تتركه القرارات الفردية على بيئته وعلى الأخرين أما على مستوى الجماعات الصغيرة فيصبح اتخاذ القرار أكثر تعقيدا إذ يؤثر سلوك كل فرد على سلوك أفراد المجموعة الأخرين وتشكل القرارات الجماعية نمط سلوك جديد للأفراد ضمن هذه المجموعة.

وتعتبر عملية اتخاذ القرارات في المنظمات امرا بالغ الأهمية وتزداد أهميته مع تزايد تعقيد عمل المنظمة وضخم حجمها وانفتاحها على بيئات متعددة وتسارع الوتيرة التي تشهدها التغيرات بالحياة العامة تضفي على اتخاذ القرارات أهمية كبرى فالقرارات التنظيمية تؤثر وتتأثر بالأفراد والجماعات داخل المنظمة وخارجها وبالتالي تساهم في تشكيل الوضع الاجتماعي والاقتصادي للمجتمع ككل (بطرس جلدة، 2009، صفحة 15).

أهمية اتخاذ القرار نابعة من كونها عملية بث بين امرين متضادين وهذا ما يجعلها صعبة بل خطيرة في بعض الأحيان فمتخذ القرار يواجه دائما خيارات متناقضة تثير التساؤلات والشكوك وتجعله يوازن بين مصالح متضاربة فمثلا الاختيار بين الاستثمار في تقنية جديدة قد تكون مربحة لكنها مخاطرة وبين الاستثمار في التقنية التقليدية الأكثر أمانا لكنها تقلل من الربح.

عملية اتخاذ القرار محو العملية الإدارية فهي تشكل جوهر جميع وظائفها ونشاطاتها وتتميز هذه العملية بوجودها في كل خطوة من خطوات إدارة المنظمة بدءا من التخطيط، التنظيم، القيادة والرقابة (إبراهيم الظاهر، 2009، الصفحات 96-97):

- ففي مرحلة التخطيط تتخذ قرارات حاسمة في كل مرحلة من مراحل وضع الخطة سواء عند تحديد الأهداف أو رسم السياسات أو إعداد البرامج أو اختيار الموارد المناسبة أو اختيار أفضل الطرق والأساليب لتنفيذ الخطة،
- وخلال عملية التنظيم تتخذ الإدارة قرارات حاسمة حول الهيكل التنظيمي ونوعه وحجمه وأسس تقسيم الإدارات والأقسام وعدد الأفراد اللازمين لأداء المهام المختلفة ونطاق الإشراف المناسب وخطوط السلطة والمسؤولية ووسائل الاتصال،
- في وظيفة القيادة يضطر المدير لاتخاذ سلسلة من القرارات عند توجيه مرؤوسيه وتنسيق جهودهم ودعمهم وتحفيزهم على تحقيق الأداء الجيد وحل مشاكلهم،

- أخيرا خلال مرحلة الرقابة تتخذ الإدارة قرارات بشأن تحديد المعايير المناسبة لقياس نتائج العمل وإجراء التعديلات اللازمة على الخطة وتصحيح الأخطاء إن وجدت وبهذا الشكل تسير عملية اتخاذ القرارات في دورة مستمرة متزامنة مع استمرار العملية الإدارية نفسها.

من ناحية أخرى تتطلب عملية اتخاذ القرار تحليلا دقيقا يجمع بين الجانبين الكمي والنوعي فمن ناحية تستدعي عملية اتخاذ القرار استخدام الطرق الرياضية لتحليل البيانات وتحديد الخيارات الأفضل لتحقيق الأهداف تساهم النماذج الرياضية ونماذج اتخاذ القرارات في تحديد العواقب المحتملة لكل خيار ووضع خطط للمواجهة التحديات والتغلب على العقبات التي تواجه المدير ومع ذلك فإن النظريات الحديثة تركز على أهمية دمج العناصر السلوكية مع التحليل الكمي فالعوامل السلوكية كالتحيزات والمشاعر والعلاقات الشخصية تؤثر بشكل كبير على قرارات المدير لذلك لا يمكن الاعتماد على البيانات الكمية فقط بل يلزم دمجها مع التقدير الشخصي وخبرة المدير لتحقيق أفضل نتائج ممكنة (بطرس جلدة، 2009، الصفحات 16-17).

2. مستويات اتخاذ القرار

قام إيغور أنسوف (IGOR ANSOFF) بتصنيف القرارات وفق المستويات الثلاث وهي المستوى الاستراتيجي، المستوى التكتيكي والمستوى التشغيلي والتي سوف نتناولها فيما يلي:

1.2. قرارات تشغيلية OPERATIONNEL DECISIONS

تعنى القرارات التشغيلية بالإجراءات اليومية أو القصيرة الأجل التي تنفذ داخل المنظمة و تتميز هذه القرارات بمعايير ثابتة ومحددة مسبقا مما يؤدي إلى التزام متخذ القرار بأساليب وقواعد ومعايير محددة تساهم في توحيد الجهود و ضمان التوافق بين أجزاء المنظمة حيث تطبق الرقابة التشغيلية في هذا النطاق، والتي تنفذ عبر عمليات مخططة مسبقا لضمان التنفيذ بكفاءة وتحديد التغييرات اللازمة للتحسين ، يمكن برمجة العديد من القرارات التشغيلية و تطبيق أنظمة تكنولوجيا المعلومات لإنجازها بسرعة و كفاءة عالية مما يساهم في تخفيض التكلفة التشغيلية للمنظمة عن طريق تحسين كفاءة العمل و الحد من الهدر والأخطاء وباختصار تعد القرارات التشغيلية الأساس في إدارة المنظمات حيث تساهم في تطبيق المبادئ التنظيمية وتسهل عملية تنفيذ الخطط الاستراتيجية من خلال تحقيق كفاءة التشغيل وخفض التكلفة (زمزير الموسوي، 2009، صفحة 18) ، و من أمثلة القرارات التشغيلية لدينا (منصور، 2000، صفحة 28):

- تخصيص الموارد: تحديد كيفية توزيع الموارد المتاحة (مالية، بشرية، مادية) على الأنشطة الوظيفية الرئيسية،
- جدولة الإنتاج: تنظيم وجدولة عملية الإنتاج وتحديد وقت وطريقة استخدام الموارد لتحقيق الأهداف،
- الرقابة والإشراف: تحديد أساليب الإشراف على العمليات التشغيلية ووضع نظام المراقبة على العمليات لضمان الالتزام بالخطة والتحسين المستمر،
- مستويات التشغيل: تحديد مستويات الإنتاج وحجم المخزون ونظام التخزين المناسب لتلبية احتياجات المنظمة،
- القرارات الإدارية: تتضمن القرارات التشغيلية مجموعة من الخيارات الخاصة بالتسعير وسياسات التنمية والبحوث والتسويق وكل ما يساهم في تحسين كفاءة المنظمة وأرباحها.

حيث تتميز معظم القرارات التشغيلية بطابع روتيني يمكن برمجتها بسهولة حيث يوضع لها قواعد وشروط معينة بحيث يمكن اتخاذ القرار بصفة آلية عندما تنطبق القواعد وتتوافر الشروط المحددة مسبقا، كما أنها تتخذ من قبل المستويات الدنيا.

2.2. القرارات التكتيكية TACTICAL DECISIONS

الغرض من القرارات التكتيكية هو إدارة الموارد للحصول على أفضل النتائج الممكنة، وهذا من خلال تنظيم هياكل المؤسسة (تقارير السلطة والمسؤولية، تدفقات العمل والمعلومات، قنوات الاتصال، الصلاحيات) ومن كذا لضمان الحصول على الموارد وتطويرها (الإمدادات، تكوين الموظفين، التمويل، اقتناء المعدات) (FILALI , 2014, p. 38)، كما أنها تصدر عن الإدارة الوسطى.

3.2. القرارات الاستراتيجية STRATIGIC DECISIONS

تعنى القرارات الاستراتيجية بتحديد الأهداف والخطط الرئيسية للمنظمة وتغطي فترة زمنية طويلة نسبيا، ومن بين الاهداف ينشأ عدد من القرارات الاستراتيجية مثل ذلك (زمزير الموسوي، 2009، صفحة 19):

- اختيار استراتيجية تسويقية جديدة كتوظيف وإنفاق رأس المال،
- تغيير خطوط الإنتاج،
- زيادة حجم ونوعية المبيعات،
- التفكير في دخول أسواق جديدة.

باختصار تشكل الاستراتيجية الإطار العام للمنظمة بينما تحدد القرارات الاستراتيجية الخطوات اللازمة لتنفيذ هذه الاستراتيجية وتحقيق أهدافها.

أن بنية المشكلة لهذه القرارات تكون غير محددة لذا يصعب برمجتها حيث أنها تتعلق بمواقف التنبؤ تحتاج القرارات الاستراتيجية إلى نوع خاص من أنظمة تكنولوجيا المعلومات التي توظف إمكانيات التنقيب على البيانات Data Manning ومن تطبيقاتها الحالية نظم دعم الإدارة العليا Executive Support Systems.

تتصف القرارات الاستراتيجية بانها غير متكررة، وتتميز بدرجة عالية من المركزية أي أنها تصدر من قبل الإدارة العليا.

والجدول الموالي يلخص مختلف خصائص مستويات اتخاذ القرار.

الجدول رقم (2.1): خصائص مستويات اتخاذ القرارات

الخاصية	مستويات اتخاذ القرارات		
	المستوى التشغيلي	المستوى التكتيكي	المستوى الاستراتيجي
تنوع المشاكل	متدني	متوسط	عال
درجة التنظيم	عالية	متوسطة	متدنية
درجة الغموض	متدنية	متوسطة	عالية
درجة الاجتهاد	متدنية	متوسطة	عالية
الأفق الزمني	بالأيام	بالشهور	بالسنين
القرارات القابلة للبرمجة	أكثرها	اقلها	بعضها
قرارات التخطيط	قليلة	النصف تقريبا	أكثرها
قرارات التنظيم	أكثرها	النصف تقريبا	قليلة

المصدر: (منصور، 2000، صفحة 29)

3. بيئة وظروف اتخاذ القرار

1.3. بيئة اتخاذ القرار

تلعب البيئة المحيطة بمتخذ القرار في أي مؤسسة دورا حاسما في عملية اتخاذ القرار فوجود المؤسسة نفسها يفرض الحاجة إلى اتخاذ قرارات لكن في نفس الوقت يشكل وجودها مناخا خاصا يجب

على المسؤولين العمل داخله، هذا المناخ يمكن أن يسهل أو يعيق فعالية عملية اتخاذ القرار ، يعتبر المناخ المحيط بالمنظمة متغيرا متداخلا بين أهداف المؤسسة من ناحية وبين أنشطة صانعي القرار من ناحية أخرى فإذا لم يساند أو يشجع هذا المناخ عملية اتخاذ القرار قد لا تحدث عمليات صنع القرار الأساسية التي تحقق مصلحة المنظمة أو ضمان بقائها ، حيث تؤثر البيئة الداخلية على سلوك القرار وسلوك العاملين كما تتأثر بشكل عام بالعوامل التنظيمية أو الهيكلية مثل السياسات والقواعد والنظم والإجراءات بالإضافة إلى عواقب القرار وسلوك الأفراد في أنشطتهم الرسمية وغير الرسمية (مداحي ، 2018، صفحة 238).

يمكن تعريف بيئة القرار بأنها المحيط الذي يحيط بصانع القرار خلال عملية اتخاذ القرار وبعدها مشكلا بذلك سياقا محددا يؤثر على كيفية اتخاذ القرار ونتائجه. تعتبر هذه البيئة مزيجا من التسهيلات والعقبات التي تواجه صانع القرار، فصانع القرار مدرك ذو الخبرة الواسعة في مجال التسعير مثلا سيدرك ضرورة التفاعل مع متغيرات البيئة الداخلية مثل سياسات الشركة وثقافتها، بالإضافة إلى البيئة الخارجية مثل الظروف السوقية والمجتمعية بشكل عام (قاشي، 2015، صفحة 85).

لتحقيق الرشد والعقلانية في عملية صنع القرار يجب أن يتماشى القرار مع أهداف البيئة الخارجية والداخلية (عامر و المصري، 2016، صفحة 188):

- ففي البيئة الخارجية: يجب مراعاة العوامل السياسية والاجتماعية والاقتصادية والتطورات التكنولوجية والتشريعات وغيرها،
- بينما في البيئة الداخلية: يجب مراعاة الهيكل التنظيمي الرسمي وغير الرسمي، ونظم الاتصال، والعلاقات الإنسانية، والثقة المتبادلة بين المدير والعاملين،

ولا يمكن صنع قرارات بعيدة عن القوى والعوامل المؤثرة في المجتمع حيث قد تؤدي إلى اضطرابات في عملية اتخاذ القرار ونتائجه.

2.4. ظروف اتخاذ القرار

ونظرا للظروف السائدة في اتخاذ القرار فقد قسمت من وجهة نظر متخذ القرار إلى قرارات تحت ظروف الجهل، قرارات تحت ظروف التأكد، وقرارات تحت ظروف المخاطرة، وقرارات تحت ظروف عدم التأكد، وفيما يلي تفصيل ذلك.

1.2.4. قرارات تحت ظروف الجهل

وتشير هذه الحالة إلى غياب المعرفة حول احتمالية وقوع أي حدث مستقبلي مما يجعل من المستحيل مثلا تحديد العائد المتوقع بدقة بعبارة أخرى لا تعرف احتمالات حدوث مختلف السيناريوهات المحتملة للأحداث المستقبلية (قاشي، 2015، صفحة 86).

2.2.4. قرارات تحت ظروف التأكد

تتحقق حالة التأكد عندما تتوافر معلومات كاملة و شاملة تصف المشكلة التي تتطلب اتخاذ قرار بشأنها، هذه المعلومات تسمى المعلومات التامة perfect information ، وتعتبر نماذج البرمجة الخطية، و نماذج النقل و التخصيص و نماذج المخزون و شبكات الأعمال من أمثلة المشاكل التي يتم اتخاذ قرار لحلها في ظل ظروف التأكد حيث تتوفر المعلومات التامة لحل هذه المشاكل، فعلى سبيل المثال عندما نكون بصدد حل مشاكل البرمجة الخطية يكون متوفرا لدى متخذ القرار كميات المواد الخام المتاحة للإنتاج و كذا ربح الوحدة و غيرها من المعلومات التي تساعد متخذ القرار لاتخاذ القرار الأمثل في ظل ظروف التأكد مستندا إلى معلومات كاملة (الأشهب، 2015، صفحة 27).

3.2.4. قرارات تحت ظروف المخاطرة

تتحقق حالة المخاطرة عند عدم توفر المعلومات الكاملة حول المشكلة التي تتطلب اتخاذ قرار بشأنها، ومن ثم يتم تقدير احتمالات حدوث كل حالة من حالات الطبيعة التي يتوقع أن تسود في المستقبل، مما يعني أن التوزيع الاحتمالي لحالات الطبيعة يكون معروفا، ومن أمثلة النماذج التي تستخدم لاتخاذ القرارات في ظل ظروف المخاطرة النماذج التصادفية مثل نظرية صفوف الانتظار، وسلاسل ماركوف والنماذج الاحتمالية والمحاكاة، ولاتخاذ القرار في ظل ظروف المخاطرة فإننا نتبع الخطوات الأتية (البارودي، 2015، صفحة 59):

1. تحديد البدائل: يتم تحديد جميع الخيارات المتاحة وتحديد مجريات كل بديل والعواقب المحتملة لكل منها،
2. تحديد حالات الطبيعة واحتمالاتها: يتم تحديد (الظروف المحتملة) حالات الطبيعة المتوقع أن تسود وتقدير احتمالات حدوث كل حالة،
3. تحديد المدفوعات الشرطية: يتم حساب قيمة كل بديل في كل حالة من حالات الطبيعة.

4.2.4. قرارات تحت ظروف عدم التأكد

تواجه الإدارة العليا في بعض الأحيان ظروف محيرة تعيق عملية اتخاذ القرار وتعرف بحالات عدم التأكد في هذه الظروف تصبح المعلومات والبيانات المتاحة محدودة مما يصعب على الإدارة تحديد حالات الطبيعة المحتملة وتقدير احتمالات حدوثها ولذلك تعتمد في مثل هذه الحالات معايير محددة ومتفق عليها في عالم الأعمال لاتخاذ القرارات في ظل عدم التأكد، وتعد القرارات التي تتخذ تحت ظروف عدم التأكد أكثر مخاطرة وتحتاج إلى مزيد من التحليل والتقدير الشخصي مع الاعتماد على المعايير والخبرة المتاحة (البدري ط.، 2002، صفحة 112).

والجدول الموالي يلخص مختلف ظروف القرار.

الجدول رقم (3.1): يوضح ظروف اتخاذ القرارات

ظروف الجهل	ظروف التأكد
• يوجد عدد قليل من العوامل والمؤثرات في بيئة القرار. • تتشابه العوامل والمؤثرات إلى حد ما مع بعضها. • تتغير العوامل والمؤثرات بصورة مستمرة كالقرارات الإدارية.	• يوجد عدد قليل من المؤثرات والعوامل في بيئة القرار. • تتشابه العوامل والمؤثرات. • لا تتغير العوامل والمؤثرات بصورة مستمرة مثل القرارات الروتينية.
ظروف المخاطرة	**ظروف عدم التأكد**
• يوجد عدد كبير من المؤثرات والعوامل في بيئة القرار. • لا تتشابه العوامل والمؤثرات. • تبقى العوامل والمؤثرات نفسها مثل القرارات التشغيلية	• يوجد عدد كبير من المؤثرات والعوامل في بيئة القرار الإداري. • لا تتشابه العوامل والمؤثرات. • تتغير العوامل والمؤثرات بصورة مستمرة مثل القرارات الاستراتيجية.

المصدر: (قاشي، 2015، صفحة 88)

4. الفرق بين اتخاذ وصناعة القرار وحل المشكلة

يشير turban إلى وجود خلط بين مصطلحي اتخاذ القرار (Decision Making) وحل المشكلة (Problem–Solving) ويرى أن احدى طرق التمييز بينهما هو تحليل مراحل عملية القرار وهي الذكاء التصميم، الاختيار والتنفيذ، وتعتبر هذه المراحل كلها حلا للمشكلة وان خطوة الاختيار هي اتخاذ القرار لكن نلاحظ أيضا أن هناك عدم وضوح في مصطلحات صنع القرار واتخاذ القرار وحل المشكلة.

تعد عملية صنع القرار مسارا متسقا يبدا بتحديد المشكلة وتحليل أسأبها وتحديد متغيراتها يشمل جمع البيانات من مصادرها ودراسة الحلول الممكنة بعد ذلك يتم بناء نماذج وتصميم حلول مختلفة ومقارنتها بشكل منطقي لاختيار الأفضل أو الأنسب بينها، ثم يصدر القرار ويتم تنفيذه (غالب ياسين، 2006، صفحة 18).

صناعة القرار هي منهج يرتكز على مرجعية محددة و يعتمد على الدراسة و التحليل .أما اتخاذ القرار فهو رد فعل يتم استجابة للازمات و الحالات الطارئة بدون منهجية و هناك فرق بين كل من صنع القرار Decision Making و اتخاذ القرار Decision Taking حيث أن صنع القرار لا يعني اتخاذه فحسب و إنما هو عملية معقدة للغاية تتداخل فيها عوامل متعددة، نفسية، سياسية، اقتصادية واجتماعية، و تتضمن عناصر عديدة و لذلك يجب التفرقة بين المصطلحين، حيث أن اتخاذ القرار يمثل مرحلة من الأول بمعنى أن اتخاذ القرار يمثل أخر مرحلة في عملة صنع القرار (تعلب، 2011، صفحة 128).

كما أن هناك فرق بين متخذ القرار وصانعه:

- ✓ فصانع القرار هو من يحدد القواعد والضوابط التي يجب أن تراعى في اختيار القرار ولا يجوز تجاوزها، أي هو الذي يسن القرار وفق الظروف والإمكانات المتاحة،
- ✓ أما متخذ القرار فهو من يختار ن بين البدائل المتاحة وفقا للشروط والضوابط المحددة مسبقا من قبل صانع القرار حيث ينفذ القرار المختار دون التعديل عليه أو إضافة شيء جديد إليه.

وباختصار فان صانع القرار هو من يحدد القواعد ومتخذ القرار هو من يطبقها.

وهكذا نجد أن مرحلة اتخاذ القرار هي في الحقيقة " عمل إداري " يمثل جانبا واحد من عملية صنع القرارات.

وحيث أن عملية صنع القرار عملية واسعة فهي تتضمن أكثر من إجراء أو طريقة، وهذا يعني إشراك أكبر عدد ممكن من الإدارات والوحدات الإدارية ذات العلاقة في معظم مراحل القرار أو بعضها. أما عملية اتخاذ القرار فهي ذلك الجزء الهام من مراحل صنع القرار. ومرحلة اتخاذ القرار هي خلاصة ما يتوصل إليه صانعو القرار من معلومات وأفكار حول المشكلة القائمة والطريقة التي يمكن بها حلها.

ويعرف صنع القرار بانه الاختيار المدرك (الواعي) بين البدائل المتاحة في موقف معين، وأنه مسار فعل يختاره متخذ القرار باعتباره انسب وسيلة متاحة أمامه لتحقيق الهدف (تعلب، 2011، صفحة 128).

المطلب الثالث: أنواع القرارات

سيتم من خلال المطلب التالي معالجة مختلف أنواع القرارات وفق تصنيفات مختلفة أهمها:

1.تصنيف القرارات وفقا لإمكانية برمجتها

1.1. القرارات المبرمجة

تعرف القرارات المبرمجة بانها قرارات روتينية تتكرر بشكل دوري سواء يوميا أو شهريا وتتميز بغياب العناصر غير المتوقعة في عملية اتخاذها، تطبق هذه القرارات وفقا لخطوات محددة مسبقا مما يجعلها أقرب إلى الإجراءات المحددة والمنظمة وفق جدول زمني كما تتميز بالعفوية والتلقائية (بركان، 2017، صفحة 145).

على الرغم من أن القرارات المبرمجة تطبق في الأعمال الروتينية والمواقف التي تحكمها أنظمة وقواعد محددة، إلا أنها قد تكون معقدة في بعض الأحيان حيث ساهمت الحواسيب الحديثة في إحداث نقلة نوعية في إمكانية اتخاذ قرارات مبرمجة متطورة، حيث تتمتع هذه الأجهزة بالقدرة على جمع وتحليل كميات هائلة من البيانات، مما يسهل عملية اتخاذ القرارات (الشميري، هيجان، و غنام، 2014، صفحة 107).

فعلى سبيل المثال هناك العديد من القرارات التي كانت تتطلب وقتا وجهدا كبيرين من قبل العاملين في المؤسسات أصبحت الآن روتينية بفضل الحواسيب وتستغرق وقتا وجهدا أقل بكثير للمراجعة والتأكد من فعاليتها أو تحسينها أو معالجة أي مشكلات طارئة قد تعترض تنفيذها ومن أمثلة هذه القرارات: قرارات التسجيل في الجامعات...، جدير بالذكر أن معظم هذه القرارات الروتينية يتخذها المستوى الإشرافي التنفيذي في الإدارة بينما يتخذ مديرو الإدارة الوسطى نسبة مهمة منها.

2.1. القرارات شبه المبرمجة

تصنف القرارات التي تعالج مشكلة شبه محددة ضمن فئة القرارات الغير مبرمجة حيث تكون بعض الإجراءات محددة سلفا بينما تبقى جوانب أخرى غامضة وغير واضحة لمتخذ القرار. فعلى سبيل المثال في قرار تعيين موظف جديد يعتبر تحديد الراتب جانبا روتينيا، بينما تعد جوانب الترقية من العناصر الغير روتينية لأنها غير معلومة لصاحب القرار عند اتخاذ قرار التعيين (زمزير الموسوي، 2009، الصفحات 17-18).

3.1. القرارات غير المبرمجة

تصنف القرارات التي لا يمكن تطبيق قواعد وإجراءات محددة مسبقا لاتخاذها كما هو الحال في القرارات المبرمجة ضمن فئة القرارات الغير مبرمجة حيث تتميز هذه القرارات بأنها تتخذ في مواقف جديدة أو غير محددة بشكل واضح مما يؤدي إلى درجة عالية من عدم اليقين نتيجة لذلك يجد متخذ القرار نفسه مضطرا لاتخاذ قراره دون امتلاك معرفة كاملة بالنتائج المترتبة عليه مما يعرضه لاحتمالية المخاطرة حيث قد تكون نتائج القرار سلبية على عكس المتوقع، ينشأ عدم اليقين المصاحب لهذه القرارات من مصادر متعددة منها (الشميري، هيجان، و غنام، 2014، صفحة 107):

أولا: طبيعة بيئة العمل: يعتبر عدم القدرة على التنبؤ أو التحكم في عناصر بيئة العمل أحد أهم مصادر عدم اليقين مما يصعب من مهمة توقع النتائج المترتبة على القرار.

ثانيا: قيود التكلفة والوقت: قد تشكل قيود الوقت والتكلفة عائقا أمام جمع المعلومات اللازمة لاتخاذ القرار مما يزيد من درجة عدم اليقين.

ثالثا: العوامل السياسية والاجتماعية: تؤثر العوامل الاجتماعية والسياسية السائدة في بيئة العمل على عملية اتخاذ القرارات فعلى سبيل المثال قد يعيق وجود صراعات بين الإدارة والموظفين أو ضعف قنوات الاتصال من جمع المعلومات الصحيحة مما يزيد من غموض الموقف.

رابعا: التغيرات المتسارعة: تواجه منظمات الأعمال اليوم تغيرات متسارعة ناجمة عن تطورات البيئة الخارجية أو التقدم التكنولوجي أو تحديث أنظمة وقوانين العمل مما قد يفقد المعلومات والخبرات المتوفرة لدى المنظمة قيمتها ويضفي مزيدا من عدم اليقين على عملية اتخاذ القرارات.

تتطلب القرارات غير المبرمجة التي تتخذ عادة من قبل الإدارة العليا مهارات متقدمة في اتخاذ القرارات وتعكس درجة عالية من الإبداع لدى متخذيها و تعتبر القرارات المبرمجة قرارات روتينية ومتكررة بطبيعتها نظرا لوجود طرق محددة لاتخاذها وإمكانية التنبؤ بنتائجها بدقة عالية بناء على التجارب السابقة مما يقلل من المخاطر المصاحبة لها، على عكس ذلك تتميز القرارات غير المبرمجة بأنها غير روتينية وغير متكررة مما يتطلب من متخذها بذل جهد أكبر في جمع المعلومات وطرح البدائل ومقارنتها واختيار الأنسب منها ونظرا لطبيعة هذه القرارات غير محددة يفتقر متخذوها للثقة الكاملة في القرار المتخذ مما يؤدي إلى ارتفاع درجة المخاطرة المصاحبة لها (الشميري، هيجان، و غنام، 2014، صفحة 108).

2.القرارات وفق لأساليب اتخاذها

ويمكن تصنيفها إلى فئتين رئيسيتين كيفية وكمية وفق ما يلي (بطرس جلدة، 2009، صفحة 90):

1.2. القرارات الكيفية (النوعية)

تعرف القرارات الكيفية (النوعية) بأنها قرارات تستند بشكل رئيسي إلى التقييم الشخصي لصاحب القرار بالاعتماد على خبراته وتجاربه المتراكمة ودراسته للحقائق والآراء المتعلقة بالمشكلة.

وبالتالي فإن هذه القرارات تتأثر بشكل كبير بعوامل ذاتية تتعلق بشخصية متخذ القرار مثل مشاعره وانطباعاته ومعتقداته ونظرته للأمور.

2.2. القرارات الكمية (المعيارية)

تعرف القرارات الكمية بأنها قرارات مبنية على أسس علمية وتحليلية دقيقة حيث تعتمد على استخدام البيانات والأرقام والنماذج الرياضية لاختيار البديل الأمثل من بين مجموعة من البدائل المتاحة، وذلك بهدف تحقيق أقصى معدل من العوائد والأرباح للمنظمة، يتميز هذا النوع من القرارات بـ:

- العقلانية والموضوعية: تتخذ هذه القرارات بناء على المنطق والأدلة الرياضية بعيدا عن التحيزات الشخصية أو العاطفية،
- وضوح الأهداف: تتطلب هذه القرارات تحديد أهداف واضحة وقابلة للقياس منذ البداية لتصبح مرجعا لتقييم البدائل المختلفة،
- دقة المعلومات: تعتمد هذه القرارات بشكل أساسي على توفر بيانات دقيقة وموثوقة حيث تستخدم هذه البيانات في بناء النماذج الرياضية وتحليل البدائل،

- الكفاءة والتخصص: غالبا ما يتطلب اتخاذ القرارات الكمية وجود فريق عمل يمتلك الخبرات والتخصصات اللازمة لفهم المتغيرات المعقدة واتخاذ القرار المناسب.

تسعى القرارات الكمية إلى تحقيق أعلى درجة من الموضوعية والدقة في عملية اتخاذ القرارات وذلك من خلال الاعتماد على الأدلة والبيانات والطرق العلمية في التحليل.

3.التصنيف القانوني للقرارات

يمكن تقسيم القرارات وفق هذا المعيار إلى أربع تقسيمات كما يلي:

1.3. القرارات التنظيمية والفردية

اقترح تشيستر برنارد (Chester barnard) أحد رواد نظرية اتخاذ القرارات تصنيفا يقسم القرارات إلى نوعين رئيسيين تنظيمية وفردية (عقيلي، 2007، صفحة 223):

- **القرارات التنظيمية**

تعرف هذه القرارات بأنها القرارات التي يتخذها المديرون ضمن حدود سلطتهم الرسمية التي تحددها المنظمة حيث تركز هذه القرارات على تسيير العمل ودفع المنظمة نحو تحقيق أهدافها وتتيح هذه القرارات إمكانية تفويض اتخاذها إلى المرؤوسين مع مراعاة مبدأ المسؤولية وعدم التفريط فيها.

- **القرارات الفردية (الشخصية)**

تعرف هذه القرارات بأنها القرارات التي تتعلق بالمدير كفرد بشكل أكبر من ارتباطها بالمنظمة وينعكس تأثير هذه القرارات على متخذ القرار فقط، لا يمكن تفويض هذه القرارات، كما أنها لا تتأثر بعوامل خارجية أو غير شخصية ومن أمثلة هذه القرارات: قرار المدير بأخذ إجازة إدارية.

حيث يعد تصنيف برنارد للقرارات من الخطوات الهامة في فهم طبيعة عملية اتخاذ القرارات في المنظمات حيث يسلط الضوء على الفرق بين القرارات التي تؤثر على المنظمة ككل والقرارات التي تقتصر على الفرد فقط.

2.3. القرارات البسيطة والمركبة

- القرارات البسيطة: تتميز بوجود كيان مستقل وتأثير قانوني محدد تؤدي إلى نتيجة واحدة موحدة، مثل تعيين موظف واحد أو توقيع عقوبة على فرد بذاته

- أما القرارات المركبة فتتضمن جوانب قانونية متعددة وتتطلب إجراءات متسلسلة تتطلب مراحل متعددة للوصول إلى النتيجة النهائية مثل إجراء مناقصة أو إرساء مزاد على أحد.

3.3. القرارات الملزمة والغير ملزمة

هناك قرارات ملزمة وطاعتها واجبة الا أن هناك قرارات لا تحتل صفة الإلزام (البدري ط.، 2002، صفحة 110):

القرارات الملزمة

- تتميز بكونها واجبة التنفيذ،
- يجب على جميع الأفراد المعنيين الالتزام بها،
- تتمتع بسلطة قانونية ملزمة.

مثل إصدار قانون أو قرار تعيين موظف جديد.

القرارات غير الملزمة

- لا تحمل صفة الإلزام،
- تقدم كإرشادات أو توصيات،
- لا تلزم الأفراد بالتقيد بها.

مثل النشرات والتعليمات التي تبين للعاملين كيفية تنفيذ اللوائح وإجراءات العمل.

4.3. القرارات القابلة للإلغاء والغير قابلة للإلغاء

القرارات القابلة للإلغاء أو التعويض وتصدر بقرار من شخص أن هيئة محددة يمكن مراجعتها أو تعديلها كقرارات العزل أو القرارات التأديبية.

القرارات الغير قابلة للإلغاء تصدر بقرار من هيئة قانونية أو إدارية ذات سلطة ثابتة لا يمكن إلغاؤها أو تعديلها بسهولة مثل القرارات التي أصدرها اجتماع المجلس الإداري وتعد ملزمة وواجبة التنفيذ.

4.القرارات حسب مصادرها

من اجل تحقيق أهداف المنظمة بكفاءة تقسم خطة العمل الرئيسية إلى خطط فرعية يتم توزيعها على الإدارات ذات الصلة مثل إدارة الإنتاج، إدارة التسويق، إدارة المواد، الإدارة المالية، ومن ثم إلى الأقسام

التي تتكون منها هذه الإدارات، وتتخذ القرارات وفق معيار التصنيف هذا على أساس الهدف منه على النحو التالي (عباس، 2014، صفحة 108):

- ✓ إدارة الإنتاج: تتخذ القرارات الإنتاجية التي تتعلق بنوعية وجودة المنتج وحجمه وطرق الإنتاج والقرارات الرقابية على الجودة، وكمية المواد ...الخ،
- ✓ إدارة الأفراد: تقرر سياسات التوظيف التكوين والترقية والتعيين والعزل والعطل والرواتب والتحفيزات. الخ،
- ✓ الإدارة المالية: تتخذ القرارات المالية المتعلقة بتدبير الميزانية ونفقتها على المشروعات وتحديد مصادر التمويل ...الخ،
- ✓ إدارة التسويق: تتخذ القرارات التسويقية المتعلقة بتحديد السوق وأساليب الإشهار للسلعة والقيام بالحملات الدعائية وتحديد الأسعار ... الخ،
- ✓ إدارة البحث والتطوير: وتتخذ القرارات التطويرية والبحث العلمي المتعلق بابتكار سلعة جديدة أو تطبيق أسلوب إداري جديد أو تطوير مواصفات سلعة معينة ...الخ.

المبحث الثاني: عملية اتخاذ القرار: المراحل، المعوقات والأساليب الكيفية

يتناول هذا المبحث عملية اتخاذ القرار كركيزة أساسية لإدارة المؤسسات حيث يركز على المراحل المنهجية التي تمر بها، ويبرز المعوقات التي تواجهها كما يستعرض الأساليب الكيفية في معالجة حالات عدم اليقين وتعقيدات البيئة المحيطة.

المطلب الأول: مراحل عملية اتخاذ القرار

يمكن حصر مراحل اتخاذ القرار فيما يلي:

- **المرحلة الأولى:** تقييم الوضع،
- **المرحلة الثانية:** حصر المشكلة الأساسية وتحديدها،
- **المرحلة الثالثة:** جمع المعطيات الهامة المتعلقة بالمشكلة الأساسية،
- **المرحلة الرابعة:** تقييم البدائل،
- **المرحلة الخامسة:** تحليل البدائل،
- **المرحلة السادسة:** اتخاذ القرار وتقييم النتائج.

1. **المرحلة الأولى" تقييم الوضع "** (حيرش، 2012، صفحة 24)

يعد تقييم الوضع بدقة خطوة أساسية لاتخاذ قرارات صائبة فكلما كان فهم الوضع دقيقا زادت فرص اتخاذ قرارات ناجحة، يشبه ذلك عمل الطبيب الذي يقيم حالة المريض بدقة قبل بدء العلاج فاذا أخطأ في تقييم الوضع قد يؤدي ذلك إلى ضرر كبير على المريض، حيث تعتمد دقة تقييم الوضع بشكل كبير على الخبرة والتجربة فخبرة المدير تساعده على فهم الوضع بدقة كما يستطيع الطبيب بفضل خبرته في تحديد حالة المريض فورا لكن قلة الخبرة تزيد من احتمالية الخطأ مما يتطلب مزيدا من الوقت لفهم الوضع وتقييمه بدقة.

2. **المرحلة الثانية " حصر المشكلة الأساسية وتحديدها"** (البدري ط.، 2002، صفحة 104)

تحديد المشكلة الأساسية بدقة من اهم مراحل اتخاذ القرار فلا يجب الاكتفاء بتشخيص الأعراض الظاهرة لها فقط بل يجب التعمق في فهم جوهر المشكلة الحقيقية لذلك وجب طرح الأسئلة التالية:

- ما هو نوع المشكلة؟
- ماهي الجوانب الهامة فيها؟

يساعد التعاون مع خبراء من داخل المنظمة على تعريف المشكلة بدقة مما يقلل من احتمال اتخاذ قرارات خاطئة وقد يعتقد البعض أن ضعف شخصية المدير أو غياب حوافز للعاملين هما مصدر المشكلة بينما قد تكون هناك أسباب أخرى لذا يجب تحديد الموضوع بدقة لتجنب ضياع الوقت وهدر المال دون حل المشكلة الأساسية، وقد تعاني المؤسسة من مشاكل متعددة لكن الهدف الرئيسي هو معالجة المشكلة الأساسية التي أدت إلى انخفاض الإنتاج أو الأرباح مثلا والتي تؤثر على المؤسسة بأكملها وليس على أفراد معينين فقط.

3. **المرحلة الثالثة "جمع المعطيات المهمة "** (حيرش، 2012، صفحة 25)

تعد المعطيات المتعلقة بالمشكلة الأساسية ضرورية في عملية اتخاذ القرار لأنها تشكل أساسا لإصدار قرارات مثلى فلا يمكن اتخاذ قرار أمثل دون فهم كل الجوانب المتعلقة بالمشكلة بما في ذلك القواعد والظواهر ذات الصلة من حقائق معطيات وبيانات وإحصائيات، حيث يواجه المدير تحديا في جمع كل المعلومات لذلك يركز على المعطيات الأكثر أهمية في تحديد المشكلة والتوصل لحلول فعالة.

ولإظهار أهمية جمع المعطيات نرجع لمثال الطبيب الذي يطلب من المريض إجراء تحاليل معينة قبل البدء في العلاج، فهذه التحاليل توفر للطبيب معطيات لا غنى عنها لاتخاذ القرارات.

4. المرحلة الرابعة "تحديد البدائل " (عوابدي ، 2003، صفحة 57)

بعد دراسة المشكلة وجمع المعلومات والحقائق وتحليلها وترتيبها تأتي مرحلة البحث عن البدائل المختلفة لحل المشكلة الإدارية وتحديدها ثم القيام بعملية دراسة كل بديل على حدة وفقا لمعايير علمية ومنطقية محددة، ثم القيام بترتيب هذه البدائل وفقا لدرجة ملاءمتها وأهميتها وفاعليتها في حل المشكلة، بعد مقارنتها.

فمرحلة تحديد البدائل وتقييمها تتم عن طريق الخطوات التالية:

- محاولة طرح وتجميع أكبر عدد ممكن من البدائل على ضوء التحليل والنتائج المنطقية والسليمة للمعلومات والحقائق المتعلقة بالمشكلة وعلى ضوء الظروف والمعطيات والتوقعات المطروحة،
- محاولة دراسة كل بديل على حدة وتقييمه وتقديره وفقا لمعايير منطقية ثم استخلاص مزاياه وعيوبه ودرجة قدرته على حل المشكلة،
- ترتيب البدائل في سلم تدريجي على أساس درجة اختلافها في الفاعلية والأهمية والملائمة والشرعية لحل المشكلة وذلك تمهيدا لاختار البديل الأمثل للمشكلة، واتخاذ القرار بناء على ذلك.

5. **المرحلة الخامسة " تقييم البدائل"**

تركز هذه العملية على تحليل كل بديل لفهم مزاياه وعيوبه والتأثيرات الإيجابية والسلبية المترتبة عليه ولا يمكن إجراء هذه المقارنة بين البدائل المتاحة دون وجود معايير واضحة ومحددة ومتفق عليها.

تتطلب هذه المرحلة من المديرين رؤية ثاقبة للمستقبل لان تطبيق الحل سيكون في المستقبل وستستحمل المنظمة مزايا وعوائد وعيوب وأعباء هذه الخطوة في المستقبل لذلك يصبح التنبؤ والتوقع للعوامل والمتغيرات المستقبلية امرأ أساسيا.

كما تتطلب هذه المرحلة تحديد معايير واضحة للمفاضلة بين البدائل المطروحة ومن اهم هذه المعايير نجد (طعمة ح.، 2010، صفحة 25):

- الكفاءة :sufficiency يعتبر البديل كفؤا إذا كان قادرا على معالجة المشكلة بفعالية أو استغلال الفرصة المتاحة بشكل مناسب،
- الجدوى:feasibility يشير هذا المعيار إلى مردودية البديل والمكاسب التي يمكن تحقيقها في حال تطبيق هذا البديل،
- إمكانية التطبيق realism: يقاس هذا المعيار بقدرة المنظمة على تطبيق البديل على ضوء الموارد والإمكانيات المتاحة لها مع مراعاة القيود الداخلية والخارجية المفروضة عليها،
- المخاطرة risk: تتضمن معظم البدائل عنصر المخاطرة المتعلق ببذل الجهود والاستثمارات والأفكار في ظل ظروف معينة وانتظار نتائجها،
- الوقت time: وهو معيار أساسي في عملية المفاضلة بين البدائل حيث يركز هذا المعيار على الوقت الذي يستغرق لتنفيذ كل بديل،
- التكاليف costs: يشير هذا المعيار إلى ما يتحمله متخذ القرار من أعباء مختلفة خاصة ما ترتبط بالتكاليف المالية وتوزيعها الزمني،
- القيم الشخصية values: وتشير إلى القيم والمعتقدات والاتجاهات الشخصية لمتخذ القرار كالقيم الاجتماعية والاقتصادية والفكرية والسياسية ... وغيرها.

6. **المرحلة السادسة " اتخاذ القرار وتقييم النتائج "** (عباس، 2014، الصفحات 105-106)

من الضروري أن يتبع متخذ القرار أسلوبا تشاركيا في اتخاذ القرارات وذلك من خلال شرح قراره بشكل واضح لفريق التنفيذ ومناقشته معهم والاستماع لوجهات نظرهم واستفساراتهم لضمان الفهم المشترك

وكسب تأييدهم للقرار، هذا التعاون سيسهم في تحفيز فريق التنفيذ على العمل بدقة على تنفيذ القرار كما يساعد على ضمان نجاحه، ومن الضروري كذلك الحصول على موافقة الإدارة العليا على القرار قبل تنفيذه

لا تعد عملية اختيار البديل الملائم نهاية عملية اتخاذ القرار بل أن مرحلة المتابعة و التنفيذ تشكل جزءا لا يتجزأ من نجاح القرار في تحقيق أهدافه، تعتبر المتابعة الدورية ضرورية لاكتشاف أي انحرافات قد تحدث خلال عملية التنفيذ و إجراء التصحيحات اللازمة بشكل فوري كما أنها تتيح الفرصة لاكتشاف العوامل التي لم تؤخذ بعين الاعتبار أثناء عملية اتخاذ القرار، تنتهي عملية التقييم النهائي بعد تنفيذ القرار من خلال مقارنة الإنجاز الفعلي مع النتائج المتوقعة مما يتيح لمتخذ القرار تحديد مستوى النجاح الذي حققه قراره.

المطلب الثاني: خصائص ومختلف التأثيرات على عملية اتخاذ القرار

تتسم عملية اتخاذ القرار بجملة من الخصائص التي تجعلها عملية مركبة وديناميكية إذ تتأثر بطبيعة المشكلة وتوفر المعلومات والوقت والموارد كما تتداخل فيها العوامل التنظيمية والإنسانية والبيئية، نهدف من خلال المطلب أدناه الى ابراز اهم الخصائص لاتخاذ القرار ثم عرض مختلف التأثيرات التي قد تحد من فعاليته داخل المنظمة.

1. خصائص عملية اتخاذ القرار

أن عملية اتخاذ القرار مرحلة متقدمة في العملية الإدارية وأن المراحل السابقة هي مقدمات أساسية للقرار السليم على الرغم من انه في كل مرحلة تظهر لكنها تتجسد في مرحلة اتخاذ القرار وغالبا ما تكون نتيجة القرار وخاصة فيما يتعلق بالمشكلات هي حلول توفيقية تركيبية ما بين الإمكانات المتاحة والحاجات والمتطلبات المفروضة وهذا ناتج عن كل عملية صنع القرار تحتوي على المفاضلة والاختيار والتصنيف والترتيب بين الإمكانات المتاحة والأهداف المرسومة (غازي، 2015، صفحة 147).

تعد عملية صنع القرار وظيفة إدارية وعملية تنظيمية، فقرارات المدير تعكس كثيرا من الوظائف الإدارية الرئيسية كتكوين الخطط ووضع السياسات وتحديد الاهداف كما تؤدي إلى الكثير من الاهداف والنتائج المتعلقة بإدارة المؤسسة فقرارات المديرين لها تأثير كبير على شكل وأسلوب العمل.

هي عملية اختيار يقوم بها صانع القرار لاختيار البديل الأفضل من بين البدائل العديدة.

2.العوامل المؤثرة في عملية اتخاذ القرار

هناك عدة عوامل مؤثرة في عملية اتخاذ القرار إذ انه لا نحتاج إلى اتخاذ قرار الا إذا كان هناك موقف أو مشكلة ما تحتم علينا هذا، وبناء عليه لابد من وجود معلومات حول هذه المشكلة والرغبة في حل المشكلة مما يستدعي وضع البدائل مع الأخذ بعين الاعتبار الأثار الإيجابية والسلبية لكل بديل ومن ثم اتخاذ البديل المناسب والأفضل (إبراهيم الظاهر، 2009، صفحة 96).

وفيما يلي اهم العوامل المؤثر في عملية اتخاذ القرار (منصور، 2000، الصفحات 36-37):

1.2. عوامل البيئة الخارجية

وهي الضغوط الخارجية الناتجة عن البيئة المحيطة بالمؤسسة وهي:

- ✓ الظروف الاقتصادية والسياسية والمالية السائدة في المجتمع،
- ✓ التطورات التقنية والتكنولوجية والقاعدة التحتية التي تقوم عليها الأنشطة الاقتصادية،
- ✓ الظروف الإنتاجية القطاعية مثل المنافسين والموردين والمستهلكين،
- ✓ العوامل التنظيمية الاجتماعية والاقتصادية مثل النقابات والتشريعات والقوانين الحكومية والراي العام والسياسة العامة وشروط الإنتاج،
- ✓ درجة المنافسة التي تواجه المنظمة في السوق،

وفي ظل هذه الظروف يتحتم على صاحب القرار اتخاذ قرارات لا يرغب فيها وليست في مصلحة المؤسسة دائما.

إن المؤسسة هي جزء لا يتجزأ من مكونات المجتمع فهي تتأثر به حتميا بشكل ما ومن اهم الظروف التي تؤثر على عملية اتخاذ القرار هي الظروف الاقتصادية والسياسية والاجتماعية والتقنية والقيم والعادات بالإضافة إلى القرارات التي تتخذ من قبل المؤسسات الأخرى المنافسة والمتعامل معها، إذ أن اتخاذ أي قرار في مؤسسة ما لابد أن يتأثر ويعمل ضمن القرارات المتخذة من قبل المؤسسات الأخرى الوزارات والتنظيمات المتعددة (البدري ط.، 2002، صفحة 108).

2.2. عوامل البيئة الداخلية

وتتمثل في العوامل التنظيمية، من أهمها:

- ✓ غياب نظام معلوماتي داخل المؤسسة يساعد متخذ القرار بالشكل الجيد،

- ✓ العلاقات التنظيمية بين الأفراد والإدارات والأقسام غير واضحة،
- ✓ درجة مركزية القرار وحجم المؤسسة ومدى انتشارها جغرافيا،
- ✓ درجة وضوح الاهداف الأساسية للمنظمة،
- ✓ مدى توفر الموارد المالية والبشرية للمؤسسة،
- ✓ القرارات التي تصدر على مستويات إدارية أخرى.

وهذا يعني أن القرار يتأثر بالعوامل البيئية الداخلية في المؤسسة من حيث حجمها ومدى نموها وعدد عمالها والمتعاملين معها حيث يظهر هذا التأثير بثلاث نواحي أساسية متعددة وهي (البدري ط.، 2002، صفحة 108):

- ➢ الأولى ترتبط بالظروف الداخلية المحيطة باتخاذ القرار،
- ➢ الثانية ترتبط بتأثيره على مجموعة الأفراد في المؤسسة،
- ➢ أما الثالثة فتتعلق بالموارد المالية والبشرية والفنية.

3.2. عوامل شخصية ونفسية

1.3.2. عوامل نفسية

أكد هيربرت سيمون (Herbert Simon) على أهمية النواحي النفسية وأثارها على عملية اتخاذ القرار، فقد توصل إلى أن العامل النفسي هو المتحكم في سلوك الفرد عند اتخاذه للقرارات، تتداخل هذه العوامل النفسية مع بعضها، فالانفعالات الحاصلة مثل الارتباك والخوف والقلق تزداد بزيادة المخاطرة والغموض وهذا ما يعيق السرعة في اتخاذ القرار وفعاليته (طعمة أ.، 2010، صفحة 32).

2.3.2. عوامل شخصية

القرار المتخذ يتأثر بالاختلافات الموجودة في الصفات الشخصية لمتخذ القرار، هذه الصفات هي (السنفي و العريقي، 2012، صفحة 279):

- **الشخصية:** هناك الشخصية المحافظة المترددة، الشخصية المغامرة المجازفة والشخصية المعتدلة الوسطية، ولا شك أن لهذا الاختلاف تأثير كبير على عملية اتخاذ القرار وكذا النتيجة المنتظرة،
- **التصور والإدراك:** النظرة المختلفة لنفس الشيء من شخص لأخر تؤثر على اتخاذ القرار وهذا حسب تلك النظرة،

- **القيم:** يتأثر القرار بقيم ومعتقدات صاحب القرار فالمدير ذو القيم المادية يختلف عن المدير ذو القيم الإنسانية،
- **درجة الذكاء:** ذكاء متخذ القرار يزيد من كفاءة وفعالية القرار،
- **التعليم والخبرة:** تمتع متخذ القرار بتعليم وخبرة عالية تزيد من فعالية القرار، وتساعد على التكيف مع الظروف المتغيرة.

4.2. عوامل ظروف القرار

5.2. عوامل أخرى

ومنها ما يتعلق بعنصر الزمن وإذا أهمية القرار (منصور، 2000، الصفحات 38-39):

1.5.2. عنصر الزمن

يمكن توضيحه بالعلاقة الطردية بين عنصر الزمن واتخاذ القرار حيث أن زيادة المدة الزمنية أمام متخذ القرار تزيد من درجة دقة القرار وصوابه وهذا من خلال زيادة إمكانية تحليل المعلومات وكذا زيادة البدائل المتاحة، والعكس صحيح حيث ضيق المدة الزمنية يقلل من البدائل المتاحة وبالتالي بعد القرار عن الدقة والصواب.

2.5.2. أهمية القرار

كلما ازدادت أهمية القرار ازدادت ضرورة جمع المعلومات الكافية عنه، حيث تتعلق نسبيا أهمية القرار بـ:

- ✓ عدد الأفراد المتأثرون بالقرار ودرجة هذا التأثير، حيث أن أهمية القرار تزداد كلما ازداد عدد الأفراد الذين يتأثرون به وكذا كلما ازدادت درجة ذلك التأثير،
- ✓ تكلفة القرار والعائد: كلما كانت التكاليف والعوائد الناتجة عن القرار كلما ازدادت أهمية القرار،
- ✓ الوقت اللازم لاتخاذه: كلما ازدادت أهمية القرار ازداد الوقت اللازم احتاج متخذ القرار وقت أطول ليتعرف على العوامل المؤثرة على القرار.

3.الصعوبات التي تواجه متخذ القرار

تتعدد المعوقات والمشكلات التي يواجهها متخذ القرار يمكن إيجازها على النحو التالي (طعمة ح.، 2010، الصفحات 29-30):

1.3 الفشل والإخفاق في تحديد الاهداف

عندما يفشل مخذ القرار في تحديد أهدافه أو يتجاهلها، تصبح العملية برمتها غير محددة الهدف، مما يعيق عملية الوصول إلى نتيجة مرضية ومقبولة فمن دون هدف واضح تصبح عملية اتخاذ القرار أمرا صعبا لان متخذ القرار نفسه لا يعرف الهدف النهائي الذي يريد الوصول إليه.

2.3 الاعتماد على منظور ضيق

الاعتماد على منظور ضيق يضع قيودا على متخذ القرار مما يمنعه من إمكانية الوصول إلى قرارات فعالة وملائمة كما يحد من قدرته على التفكير بشكل أبداعي ومنطقي مما ينعكس سلبا على سلامة القرار وعقلانية.

3.3. الفشل في تقييم الخيارات بالشكل المناسب

عندما يفشل متخذ القرار في تقييم كل خيار بدقة، دون التوقف ودراسة تفاصيله وتحديد نتائجه ومزاياه ومخاطرة، سيصبح القرار متسرعا وستختلف النتيجة عن الهدف المرجو.

4.3. صعوبة إدراك المشكلة وتحديدها بدقة

عندما تكون المشكلة غامضة ويصعب تحديد أسبابها ونتائجها يصعب تشخيصها بدقة، وقد تضيع جهود الإدارة في معالجة مشاكل وهمية تخفي ورائها مشاكل حقيقة لكنها غير واضحة المعالم ويصبح التمييز بين المشكلة الحقيقة وظواهرها العرضية أمرا صعبا مما يربك الإدارة ويعرقل الحلول الفعالة (تعلب، 2011، صفحة 326).

5.3. قيود شخصية متخذ القرار

تقيد شخصية متخذ القرار بفعل الروتين اليومي والجمود والسلم الهرمي ووجوب الالتزام بالإجراءات الداخلية أو العادات والتقاليد مما يؤثر سلبا على أفكار وتطلعات متخذ القرار وبالتالي تعيق تقدم ونجاح المؤسسة.

6.3. نقص المعلومات والخوف من اتخاذ القرارات

تعتبر المعلومات العنصر الأساسي في عملية اتخاذ القرارات على غرار دور المواد الخام في العملية الإنتاجية، فلكي يكون القرار مستندا إلى أسس علمية يجب أن تكون المعلومات دقيقة و ممثلة للظاهرة

المراد دراستها حيث تساهم المعلومات الدقيقة في تمكين المدير من وضع التقديرات و التنبؤات اللازمة حول الوضع الحالي و تطوراته المستقبلية، حيث يعاني اغلب المديرين من ضيق الوقت مما يعيقهم من جمع البيانات اللازمة لدراسة البدائل المتاحة بشكل شامل و لذلك لا يتمكن المدير من تقييم كل جوانب البدائل بشكل دقيق مما يؤثر على جودة القرار المتخذ (البدري ط.، 2002، صفحة 109).

7.3. صعوبة فهم متخذ القرار للمشكلة

يعد فهم متخذ القرار للمشكلة خطوة مهمة في عملية اتخاذ القرار، لضمان قرار سليم يجب عليه أن يدرك جميع جوانب المشكلة بدقة وأن يحدد الهدف المراد تحقيقه بشكل واضح، حيث يساعد فهم المشكلة على توجيه الجهود إلى الهدف الصحيح مما يعزز احتمالية الوصول إلى النتائج المرجوة، كما تعتمد صحة الاستنتاجات وسلامة القرارات على دقة التحليل وسلامته وقدرة متخذ القرار على التحليل والاستنباط.

المطلب الثالث: الأساليب الكيفية في اتخاذ القرار

تعد الأساليب الكيفية في اتخاذ القرار من الأمور المهمة التي يعتمد عليها متخذو القرار عندما تكون البيانات الكمية غير كافية أو يصعب قياس عناصر المشكلة بدقة فهي تركز على الخبرة و المعرفة والحكم الشخصي لصاحب القرار، تستند الى أدوات مثل التجارب و المقابلات و دراسة الآراء والاقتراحات و تحليل السيناريوهات، نهدف من خلال هذا المطلب الى تقديم اطار عام لهذه الأساليب وتبيان دورها في دعم اتخاذ القرار وتحسين جودته خاصة في البيئات المعقدة التي يغلب عليها عدم اليقين.

أولا: الحكم الشخصي والبديهة

وهو أسلوب قائم على الحدس الشخصي حيث يركز بشكل أساسي على تقدير متخذ القرار ونظرته الفردية للأمور كما يعتمد هذا الأسلوب على خبرات متخذ القرار السابقة والمعلومات المتوفرة لديه ومعرفة الظروف التي مر بها في الماضي ومع ذلك فان هذا الأسلوب يصعب تحويله إلى إطار عمل محدد يمكن تطبيقه في جميع المواقف أو نقله بسهولة إلى مدراء اخرجن كما أن اكتساب هذا الأسلوب يعتمد بشكل كبير على الخبرة الشخصية وقدرة الشخص على الفهم وتحليل المواقف المعقدة (حجا جحة، 2004، الصفحات 50-51).

كما أشرنا يعتمد هذا الأسلوب أيضا على طبيعة المدير وفلسفته في التعامل مع الأمور وقدرته على اختزال المعلومات وربطها مع بعضها البعض كما يرتكز على استفادته من الظروف الداخلية والخارجية المحيطة به، وخبرته السابقة في منظمات أخرى التي قد عمل بها سابقا.

ولعل دواعي لجوء المدير إلى هذا الأسلوب إلى طبيعة المشكلات والواقف الإدارية التي يواجهها لا سيما تلك المتعلقة بالجانب الإنساني والتي تتطلب قياسا دقيقا للاحتياجات والعواطف الإنسانية ويمتاز هذا الأسلوب بمجموعة من المزايا بينما تبرز بعض السلبيات التي يجب مراعاتها ويمكن إبراز هذه المزايا والعيوب على النحو التالي (لعويسات، 2005، صفحة 74):

من بين المزايا نذكر ما يلي:

- **سرعة اتخاذ القرار**: يعد هذا الأسلوب فعالا في المواقف التي تتطلب اتخاذ قرارات سريعة حيث يمكن من للمدير من خلاله الوصول إلى قرار في أقصر وقت ممكن،
- **الكفاءة في القرارات محدودة التأثير**: تبرز فعالية هذا الأسلوب جليا في التعامل مع القرارات ذات التأثير المحدود والتي لا تستدعي عمليات تحليل معقدة أو جمع بيانات مكثفة،
- **الاستفادة من القدرات الشخصية للمدير**: يتيح هذا الأسلوب الاستفادة من القدرات والمهارات الشخصية للمدير وخاصة بعد نظره وقدرته على التصرف الحكيم في المواقف المختلفة.

من بين العيوب نذكر ما يلي:

- **مخاطر التطبيق العملي**: قد تفضي طبيعة هذا الأسلوب إلى اتخاذ قرارات تتضح عدم فعاليتها أو صلاحيتها عند تطبيقها عمليا بسبب عدم الاعتماد على دراسة كافية للعوامل المحيطة،
- **صعوبات في التطبيق**: قد يواجه تطبيق القرارات الصادرة بهذا الأسلوب بعض الصعوبات والتحديات بسبب عدم التأكد من توفر الإمكانيات والموارد اللازمة قبل اتخاذ القرار،
- **محدودية اكتشاف البدائل**: قد يغفل هذا الأسلوب عن بدائل أخرى أكثر فعالية وذلك بسبب اقتصاره على رؤية وخبرة متخذ القرار فقط.

ثانيا: الخبرة والمعرفة

تشكل الخبرة المكتسبة ركيزة أساسية في عملية اتخاذ القرارات الإدارية حيث يكتسب المدير من خلال ممارسته لمهامه مجموعة واسعة من الدروس المستخلصة من التجارب السابقة الناجحة منها

والفاشلة، ممهدة له الطريق لاتخاذ قرارات مستقبلية أكثر فاعلية وتساهم هذه الدروس في صقل مهاراته الإدارية وتزويده بالخبرة اللازمة لاتخاذ القرارات المناسبة.

ويرتبط هذا النهج بـ "المدرسة التجريبية"the empirical school التي يعد "أرنست ديل" E.dale أحد أبرز روادها وتركز هذه المدرسة على أهمية الاستفادة من خبرات المدراء سواء داخل المنظمة أو خارجها من خلال دراسة وتحليل حالات النجاح والفشل والتعرف على العوامل التي أدت إلى كل منهما بالإضافة إلى دراسة الأساليب التي تم اتباعها لتجاوز التحديات وعلى سبيل المثال فإن مواجهة مدير ما لموقف معين بأسلوب ناجح في الماضي يرجح إعادة تطبيق نفس النهج عند تكرار الموقف نفسه (بطرس جلدة، 2009، صفحة 68)، ولا تقتصر هذه الخبرة على تجارب المدير الشخصية بل تتعداها لتشمل الاستفادة من خبرات زملائه وغيرهم من المدراء الذين مروا بتجارب مماثلة مما يثري من معرفته ويعزز من قدرته على اتخاذ قرارات أكثر دقة وصوابا.

وعلى الرغم من أهمية الاعتماد على الخبرات السابقة إلا إن هذا الأسلوب لا يخلو من العيوب حيث قد تكون هذه الخبرات مشوبة بأخطاء أو قائمة على تفسيرات خاطئة كما أن طبيعة المشكلات في تغير مستمر مما يجعل من الصعب تطبيق الحلول ذاتها على مشكلات مختلفة.

لذلك فإن اتخاذ القرارات السليمة يتطلب المزج بين الخبرة والمعرفة مع أخذ العوامل المحيطة بعين الاعتبار مما يساهم في تطوير الحدس وتعزيز الحكم السليم.

ثالثا: إجراء التجارب

انتقل أسلوب التجارب من حقل البحث العلمي إلى مجال الإدارة كأداة فعالة لاتخاذ القرارات ويقوم هذا الأسلوب على قيام متخذ القرار بجراء تجارب عملية تأخذ في الاعتبار جميع العوامل المؤثرة على القرار سواء كانت ملموسة أو غير ملموسة بالإضافة إلى الاحتمالات المختلفة المرتبطة بالمشكلة محل الدراسة ويتيح هذا الأسلوب للمدير اختيار البديل الأفضل بناء على النتائج المستخلصة من التجارب واعتمادا على خبرته العلمية والعملية، ومن مزايا وعيوب أسلوب التجارب في اتخاذ القرارات نجد (كنعان، 2007، صفحة 184) :

- **المزايا**

من مزايا أسلوب التجارب ما يلي:

التعلم من خلال التجربة والخطأ: يتيح هذا الأسلوب لمتخذ القرار التعلم من خلال التجربة والخطأ حيث يمكنه من تطبيق البدائل المختلفة على أرض الواقع وتقييم نتائجها بشكل مباشر.

اكتشاف الثغرات وتلافيها: تساهم التجارب في الكشف عن الثغرات والأخطاء المحتملة في البدائل المطروحة مما يتيح للمدير فرصة لتعديلها وتحسينها قبل التطبيق النهائي.

تحسين جودة القرارات المستقبلية: يساعد التعلم من التجارب السابقة على تحسين عملية اتخاذ القرارات المستقبلية وزيادة فرص نجاحها.

- **العيوب**

ومن عيوب أسلوب التجارب ما يلي:

على الرغم من مزايا أسلوب التجارب في اتخاذ القرارات الإدارية، إلا أنه لا يخلو من القيود والتحديات فمن أبرز عيوبه:

ارتفاع التكلفة: يعد هذا الأسلوب باهظ التكلفة في كثير من الأحيان حيث يتطلب توفير معدات وأدوات وقوى عاملة قد لا تكون متاحة بسهولة .

استهلاك الوقت والجهد: تستغرق عملية تصميم التجارب وتنفيذها وتحليل نتائجها الكثير من الوقت والجهد من قبل متخذ القرار مما قد يؤثر على سرعة اتخاذ القرارات.

ولعل من الأهمية أن نوضح انه قد يتم في مواقف معينة الجمع بين الخبرة والتجربة معا لتحقيق الهدف ومثال ذلك أن بعض الشركات المنتجة لسلعة معينة قد تحتاج إلى الاستفادة من خبرتها وخبرة الشركات الأخرى المنتجة لسلع مماثلة بالإضافة إلى إجراء التجارب على ضوء هذه الخبرات لتتمكن الشركة من اختيار التجربة الأفضل.

رابعا: دراسة الآراء والاقتراحات وتحليلها

الاعتماد على الآراء والاقتراحات وتحليلها أو ما يعرف بالنهج التشاركي أحد الأساليب المهمة في اتخاذ القرارات وتتميز هذه المقاربة بطابعها الديمقراطي حيث تتيح للأفراد المعنيين بالموضوع المشاركة في صياغة القرارات مما يساهم في خلق بيئة عمل إيجابية وتعاونية وعلى الرغم من أن هذا الأسلوب لا

يحظى بشعبية واسعة بين جميع المدراء إلا أنه يعتبر أكثر فعالية من اتخاذ القرارات بشكل فردي في العديد من الحالات (لعويسات، 2005، صفحة 76)، وذلك للأسباب التالية:

- تحسين جودة القرارات: يساهم تعدد وجهات النظر في إثراء المناقشات وإيجاد حلول أكثر شمولية وتكاملا،
- زيادة الالتزام بتنفيذ القرارات: يعزز شعور الأفراد بالمشاركة في صنع القرارات من التزامهم بتنفيذها بشكل فعال،
- تعزيز روح الفريق والانتماء للمؤسسة: تساهم المشاركة في اتخاذ القرارات في خلق بيئة عمل إيجابية تشجع على التعاون والتواصل.

مع ذلك لا يعد هذا الأسلوب خيارا مثاليا في جميع الحالات ففي بعض الأحيان قد لا تكون عملية جمع وتحليل الآراء عملية أو ذات جدوى خاصة في حالة القرارات العاجلة التي تتطلب التصرف السريع.

المبحث الثالث: الأساليب الكمية في اتخاذ القرار

صعوبة اتخاذ القرار وتعقده في ظل ضخامة حجم المؤسسات ومواردها ومحدودية الأساليب التقليدية لاتخاذ القرار المبنية على المحاولة والخطأ والخبرة الشخصية لمتخذ القرار يقتضي استخدام أساليب علمية حديثة لذلك، فالأساليب الكمية في ظل التطور التكنولوجي يمكنها نمذجة وتكميم المشاكل والمساعدة على اتخاذ أفضل القرارات.

المطلب الأول: ماهية الأساليب الكمية

وهي المناهج التي تعتمد على القياس والأرقام والنماذج الرياضية والإحصائية لدعم اتخاذ القرار من خلال تحويل المشكلة الى صياغة قابلة للتحليل مثل تعظيم المنفعة أو تقليل التكلفة تحت قيود محددة وتستخدم هذه الأساليب عندما تتوفر بيانات قابلة للقياس، لأنها تساعد على مقارنة البدائل بموضوعية وتحديد النتائج المتوقعة واختيار الحل الأفضل أو الأقرب للأمثل.

1. تعريف الأساليب الكمية

يمكن تعريفها بانها "النماذج الرياضية أو الكمية التي من خلالها يتم تنظيم كافة مفردات المشكلة الإدارية أو الاقتصادية والتعبير عنها بعلاقات رياضية من معادلات ومتباينات وتفرض شروط للمتغيرات المستخدمة لبناء تلك المعادلات أو المتباينات ويتم دعم هذه المعادلات بالبيانات اللازمة (الموارد المتاحة) والتي يتصف قسم منها كونها ثوابت والبعض الأخر متغيرات مما يناسب طبيعة المشكلة" (سعيد، 2007، صفحة 15). أي أن النموذج الرياضي هو الأداة أو الأسلوب الذي تتم من خلاله معالجة المشكلات ثم إجراء التحليلات الملائمة عليها بهدف الوصول إلى الحل.

كما يمكن تعريفها بانها "مجموعة الطرق والصيغ والمعادلات والنماذج التي تساعد في حل المشكلات على أساس عقلاني" (المغربي م.، الأساليب الكمية في إدارة الأعمال، 2017، صفحة 9)، فالأساليب الكمية هي أداة لتكميم وقياس متغيرات المشكلة ومعايير القرار باستخدام نموذج رياضي لحلها، واتخاذ القرار الأمثل.

2. خصائص الأساليب الكمية

من خلال التعريف السابق يمكن استنتاج الخصائص التالية (محرز، 2022، الصفحات 212-213):

- تنبع من التوجه العلمي كقاعدة ومنهج في البحث والدراسة بسبب المواضيع التي تتناولها حيث تكون في مراحل متداخلة ومتعاقبة، مما يتطلب تحديد أبعاد المشكلة بدقة وتفسيرها بناء على الفرضيات الموجودة واختبار الصلاحية واستنباط بدائل يمكن أن تساهم في حل المشكلة واختيار الأفضل بين مجموعة الحلول الممكنة ثم وضعها قيد التنفيذ والمتابعة،
- تستخدم لدراسة وتحليل واستنتاج العلاقات بين المتغيرات، كمية كانت أو نوعية، وذلك لاستخدامها في وصف ظاهرة ما أو التنبؤ المستقبلي بها،
- تستعمل النماذج العلمية من اجل قياس درجة المخاطرة والصدفة، والتنبؤ واختيار أفضل البدائل المتاحة، كما تطبق أكثر على المؤسسات الكبيرة نسبيا، والتي تحتاج إلى نماذج علمية،
- كما تعد الأساليب الكمية أداة فعالة لحل المشكلات في مجالات متعددة مثل: المالية، التسويق والإنتاج، باستخدام منهجيات بحوث العمليات.

3. مزايا وعيوب الأساليب الكمية في اتخاذ القرار

1.3. المزايا

تتمثل في (المغربي م.، الأساليب الكمية في إدارة الأعمال، 2017، الصفحات 27-28):

- تساعد متخذ القرار على فهم المشكلات المعقدة نتيجة اعتمادها على النماذج كتعبير تجريدي للمشكلات بعيدا عن الأساليب التقليدية،
- تحدد القدرة العالية على التنبؤ الدقيق في المدى القصير والمتوسط،
- أداة فعالة في معالجة نطاق واسع من المشاكل الإدارية التي يواجهها متخذ القرار،
- تساعد متخذ القرار على التصدي للمشكلات بمختلف خصائصها وهذا راجع للتنوع والتعدد في الأساليب الكمية ونماذجها الذي يمكن من معالجة المشكلات بطرق مختلفة، مثل النماذج الوصفية المعيارية ،... الخ،
- تمكن متخذ القرار من تصنيف قراراته إلى قرارات مبرمجة وقرارات غير مبرمجة فالأولى يمكن أن تتحول إلى قرارات روتينية سهلة بمساعدة النماذج الرياضية المطورة من طرف الإدارة أما القرارات

الغير مبرمجة فيتفرغ لها متخذ القرار مع الاستفادة من الأساليب الكمية ونماذجها من الحدس والتقدير الذاتي في عملية الحل،

- وسيلة مهمة في تحليل الحساسية حيث أنها تمكن من تحليل تأثر الحل الأمثل نتيجة التغيرات الحاصلة في الافتراضات أو الشروط أو معلمات النموذج.

2.3. العيوب

رغم الإيجابيات الكثيرة للأساليب الكمية الا أنها لا تخلو من العيوب ومن بين بين هذه العيوب ما يلي (نائب و باقية، 2015، الصفحات 29-30):

- صعوبة وضع جميع المشكلات في شكل كمي حيث انه لا يمكن التعبير بصورة كمية عن الكثير من الأمور مثل الجوانب النفسية والإنسانية كمعنويات العاملين ورضاهم في العمل،
- التكاليف الباهظة لاستخدام هذه الأساليب من وجهة نظر الإدارة، بسبب عدم قدرتها على بناء نماذج كمية وحدها، مما يضطرها للاستعانة بالخبراء واقتناء نماذج جاهزة واستخدامها حسب متطلباتها وهذا مكلف أيضا،
- مقاومة التغيير والتجديد في الكثير من المنظمات، فالتعود على اتخاذ القرارات باستخدام الأساليب التقليدية بناء على الخبرة والراي الشخصي الملائم لمصلحتها يجعلها ترفض الاعتماد على الأساليب الكمية التي يمكن أن تضر بمصالحها.

المطلب الثاني: النماذج الكمية ودورها في اتخاذ القرار

تعد النماذج الكمية من أهم الأدوات الحديثة لدعم اتخاذ القرار لأنها تمكن من صياغة المشكلات الإدارية المعقدة الى صيغ رياضية قابلة للقياس والتحليل على فهم العلاقات بين المتغيرات والقيود وتقييم البدائل واختيار الحل الذي يحقق أفضل النتائج.

1. مفهوم النماذج

أن استخدام الأساليب الكمية يتطلب بناء النماذج، وتعتبر هذه العملية جوهر الأساليب الكمية لحل المشاكل الغير روتينية، حيث يمكن تعريف النموذج على انه (سلطان، 2019، صفحة 9) " تصوير للواقع بغية توضيح أحد مظاهر الطريقة التي يعمل بها هذا الواقع"

بشكل عام، يقصد بالنموذج هو ذلك الشيء أو التكوين الذي يهدف إلى تصوير الواقع لتوضيح أحد مظاهر الطريقة التي يعمل بها، وغالبًا ما يكون أقل تعقيدًا من الواقع، لكنه يجب أن يكون كاملاً بما فيه الكفاية لتقريب مظاهر الواقع المدروس (حسين علي و مؤيد، 1999، صفحة 7).

2. تصنيف النماذج

يمكن تصنيف النماذج الأكثر شيوعا وفق ما يلي (العامري و الحداد، تطبيقات بحوث العمليات في الإدارة، 2009، الصفحات 26-28):

1.2. حسب غرض الاستخدام: تتمثل فيما يلي (Mahajan, 2010, p. 5)

- **نماذج وصفية:** تصف هذه النماذج ببساطة النظام قيد الدراسة بناء على الملاحظات والمسح والاستبيانات، مثل الهيكل التنظيمي، تخطيط المصنع،
- **نماذج تنبؤيه:** تتنبأ هذه النماذج بالنتائج المتعلقة بأحداث معينة بسبب مجموعة معينة من البدائل للمشكلة مثل أن تحاول قنوات التلفزيون التكهن بنتيجة انتخابات معينة قبل فرز الأصوات بناء على نتائج الاستطلاع،
- **نماذج معيارية:** توفر هذه النماذج الحل الأمثل للمشكلات التي تخضع لقيود معينة عند استخدام الموارد كما توفر مسارات العمل الموصي بها وتصف ما يجب القيام به، يتم استخدامها كمعايير للتحكم في الأنظمة، مثل البرمجة الخطية، شبكات الأعمال.

2.2. على أساس هيكل النموذج

تقسم حسب هيكلها إلى ثلاث نماذج كما يلي (القاضي و الجراد، 2005، صفحة 122):

- **نماذج طبيعية:** وهي التي تحافظ عند بنائها على بعض الخصائص الطبيعية للأشياء التي تمثلها وتستخدم هذه النماذج في وصف الأحداث أو المشاكل عند نقطة زمنية وصفية ومن أمثلتها الصور وألعاب الأطفال وهذه النماذج تتميز بسهولة ملاحظتها وبنائها ووصفها غير انه يصعب معالجتها، تستخدم النماذج الطبيعية ثلاثية الأبعاد مثل نموذج تصميم المباني أو تخطيط المدن في عملية تحسين وتطوير تفاصيل الأشياء التي تمثلها غير أنها لا تستخدم في التنبؤ،
- **نماذج متناظرة:** تعد تمثيلا للنظام المراد دراسته باستخدام مجموعة من الخصائص البديلة عن خصائص النظام الحقيقي وتمثل العلاقات الكمية بين خصائص أنواع مختلفة من الأشياء بشكل

قياسي، من أمثلة هذه النماذج نماذج الخرائط التي تستخدم لتمثل المواقع الجغرافية والعلاقات بينها، تعرف هذه النماذج بسهولة معالجتها وتساعد على تحليل الأنظمة المعقدة،

- **نماذج رمزية:** تستخدم هذه النماذج الرموز والعلاقات الرياضية لتمثيل الواقع العملي الذي يرغب الباحث في دراسته وتعد المعادلات الرياضية أكثر أنواع النماذج الرمزية استخدام في بحوث العمليات وتتميز هذه النماذج بالدقة والعمومية والتجريد مما يسهل باستخدام القوانين الرياضية

3.2. على أساس طبيعة الأبعاد

والمقصود بالأبعاد عدد ونوع المتغيرات التي تستخدم في بناء النموذج، تنقسم إلى:

- **نماذج ذات بعدين:** من ابسط وأسهل النماذج، مثل الصور الفوتوغرافية،
- **نماذج ذات أبعاد متعددة:** مثل نماذج الانحدار المتعدد والطائرات والمباني.

4.2. على أساس الحركية (rajagopal, 2012, p. 5)

- **نماذج ساكنة:** تسمى ساكنة في ظل افتراض أن المعلمات لا تتغير مع مرور الزمن، مثل البرمجة الخطية،
- **نماذج متحركة:** تسمى متحركة في ظل افتراض أن المعلمات تتغير بتغير الزمن مثل البرمجة الديناميكية.

5.2. على أساس درجة التأكد

- **نماذج مؤكدة:** تعد نماذج القرارات تحت شروط اليقين أحد أنواع النماذج التي تستخدم في اتخاذ القرارات، وهذه النماذج تفترض وجود حالة واحدة فقط من حالات الطبيعة ويعرف متخذ القرار نتائجه بدقة، ومن أمثلتها نماذج القيمة الحالة الأساسية للمخزون والتحليل الحدي،
- **نماذج المخاطرة:** وتعرف باسم نماذج القرارات تحت شروط المخاطرة وهي النماذج التي تكون فيها احتمالات حدوث حالات الطبيعة معروفة لمتخذ القرار مثل القرارات والخرائط الإحصائية للرقابة على الجودة ونماذج المعاينة الإحصائية،
- **نماذج عدم التأكد:** نماذج لا يعرف فيها متخذ القرار احتمالات حدوث حالات الطبيعة لذا يلجأ إلى بعض المعايير للمساعدة في اتخاذ القرار مثل قرارات الاستثمار المختلفة.

6.2. على أساس درجة العمومية

- **نماذج عامة:** تستخدم لحل نوع واحد من المشاكل ومن أمثلتها البرمجة الخطية والتقارير المالية،
- **نماذج متخصصة:** تستخدم لحل نوع واحد من المشاكل مثل استخدام الحاسوب لمحاكاة مشكلة معينة.

7.2. على أساس علاقات المتغيرات بمحيطها

- **النماذج المفتوحة:** وهي نماذج تتضمن متغير واحد أو أكثر تتحدد قيمته عن طريق البيئة الخارجية غير الخاضعة للرقابة،
- **النماذج المغلقة:** وهي النماذج التي تتولد فيها المتغيرات داخليا وتخضع للرقابة.

8.2. على أساس القياس الكمي

- **النماذج الكمية:** تعتمد على القياس الكمي والرياضي لذلك فإنها تعتبر أكثر ثباتا ودقة وإرشادا، وتصنف إلى نماذج إحصائية، امثليه، تحليلية، اجتهادية، محاكاة،
- **النماذج الكيفية:** هي نماذج اقل دقة تأخذ بعين الاعتبار العوامل الغير ملموسة كالعوامل السلوكية والإنسانية التي تتحاشاها النماذج الكمية.

3.فوائد النماذج

تظهر أهمية وفوائد النماذج في أسباب استخدامها وهي (بوزارة، 2014، صفحة 59):

- **التكلفة:** تحليل النماذج اقل تكلفة من التجربة على نظام حقيقي، حيث انه يمكن تجريب العديد من التغيرات على نموذج واحد في حين أن إجراء تحليلات وتجارب على عدة أنظمة حقيقية يعتبر صعب جدا ومكلف،
- **ضغط الوقت:** تمكن النماذج من محاكاة سنوات عديدة من التشغيل في دقائق معدودة، وهذا ما يساعد على ربح الوقت والجهد وتقليل التكلفة،
- **التبسيط:** تكون معالجة النموذج وتغيير المتغيرات أسهل بكثير من معالجة النظام الحقيقي، أي أن صياغة الواقع المعقد في شكل نموذج بسيط يسهل عملية تحليل سلوكه بسهولة وفعالية أكثر،
- **تكلفة الخطأ:** الاعتماد على تجربة المحاولة والخطأ عند استخدام النماذج تكون اقل بكثير بالمقارنة مع العمل على النظام الحقيقي،

- **التعدد:** تمكن النماذج من تحليل عدد كبير من الأنظمة، لا نهائي أحيانا، مما يخلق لدى المديرين عدد كبير من البدائل يختارون أفضلها.

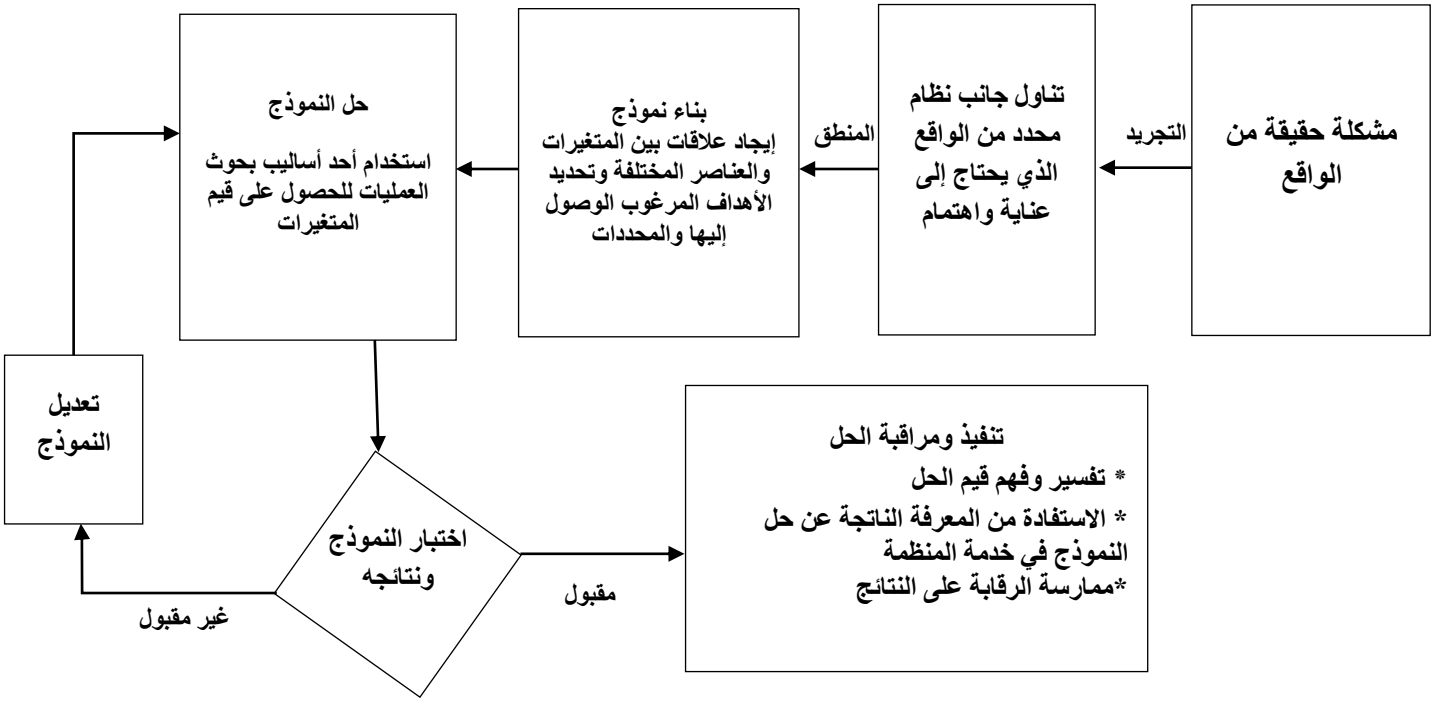
3. خطوات بناء النموذج الكمي

تحويل مشاكل العالم الحقيقي إلى مشكلة رياضية قابلة للحل تتضمن بناء النموذج الكمي عبر مراحل محددة يمكن توضيحها كما يلي (بوزارة، 2014، صفحة 61):

- **صياغة المشكلة:** تتطلب هذه المرحلة فهما عميقا للمشكلة المراد حلها حيث يتم تحديد الاهداف والقيود المفروضة على المشكلة والتحديات التي تواجهها وجمع المعلومات اللازمة حولها،
- **بناء النموذج:** يتم خلال هذه المرحلة اختيار نوع النموذج المناسب بناء على طبيعة المشكلة والمعطيات المتوفرة، مثلا نموذج خطي أو غير خطي أو احتمالي أو ديناميكي، ووضع الفرضيات التبسيطية لتسهيل عملية حل النموذج،
- **اختيار طريقة حل النموذج:** بحيث يتم اختيار طريقة الحل المناسبة لطبيعة النموذج وكذا الحزم البرامجية المناسبة لذلك،
- **تحليل الحساسية:** يتم خلالها تحديد مدى تأثر نتائج النموذج نتيجة لتغير المعطيات أو الفرضيات الأساسية،
- **مرحلة التنفيذ:** حيث تستخدم نتائج النموذج لاتخاذ القرارات المناسبة ثم تطبيقها في المجال العملي.

والشكل الموالي يمكن أن يلخص لنا عملية بناء النموذج والاستفادة منه:

الشكل رقم (1.1): عملية بناء النماذج والاستفادة منه



المصدر: (العامري و الغالبي، 2008، صفحة 328)

المطلب الثالث: أساليب بحوث العمليات واتخاذ القرار

صعوبة اتخاذ القرار وتعقده وعدم قدرة الأساليب الكيفية لوحدها على معالجة المشكلات المعقدة للمؤسسات يتطلب استعمال الأساليب الكمية حيث تعد بحوث العمليات أداة قوية للمساعدة على حل هذه المشكلات وفق منهجية علمية مبنية على التقنيات الرياضية والإحصائية والإعلام الآلي

1. تاريخ وخلفية بحوث العمليات

تعتبر فترة " الإدارة العلمية" مرحلة مميزة في تاريخ تطور فكر الإدارة، حيث انه في عام 1885 وضع فريدريك تايلور (Frederick Taylor) الذي يعرف بـ أب " الإدارة العلمية" الأسس النظرية لهذه المدرسة، تزامنت هذه الفترة مع العصر الحديث الذي شهد تطوراً سريعاً في المفاهيم والنظريات والتقنيات الإدارية.

خلال الحرب العالمية الثانية واجهت بريطانيا العظمى ضغوطا شديدة لزيادة الإنتاج العسكري لذلك لجأت الحكومة إلى علماء ومهندسين لتقديم المساعدة، حيث طور هؤلاء الخبراء نماذج رياضية لحل المشاكل المتعلقة بزيادة إنتاج المعدات العسكرية. أطلق على هذا المجال اسم "بحوث العمليات " Operations Research (Cheema, 2011, p. 1).

نتيجة لنجاح "بحوث العمليات" في العمليات الحربية، وظهور تشابه بين مشاكل الحرب ومشاكل أنظمة الإنتاج تم البدا في تطبيق هذا الأسلوب في المجال الصناعي، فقد وجدو أن بحوث العمليات فعالة في إدارة وتنظيم الموارد في مختلف المجالات مما ساهم في انتشارها على نطاق واسع.

2. عوامل تطور بحوث العمليات

التطور الباهر لأساليب بحوث العمليات في مختلف مجالات الحياة كان نتيجة لعدة عوامل أهمها (حمدان و مرعي، مقدمة في بحوث العمليات، 2004، صفحة 18):

1. الرواج الاقتصادي بعد الحرب العالمية الثانية وما صاحبه من زيادة في استخدام الآلية وتقسيم العمل وتفويض السلطة أدى إلى كثرة المشاكل الإدارية وتعقدها مما دفع العلماء والباحثين لمحاولة إيجاد أفضل الحلول لتلك المشكلات باستخدام أدوات بحوث العمليات،

2. التطور السريع للحاسب الإلكتروني الذي كان عنصرا أساسيا في ازدهار بحوث العمليات وزيادة استخدامها، حيث انه يساعد في حل النماذج الرياضية المعقدة في وقت قصير وبدقة،

3. استمرار الكثير من الباحثين في بحوثهم أدى إلى ابتكار أساليب كثيرة لبحوث العمليات وعلى راسهم جورج دانتزنغ (George Dantzig) الذي ابتكر طريقة السمبلكس التتابعية لحل نموذج البرمجة الخطية عام 1947.

3. تعريف بحوث العمليات

تعددت تعاريف بحوث العمليات من أهمها ما يلي:

تعرف **جمعية بحوث العمليات البريطانية** بحوث العمليات على أنها تطبيق الأساليب العلمية على المشاكل المعقدة الناشئة من توجيه وإدارة الأنظمة الكبيرة من الأفراد، الآلات، المواد والأموال في ميدان الصناعة والتجارة والحكومة والدفاع، والنهج المميز هو تطوير نموذج علمي للنظام يتضمن قياسات

لعوامل مثل الصدفة والمخاطر، التي يمكن من خلالها التنبؤ ومقارنة نتائج القرارات أو الاستراتيجيات أو الضوابط البديلة، والغرض من ذلك هو مساعدة الإدارة في تحديد سياساتها وإجراءاتها علميا (Sharma, 2017, p. 4).

أما **جمعية بحوث العمليات الأمريكية** فهو: بحوث العمليات هي التي تهتم بالتحديد العلمي لأفضل تصميم وتشغيل لنظم المعامل والآلة، وذلك عادة في الظروف التي تتطلب تخصيصا للموارد المتاح (بوقرة، 2009، صفحة 11) .

4.خصائص ومميزات بحوث العمليات

بناء على مفهوم بحوث العمليات يمكن التوصل إلى الخصائص واهم المميزات التالية (Mahajan, 2010, p. 4):

1.4. أداة لاتخاذ القرار

تهدف تقنيات بحوث العمليات إلى مساعدة المديرين على تحديد أفضل الحلول المثلى للمشكلات التي تواجههم، حيث تساعد صناع القرار على تحسين قدراتهم الإبداعية وتحليل وفهم الوضع بوضوح، مما يؤدي إلى تحسين السيطرة، والتنسيق، والتنظيم وفي النهاية إلى صنع أفضل القرارات.

2.4. منهج علمي

تعتمد بحوث العمليات على أساليب وتقنيات وأدوات علمية لتحليل وحل المشكلات، فهي عملية منظمة من التفكير المنطقي، ولا مجال فيها للأهواء أو التخمينات الشخصية.

3.4. الهدف

تهدف بحوث العمليات إلى تحديد أفضل حل أو الحل المثالي للمشكلة قيد الدراسة لهذا من الضروري تحديد مقياس للفعالية يستند إلى أهداف المنظمة ثم يتم استخدام هذا المقياس كأساس لمقارنة الخيارات البديلة.

4.4. منهج نظامي

في نظام منظم يؤثر سلوك أي جزء على جميع الأجزاء الأخرى، جوهر النهج النظامي هو تتبع جميع التأثيرات المباشرة وغير المباشرة المقترحة على جميع أجزاء النظام وتقييم كل إجراء من حيث تأثيره على النظام ككل حيث يمكن تلخيص هذه الجوانب في التفاعلات والعلاقات المتبادلة من خلال أنظمة ونماذج رياضية.

5.4. منهج متعدد التخصصات

بحوث العمليات هي علم يهتم به فريق من العلماء من مختلف التخصصات العلمية والهندسية (في مجالات الرياضيات والإحصاء والهندسة والاقتصاد والإدارة وعلوم الكمبيوتر وما إلى ذلك) يحاول هذا الفريق تحليل العلاقة بين السبب والنتيجة بين العوامل المختلفة للمشكلة وتقييم نتائج الاستراتيجيات البديلة المختلفة.

6.4. الاعتماد على الكمبيوتر

تعتمد بحوث العمليات إلى حد كبير على الكمبيوتر الرقمي حيث أصبح استخدام الكمبيوتر الرقمي جزء لا يتجزأ من بحوث العمليات لتحليل النماذج الرياضية

5.تصنيفات أساليب بحوث العمليات

1.5. النماذج المحددة (المؤكدة)

تعد النماذج المؤكدة من بين نماذج بحوث العمليات المهمة، تستخدم لحل مشكلات تخصيص الموارد، تفترض هذه النماذج معرفة كل المعلومات الخاصة بالمشكلة والقيود والمتطلبات، تستخدم أساليب رياضية لتحسين استخدام الموارد وتحقيق أفضل النتائج.

1.1.5. نماذج خطية

تفترض هذه النماذج أن كل العلاقات بين المتغيرات في المشكلة خطية أي يمكن تمثيلاها بمعادلات خطية منها (البرمجة الخطية، البرمجة العددية، النقل، التخصيص، برمجة الأهداف):

- **نماذج النقل:** تستخدم لحل مشكلات نقل البضائع أو الخدمات من مواقع الإنتاج إلى مواقع الاستهلاك بكفاءة مع مراعاة التكاليف والقيود المختلفة،
- **نماذج التخصيص:** تستخدم لحل مشكلات تخصيص الموارد المتاحة لمجموعة من الأنشطة أو المشاريع المختلفة مع مراعاة القيود والمتطلبات.

2.1.5. نماذج غير خطية

تفترض هذه النماذج أن بعض العلاقات بين متغيرات المشكلة غير خطية مثل البرمجة غير الخطية، البرمجة التربيعية، برمجة هندسية:

- **البرمجة التربيعية:** من بين أنواع البرمجة غير الخطية لحل مشكلات تخصيص الموارد واتخاذ القرارات، تتميز هذه الطريقة بقدرتها على معالجة المشكلات التي تتضمن علاقات تربيعية بين متغيرات المشكلة مما يجعلها أداة قوية لحل مشكلات معقدة لا يمكن حلها باستخدام تقيات البرمجة الخطية.

2.5. النماذج الاحتمالية

1.2.5. نظرية المباريات

يعتبر العالم الفرنسي إيميل بوريل (Emile Borel) أول من طرح فكرة نظرية المباريات عام 1921 الا أن الفضل الأكبر في إرساءها وبرهنة نتائجها وإظهار إمكانياتها في المجالات الاقتصادية والإدارية والحربية يعود للعالمين جون فون نيومان وأوسكار مورج انسترن عام 1928.

تعتبر نظرية المباريات أحد اهم طرق الرياضيات التطبيقية وهي أسلوب كمي حديث يستخدم لاتخاذ القرارات في المواقف التي تتميز بوجود صراع بين الأطراف المتنافسة المستقلة، حيث لا يمكن لمتخذ القرار السيطرة بشكل كامل على العوامل المؤثرة في النتائج التي يحصل عليها من قراره (البلخي، أساسيات نظرية المباريات، 2007، صفحة 1)، وتستخدم في حل مشاكل الأعمال والقرارات الاستثمارية، الإشهار والترويج، سياسات التسعير، تطوير الإنتاج والتسويق، التفاوض والعمليات العسكرية، الألعاب الرياضية والقرارات السياسية والعديد من المجالات الأخرى (الطراونة و عبيدات، 2009، صفحة 358).

2.2.5. نظرية صفوف الانتظار

يرجع الفضل في ظهور نظرية صفوف الانتظار عام 1909 إلى المهندس الدانماركي ايرلانج ERLANG من خلال دراسته لحل مشكلة الازدحام على تبادل المكالمات الهاتفية من قبل العمال، طورت بعد ذلك من قبل عدة باحثين لتشمل مجالات أخرى مرتبطة بمشكلة الانتظار.

تعمل النظرية على استخدام الأساليب الكمية لحل المشاكل المتعلقة بالمواقف التي تتميز بالازدحام، أو تشكل طوابير انتظار بسبب وصول الوحدات الطالبة للخدمة وانتظار دورها على أن يكون الوصول عشوائيا يتبع توزيع معين، ويمكن أن يأخذ زمن الخدمة لكل وحدة صيغة عشوائية وفقا لتوزيع معين، كما تقدم قياسا لقدرة مركز الخدمة على تحقيق الغرض الذي أنشئ من أجله ويكون ذلك باستخدام طرق رياضية دقيقة (مزاري و بوسهمين، 2017، صفحة 36).

وعليه تعتبر نظرية الطابور احدى تقنيات بحوث العمليات في مجال الاحتمالات، تم تطويرها لبناء نماذج رياضية لحل مشاكل الأنظمة التي تتضمن ظاهرة الانتظار، تستخدم بصفة واسعة في مجال الخدمات مثل ظواهر الانتظار في: البنوك، المستشفيات، مراكز البريد، النقل...الخ

3.2.5. سلاسل ماركوف

يعود الفضل في ظهورها للعالم الروسي أندريا ماركوف (Andrei Markov) وهي أسلوب كمي رياضي يعمل على تحليل السلوك الحالي لمتغير ما بهدف التنبؤ بالسلوك المستقبلي لهذا المتغير، تركز سلاسل ماركوف على دراسة عملية اتخاذ القرار في المسائل التي تتوقف الحالة المستقبلية لها على الحالة الحالية دون الاعتماد عن الحالة السابقة (معوشي، 2022، صفحة 149)، تستخدم في مجالات عدة منها الاقتصادية، الإدارية والتسويقية، نذكر أهمها (طعمة ح.، 2010، صفحة 240):

- دراسة سلوك المستهلك خلال فترة زمنية ما للتنبؤ بسلوكه مستقبلا خلال فترات زمنية مستقبلية،
- دراسة حركة القوى العاملة من وإلى الوظائف المختلفة خلال فترات زمنية متتالية من اجل التنبؤ بأعداد القوى العاملة في المستقبل،
- دراسة وتحليل الظواهر السلبية التي تواجه المنظمات في أنشطتها المختلفة، مثل تحليل الظواهر السلبية التي تواجه نشاط إدارة الصيانة للتنبؤ باحتمالية عطل الآلات مستقبلا.

3.5. النماذج المختلطة

تتمثل أهمها في:

1.3.5. نظرية الشبكات

الشبكات هي إحدى الأدوات المهمة والفعالة في اتخاذ القرار الأمثل من خلال صياغة وحل المشاكل التي تواجهها بحوث العمليات على شكل مخططات بيانية أو شبكات، حيث تستخدم في معالجة العديد من المشاكل الواقعية أهمها (بوكليخة، 2021، صفحة 340):

- التسيير الأمثل للموارد وتخطيط المشروعات،
- أعمال الطرق وشبكات الإمداد مثل شبكات المياه، الغاز والكهرباء ...الخ،
- معالجة مشاكل النقل والتوزيع.

كما تطبق في الكثير من المجالات العملية.

2.3.5. البرمجة الديناميكية

البرمجة الديناميكية هي" أسلوب رياضي وضع لرفع قدرة عمليات البحث عن الحل الأمثل (الحلول المثلى) للعديد من المسائل الكبيرة الحجم عن طريق تجزئتها إلى مسائل جزئية (أو مرحلية متتابعة) أصغر حجما وبالتالي اقل صعوبة وبالتالي تعمل على إيجاد حل لكل جزء من أجزاء المسألة الأصلية (مرحلة) وتصيغ مدخلات ومخرجات كل مرحلة، ويتم الحصول على الحل الأمثل للمسألة الأصلية عند إيجاد الحلول للمراحل الجزئية كافة" (بقجة جي، 2007، صفحة 150).

3.3.5. أسلوب المحاكاة

المحاكاة هي تمثيل للواقع من خلال استخدام نموذج أو جهاز آخر، يتفاعل بنفس الطريقة مثل الواقع في ظل مجموعة معينة من الشروط. وهي أيضًا استخدام نموذج نظام له الخصائص المصممة للواقع، من أجل إنتاج جوهر عملية فعلية (Kalavathy, Operations research, 2002, p. 447).

كما تعرف على أنها تمثيل لتشغيل نظام حقيقي خلال فترة زمنية محددة. سواء قمنا بتشغيل المحاكاة يدويا أو باستخدام جهاز كمبيوتر، فإنها تتضمن إنشاء تاريخ مصطنع للنظام بغرض استنتاج الخصائص التشغيلية للنظام الحقيقي (بري، 2002، صفحة 14).

يستخدم أسلوب المحاكاة في معالجة المسائل النظرية والتطبيقية المتمثلة في (حمدان، بحوث العمليات مع تطبيقات باستخدام الحاسوب، 2009، صفحة 440):

المسائل النظرية: مثل علوم الرياضيات، الفيزياء والكيمياء من خلال:

- حساب المساحات والمصفوفات،
- إيجاد قيم الثوابت مثل π وحل المعادلات التفاضلية،
- دراسة حركة الجسيمات في المستوي.

المسائل التطبيقية: الإدارة والاقتصاد والنشاطات الاجتماعية والإنسانية كـ:

- التخطيط، التخزين، طوابير الانتظار والتنظيم الاقتصادي والعسكري،
- دراسة المسائل الاجتماعية مثل هجرة السكن والسلوك الاجتماعي،
- دراسة جسم الإنسان وتركيبته من الداخل.

خلاصة الفصل

اتخاذ القرار عملية محورية في الإدارة والتنظيم تتقاطع فيها الأطر النظرية والعلمية لتشكل رؤية عقلانية تساعد متخذ القرار على اختيار البديل الأمثل في ظل قيود وظروف معينة، وقد تناول هذا الفصل تطور القرار عبر مراحل الفكر الإداري وتحديد ماهيته وخصائصه وأنواعه كما تم تحليل عملية اتخاذ القرار حسب المراحل المنطقية لها والعوامل المؤثر فيها والمعوقات التي تحد من فعالية القرار إلى جانب استعراض الأساليب الكيفية التقليدية المبنية على الخبرة والحدس والقدرات الذاتية.

كما تم التأكيد على أهمية الأساليب الكمية في ترشيد القرار باعتبارها أدوات منهجية تساعد في تحويل المشكلات الواقعية على نماذج رياضية قابلة للحل و التحليل ، حيث تم التأكيد على دور بحوث العمليات كحقل معرفي يوفر أدوات كمية علمية منهجية فعالة لتحسين جودة القرارات من بينها النماذج المؤكدة كالبرمة الرياضية على اختلاف أنواعها، النماذج الاحتمالية كنظرية الألعاب و سلاسل ماركوف، و النماذج المختلطة كالتحليل الشبكي و المحاكاة، هذا الفصل يوضح الأسس النظرية و العلمية الضرورية لفهم النماذج الكمية و دورها في دعم اتخاذ قرارات اكثر دقة و فعالية و كفاءة، كالبرمجة الخطية بأعداد صحيحة و هو ما يشكل محور الدراسة في الفصل اللاحق.

الفصل الثاني:

البرمجة الخطية بأعداد صحيحة كأداة مساعدة على اتخاذ القرار

تمهيد

التعقيد المتزايد للمشكلات الإدارية الاقتصادية واللوجستية للمنظمات الحديثة، أبرز الحاجة إلى أدوات أكثر فعالية تمكن صانعي القرار من اتخاذ قرارات عقلانية تضمن الاستغلال الأمثل للموارد المحدودة، من بينها البرمجة الرياضية التي تحتل مكانة محورية لا سيما البرمجة الخطية التي اثبتت كفاءتها في معالجة العديد من المشكلات التي يمكن تمثيلها صياغتها بشكل خطي.

لكن العديد من المشاكل الواقعية لا تسمح بقبول حلول ذات متغيرات مستمرة أو كسرية، حيث تتطلب طبيعة المشكلة أن تكون قيم متغيرات القرار أعدادا صحيحة، كقرارات التوظيف، شراء العتاد، جدولة الموارد البشرية أو تحديد عدد الوحدات المنتجة ...الخ، وهنا تبرز أهمية البرمجة الخطية بأعداد صحيحة كامتداد للبرمجة الخطية التقليدية، حيث تطبق فيها قيود إضافية تفرض أن تكون بعض أو جميع متغيرات القرار أعداد صحيحة أو ثنائية (0 أو 1) مما يجعل النموذج أكثر واقعية رغم انه أكثر تعقيدا من الناحية الحسابية.

وهذا ما يوفر إطارا رياضيا دقيقا لصياغة المشكلات التي تتطلب قرارات من نوع (نعم أو لا) أو توزيع موارد غير قابلة للتجزئة، وباعتبار الحلول الكسرية مقبولة رياضيا في النماذج الخطية المستمرة فإنها غير قابلة للتطبيق عمليا مما يستوجب صيغ رياضية أكثر تعقيدا لكنها أكثر انسجاما وتمثيلا للواقع.

حيث سوف نسعى من خلال هذا الفصل التطرق لثلاث مباحث رئيسية وهي:

- المبحث الأول: مدخل للبرمجة الخطية،
- المبحث الثاني: مدخل للبرمجة الخطية بأعداد صحيحة،
- المبحث الثالث: خوارزميات حل مسائل البرمجة الخطية بأعداد صحيحة.

المبحث الأول: مدخل للبرمجة الخطية

القدرة على اتخاذ القرار يعتبر اهم خطوة في نجاح المؤسسات والأنظمة في ظل محدودية الموارد ومن هنا يبرز علم بحوث العمليات كأحد اهم الأدوات الرياضية التي تسعى لترجمة المشكلات الواقعية الى نماذج كمية، حيث تعتبر البرمجة الخطية التقنية الأكثر شيوعا وقوة في إيجاد الحلول المثلى.

المطلب الأول: ماهية البرمجة الخطية

تعد البرمجة الخطية أداة علمية حديثة تساعد متخذي القرارات على إيجاد حلول مثلى لمشكلاتهم، ظهرت بوادرها عام 1920 على يد الاقتصادي (ليو نتيف) لتحليل المدخلات و المخرجات ، ثم طورت بشكل ملحوظ خلال الحرب العالمية الثانية لمواجهة تحديات و مشاكل القوات الجوية الأمريكية و من هذه المشاكل الشراء ، النقل وتخصيص الأعمال لاسيما في ظل الحاجة لاختيار افضل حل من بين مجموعة متنوعة من الخيارات، و قد ساهم في تطورها اكتشاف طريقة simplex methods (الطريقة التتابعية) على يد عالمي الرياضيات G.B.DANTZIG & COOPMANS عام 1947، و شهدت البرمجة الخطية تطورا أخر بفضل تقدم الرياضيات الحديثة و ظهور بحوث العمليات في خمسينيات القرن الماضي كما ساهم التطور السريع للحواسيب و استخداماتها في إدارة العمليات الصناعية في تعزيز تطبيقها (العامري و الحداد، تطبيقات بحوث العمليات في الإدارة، 2009، صفحة 101).

تعريف البرمجة الخطية

تحتل البرمجة الخطية اليوم مكانة رفيعة في مجال بحوث العمليات لما تقدمه من أدوات فعالة لدراسة سلوك عدد كبير من الأنظمة، وتعرف على أنها أسلوب رياضي لتوزيع مجموعة من الموارد المحدودة على متطلبات متنافسة على هذه الموارد مع مراعاة مجموعة من القيود الثابتة، تهدف إلى تحقيق أفضل نتيجة ممكنة من خلال التوزيع الأمثل للموارد أي تحقيق توزيع مثالي يضمن تحقيق اقصى قدر من الفعالية والكفاءة (مرعي و حمدان، 1996، صفحة 21).

البرمجة الخطية تتكون من كلمتين (يحياوي ، 2014، صفحة 66):

" **البرمجة:** تشير كلمة البرمجة إلى التكتيك الرياضي المستخدم لإيجاد الحل، أي إعداد برنامج مع مراعاة الإمكانيات المادية، البشرية والمالية وذلك لتحقيق هدف معين، أي أنها عملية تحويل مشكلة قرار إلى نموذج رياضي قابل للحل باستخدام تقنيات رياضية محددة لإيجاد أفضل حل ممكن.

"**الخطية** " وتشير كلمة خطية إلى أن العلاقة بين المتغيرات المكونة للمشكلة المدروسة هي علاقة خطية، أي يقصد بها وجود علاقة خطية تربط بين المتغيرات سواء في دالة الهدف أو في القيود، ويتم التعبير عنها بطريقة رياضية.

محددات البرمجة الخطية

بالرغم من أن البرمجة الخطية اثبتت أنها وسيلة جيدة لحل المشاكل الكبيرة والمعقدة، الا أن هناك بعض المحددات عليها ومن أهمها (بني هاني، ملكاوي، و الحوري، 2013، صفحة 81):

- لا تضمن البرمجة الخطية الحصول على قيم صحيحة لمتغيرات القرار،
- عدم السماح بحالة عدم التأكد في البرمجة الخطية حيث تعد المعرفة التامة بمساهمات واحتياجات متغيرات القرار بالإضافة إلى الموارد المتاحة من الافتراضات الأساسية في البرمجة الخطية وهو ما يتعارض مع الواقع المحاط بحالة عدم اليقين، وللتعامل مع هذه المشكلة طورت وسائل أخرى مثل البرمجة الخطية في حالة عدم التأكد وبرمجة الفرص المحددة،
- تفترض العلاقات الخطية في كل من دالة الهدف والقيود عند استخدام البرمجة الخطية لكن في الواقع العملي قد تتخذ هذه العلاقات في بعض الأحيان شكلا غير خطي ولمعالجة هذه الحالات نلجأ إلى استخدام البرمجة غير الخطية كبديل أكثر فعالية.

شروط استخدام البرمجة الخطية

هناك شروط يجب توفرها في المشكلة التي نريد حلها بواسطة البرمجة الخطية نذكر أهمها (مكيد، 2015، صفحة 8):

- شرط الخطية: ينبغي وجود علاقة خطية بين العوامل المستقلة المؤثرة في المشكلة المدروسة والتي يرمز لها بالرمز (Xi)، والمشكلة المدروسة في حد ذاتها والتي نرمز لها بالمتغير التابع (Yi)ونعبر عن هذه العلاقة بالصيغة التالية: $Y= a+bXi$،
- وحدة الهدف: ينبغي أن يهدف نموذج البرمجة الخطية إلى تحقيق هدف واحد فقط ويكون ذلك سواء بتعظيم هذا الهدف أو تدنيته،
- الصياغة الكمية للمشكلة: يشترط التعبير عن العلاقة بين متغيرات المشكلة بشكل كمي وذلك إما باستخدام معادلات أو مترجحات ومزيج بينهما،

- تعدد القيود الفنية: تتأثر حرية متخذ القرار في الوصول إلى الحل الأمثل بوجود قيود فنية متعددة ضمن المشكلة محل الدراسة وتجبره على التضحية ببعض الحلول البديلة وتشمل هذه القيود الفنية على: مدخلات النشاط، الإمكانيات المتاحة مثل الموارد والتجهيزات والطاقة الإنتاجية والموارد المالية والبشرية وبوجه عام جميع عناصر الإنتاج وظروف العمل المستخدمة،
- تعدد بدائل الحل: تفترض البرمجة الخطية توفر عدة خيارات أمام متخذ القرار لحل المشكلة مع إمكانية اختيار أفضلها وهو ما يعرف بالحل الأمثل ويتميز هذا الحل بقدرته على تحقيق اقصى أو أدنى قيمة لدالة الهدف مع مراعاة القيود الفنية المحددة،
- عدم السالبية: يفترض في قيم جميع مؤشرات نموذج البرمجة الخطية أن تكون غير سالبة تعبيرا عن طبيعة المؤشرات الاقتصادية التي لا تقبل القيم السالبة،
- قابلية التجزئة: تسمح البرمجة الخطية باستخدام قيم كسرية لمؤشراتها بمعنى إمكانية تجزئة قيم هذه المتغيرات وبالتالي حل نموذج البرمجة الخطية لا يشترط أن تكون جميع قيم متغيراته أعداد صحيحة.

مجالات استخدام البرمجة الخطية

للبرمجة الخطية استخدامات كثيرة ومتعددة في مختلف مجالات حياة الفرد سواء الإدارية الاقتصادية العسكرية ... الأخ، نذكر بعضا منها فيما يلي (Mahajan, 2010, pp. 20-21):

- **مشكلة المزج:** عندما يمكن صنع منتج من مجموعة متنوعة من المواد الخام المتاحة، لكل منها تركيبة معينة وسعر معين، يتم استخدام تقنية البرمجة الخطية لتحديد أفضل مزيج بأقل تكلفة ممكنة،
- **تخطيط الإنتاج:** تساعد البرمجة الخطية في تخطيط الإنتاج (مراقبة المخزون، والقوى العاملة، واختيار المعدات، وما إلى ذلك) من أجل تقليل تكاليف العمليات الإجمالية،
- **الزراعة:** تساعد البرمجة الخطية في تخصيص موارد محدودة مثل الأرض والعمالة وإمدادات المياه ورأس المال العامل ... الخ، وبالتالي تهدف لأجل تحسين الإنتاجية،
- **اختيار الوسائط الإعلانية:** تساعد تقنية البرمجة الخطية في تحديد أفضل مزيج للوسائل الإعلانية (مثلا صحافة، مجلات جرائد إذاعة، تلفزيون أنترنت ...الخ) من اجل الرفع من فعالية الإعلان بحيث يحصل على أكبر عدد من القراء والمشاهدات،
- **التطبيقات العسكرية:** تساعد تقنية البرمجة الخطية في السلطات العسكرية في اختيار أفضل نظام جوي أو بحري فعال أثناء الحرب، المساعدة في حل مشاكل الإمدادات والتموين بالعتاد والمواد، الرفع من كفاءة القوات العسكرية،

- **التوزيع واختيار المواقع:** تساعد البرمجة الخطية في تحديد واختيار أفضل المواقع ذات الفعالية الاقتصادية خاصة أماكن المصانع ومراكز التوزيع،
- **الاستثمار:** تتوفر العديد من الفرص الاستثمارية للمستثمر اليوم استراتيجية استثمار السندات، اختيار محفظة الأوراق المالية، إنشاء سياسة القروض المصرفية، يمكن استخدام البرمجة الخطية لتحديد المزيج الأمثل من الفرص التي من شأنها تعظيم العائد مع تلبية المتطلبات التي حددها المستثمر والسوق (Taha, 2017, p. 60).

عناصر البرمجة الخطية

يتكون البرنامج الرياضي على العموم من المكونات الأساسية التالية (عبد الفتاح، 2006، الصفحات 6-7):

1 -المتغيرات القرارية: وهي المتغيرات التي يمكن اتخاذ قرارات بشأنها، ويفترض أن تكون أصغر قيمة لكل متغير من هذه المتغيرات هي الصفر، ويعبر عنها: $(x_1، x_2، \dots، x_n)$ حيث n هي عدد المتغيرات القرارية في النموذج،

2-دالة الهدف: وتعرف كذلك بالدالة الاقتصادية وهي دالة رياضية تعتمد على متغيرات القرار، تتضمن هدف محدد مثل رفع كفاءة النظام إلى اقصى ما يمكن، تعظم الأرباح أو تدنية التكاليف إلى اقصى حد ممكن، كما أنها تعتبر المؤشر الوحيد لبلوغ أمثل حل،

3-القيود الهيكلية: القيود الفنية هي مجموع العلاقات الرياضية التي تعتمد على كل من متغيرات القرار والعلاقات الفينة بين مكونات النظام، حيث انه لابد من وجود قيود ثابتة وحدود للموارد والإمكانيات، وتعبر هذه القيود والحدود الثابتة عن وجود مشكلة تنتظر الحل، ويعبر عن هذه القيود بمعادلات أو متباينات رياضية في شكل =أو ≥ أو ≤،

4- قيد عدم السالبية: وهذا يعني أن جميع المتغيرات القرارية الداخلة في النظام تكون غير سالبة، و هذا يعني عدم سلبية المؤشرات الاقتصادية و شرط أساسي و طبيعي في الحياة الواقعية، ويعبر عنه رياضيا كما يلي: $x_i \geq 0$ حيث $i = 1،2، \dots n$.

و n تمثل عدد المتغيرات القرارية في النموذج.

النموذج العام لمشكلة البرمجة الخطية

البرمجة الخطية هي أحد أنواع البرمجة الرياضية دالة هدفها وقيودها الهيكلية هي معادلات ومتراجحات خطية.

دالة الهدف أو (الدالة الاقتصادية)

$$OPT(\min\ or\ max)\ \ Z\ = c_1 + x_1 + c_2x_2 + c_3x_3 + \cdots + c_nx_n$$

القيود الهيكلية (الفنية)

$$s/c\begin{cases} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \cdots + a_{1n}x_n\ (\leq = \geq)b_1 \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \cdots + a_{2n}x_n\ (\leq = \geq)b_2 \\ a_{31}x_1 + a_{32}x_2 + \cdots + a_{3n}x_n\ (\leq = \geq)b_3 \\ \cdots \quad \cdots \quad \cdots \quad \cdots \\ \cdots \quad \cdots \quad \cdots \quad \cdots \\ a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \cdots + a_{mn}x_n\ (\leq = \geq)b_m \end{cases}$$

قيد عدم السالبية

$$x_1 \geq 0\ , x_2 \geq 0\ , x_3 \geq 0\quad \ldots\ x_n \geq 0$$

الشكل المصفوفاتي

$$opt\ (\min or\ \max)\ Z = [c_1 \quad xc_2 \quad c_3 \ldots\ c_n]\begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ \vdots \\ x_n \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & \cdots & a_{2n} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & \cdots & a_{3n} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ a_{m1} & a_{m2} & a_{m3} & \cdots & a_{mn} \end{bmatrix}\begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ \vdots \\ x_n \end{bmatrix}(\leq = \geq)\begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ b_3 \\ \vdots \\ b_m \end{bmatrix}$$

المطلب الثاني: خوارزميات حل نماذج البرمجة الخطية

الطريقة التتابعية (Simplex): تعرف بالطريقة التتابعية، التكرارية أو طريقة خطوة بخطوة طورت من قبل عالم الرياضات جورج دانتزينغ George Dantzigعام 1947 لمعالجة النماذج الخطية للمشكلات الاقتصادية والإدارية التي حدثت بعد الحرب العالمية الثانية.

تبدأ من المستوى الأساسي للمشكلة (الحالة الأسوأ) أو من الحل الابتدائي الممكن وفي كل خطوة يتم اختبار امثليه الحل ثم العمل على تحسينه حتى بلوغ الحل الأمثل (Raju, 2019, pp. 98–99).

خطوة 1: صياغة نموذج البرمجة الخطية:

- تحديد متغيرات القرار،
- ضبط دالة الهدف،
- تحديد مجموعة القيود،
- تحديد شروط المتغيرات.

خطوة 2: تحويل القيود إلى معادلات:

✓ إضافة متغير مكمل إلى الجانب الأيسر للقيود التي تكون إشارتها اقل أو يساوي (≤) ويسمى بالمتغير الخامل أو الراكد (Slack Variable)، يرمز له بـ(S_i) ويظهر بمعامل (0) في دالة الهدف،

✓ طرح متغير فائض (Surplus Variable) يرمز له بـ (Si)وإضافة متغير اصطناعي (artificial variable)يرمز له بـ (Ai)للجانب الأيسر من القيود التي تكون إشارتها أكبر أو يساوي (≤)، حيث في حالة دالة الهدف تدنية (Min) يكون المتغير الخامل المضاف بمعامل صفر (0) والمتغير الاصطناعي بإشارة موجبة (+) وبمعامل (M)، حيث (M)معامل رقمي كبير جدا، أما في حالة دالة الهدف تعظيم (Max)يكون المتغير الخامل المضاف بمعامل صفر (0) والمتغير الاصطناعي بإشارة سالبة (−) بمعامل (M)،

✓ إضافة متغير اصطناعي للقيود التي تكون إشارتها مساواة (=) حيث في حالة دالة الهدف تدنية (Min) يكون المتغير الاصطناعي بإشارة موجبة (+) وبمعامل (M)، أما في حالة دالة الهدف تعظيم (Max)يكون بإشارة سالبة (−) بمعامل (M).

والجدول الموالي يلخص القواعد السابقة:

الجدول رقم (1.2) قواعد تحويل القيود إلى معادلات

نوع إشارة القيد	نوع المتغيرات التي يتم إضافتها	معامل المتغيرات الإضافية في دالة الهدف		وجود المتغيرات في جدول الحل الأساسي الأولي
		Max Z	Min Z	
اقل أو يساوي ≤	نظيف متغير خامل فقط	0	0	نعم
أكبر أو يساوي ≤	نطرح متغير خامل ونظيف متغير اصطناعي	0 −M	0 +M	لا نعم
يساوي (=)	نظيف متغير اصطناعي فقط	−M	+M	نعم

المصدر: (Sivarethinamohan, 2005, p. 59)

إعداد جدول الحل الابتدائي للحصول على حل أولي ممكن، وتنظيم النموذج القياسي في جدول الحل الابتدائي كما يلي:

الجدول رقم (2.2): جدول الحل الابتدائي

متغيرات دالة الهدف		X_1	X_2	…	X_n	S_1	S_2	…	S_n	b_i
المتغيرات الأساسية	معاملات متغيرات دالة الهدف C_j	C_1	C_2	…	C_n	0	0	…	0	b_i
S_1	0	a_{11}	a_{12}	…	a_{1n}	1	0	…	0	b_1
S_2	0	a_{21}	a_{22}	…	a_{2n}	0	1	…	0	b_2
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	0	0	⋮	0	⋮
S_m	0	a_{m1}	a_{m2}	…	a_{mn}	0	0	…	1	b_m
Z_j		0	0	…	0	0	0	0	0	0
$-C_jZ_j$		C_1	C_2	…	C_n	0	0	…	0	

المصدر: (المغربي م.، 2018، صفحة 47)

التحقق من امثليه الحل: من خلال قيم صف $(C_j - Z_j)$، والذي يعبر عن المساهمة الصافية الناتجة عن إضافة وحدة واحدة من المتغير إلى دالة الهدف، وهو صف تقييم الحل:

في حالة دالة الهدف تعظيم (max)

يتحقق الحل الأمثل عندما تكون قيم الصف اقل من أو تساوي صفر $(C_j - Z_j \leq 0)$.

في حالة دالة الهدف تدنية (min)

يتحقق الحل الأمثل عندما تكون قيم الصف أكبر من أو تساوي صفر $(C_j - Z_j \geq 0)$.

إذا تحقق شرط الأمثلية نتوقف في هذه المرحلة ويكون الحل المتوصل إليه هو الحل الأمثل، وإذا لم يتحقق ننتقل للخطوة الموالية من اجل تحسين الحل.

خطوة 3: تحديد المتغير الداخل (Entring variable) والمتغير الخارج (Leaving variable):

يحدد المتغير الداخل (متغير غير أساسي) بالنظر إلى قيم صف $(C_j - Z_j)$ حيث إذا كان دالة الهدف تعظيم (max) نختار أكبر قيمة موجبة، وإذا كانت دالة الهدف تدنية (min) نختار أكبر قيمة (بإشارة سالبة) ويكون المتغير المرتبط بها هو المتغير الداخل ويسمى العمود الذي يقع فيه المتغير بالعمود المحوري (pivot column).

يتحدد المتغير الخارج بقسمة قيم عمود المتغيرات الأساسية (b_i) على القيم المناظرة لها بالعمود المحوري ويكون المتغير الخارج هو الذي يقابل اقل حاصل قسمة موجبة، ويسمى الصف الذي يقع فيه بالصف المحوري (pivot row)، أما العنصر المحوري (pivot element) فهو الذي يتقاطع عنده العمود المحوري والصف المحوري.

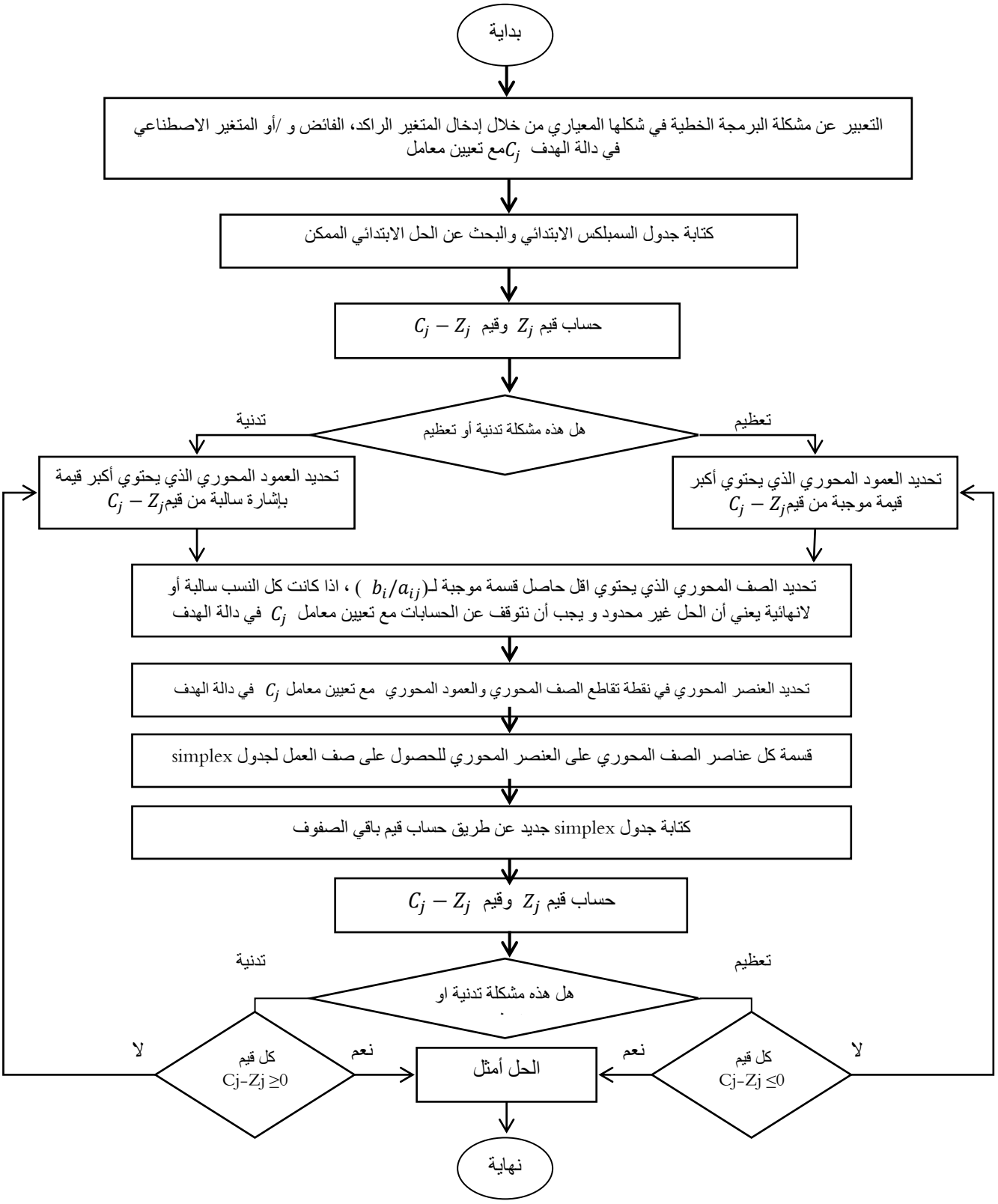
خطوة 4: تكوين جدول حل جديد يهدف لتحسين الحل من خلال إجراء حسابات على مصفوفة المعاملات وهي:

1. تقسيم عناصر الصف المحوري على العنصر المحوري ويسمى الصف الناتج بصف العمل (working row)،
2. إيجاد قيم عناصر الصفوف الأخرى وفق المعادلة التالية:

القيمة الجديدة = القيمة الحالية – (العنصر المقابل لها في الصف المحوري × العنصر المقابل لها في العمود المحوري) / العنصر المحوري.

بعد حساب كل القيم في الجدول يتم تقييم أمثلية الحل من جديد فاذا كان الحل أمثل نتوقف، وان لم يكن أمثل نواصل عملية التحسين حتى الوصول للحل الأمثل.

الشكل رقم (1.2): يوضح المخطط الانسيابي للطريقة التتابعية simplex



المصدر:(Gupta & Hira, 2014, p. 170)

المطلب الثالث: البرنامج الثنائي وتحليل الحساسية

يعد مفهم الثنائية وتحليل الحساسية من الركائز التي تمنح البرمجة الخطية قيمتها الاقتصادية والإدارية من خلال تحويل الأرقام الصماء الى مؤشرات لاتخاذ القرار.

1.الثنائية

النموذج المقابل أو الثنائي (dual) هو عبارة عن تحويل ميكانيكي للمشكلة الأساسية إلى عكسها الحل الأمثل للنموذج المقابل ينطبق تماما مع حل النموذج الأولي أو الأصلي (primal)، وباستخدام خطوات معينة يمكن تحويل المشكلة الأولية للبرمجة الخطية إلى ما يقابلها والحصول على نفس النتيجة (مرجان، 2002، صفحة 107) يتضمن استخدام النموذج الثنائي العديد من الفوائد منها (الصفار و التميمي، 2007، صفحة 263):

1. التوصل إلى الحل الأمثل بسرعة وسهولة حيث انه عند صعوبة حل النموذج الأولي يكون الحل أسهل عند تحويله إلى النموذج الثنائي،
2. مساعدة متخذ القرار في معرفة كل قيم البدائل الأخرى للقرار.

1.1. مقارنة بين النموذج الأولي والنموذج الثنائي (rajagopal, 2012, p. 68)

1.إذا كان عدد متغيرات النموذج الأولي يساوي (n) وعدد القيود يساوي (m) فانه في النموذج الثنائي يصبح عدد المتغيرات يساوي (m) وعدد القيود يساوي (n)،

2.إذا كان النموذج الأولي تعظيم فان النموذج الثنائي يكون تدنية والعكس صحيح،

3.معاملات دالة الهدف في النموذج الأولي تصبح هي القيود في النموذج الثنائي والعكس صحيح،

4.المتغيرات غير سلبية في كلتا النموذجين،

5.إذا كان للنموذج الأولي حل أمثل محدود فان للنموذج الثنائي كذلك حل أمثل محدود،

6.النموذج الثنائي للنموذج الثنائي هو النموذج الأولي،

7.إذا كان للنموذج الأولي حل غير محدود فالنموذج الثنائي حل غير ممكن والعكس صحيح.

2.تحليل الحساسية (sensitivity analysis)، تحليل ما بعد الأمثلية (Post-optimality analysis)

في الواقع العملي نادرا ما تضل المعطيات ثابتة ومن هنا يظهر دور تحليل الحساسية وهو دراسة مدى تأثير التغيرات في النموذج على الحل الأمثل الذي تم التوصل اليه.

2.1. أهمية تحليل الحساسية

البرمجة الخطية تقوم على مجموعة من الفروض لأجل الوصول إلى الحل الأمثل مثل (ثبات الأسعار، ثبات التكنولوجيا، ثبات مستويات الموارد ومعاملات متغيرات القيود الفنية ...)، هذه الافتراضات التي تقوم على التأكد، المعرفة التامة والظروف الثابتة تسمح بتصميم برنامج أمثل (Rama, 2007, p. 117)، لكن في الواقع من النادر أن تكون معاملات البرنامج الخطي معروفة بصورة مؤكدة ، و غالبا ما تكون هذه المعاملات تخمينية في بيئة ديناميكية ، لذا بعد الانتهاء من إيجاد الحل الأمثل لمشكلة البرمجة الخطية ، لابد من دراسة حساسية هذا الحل لأي تغيرات ممكنة في قيمة احد متغيرات المسألة.

نظرا لافتراض خطية المتغيرات بالنسبة لدالة الهدف والقيود الفنية في نموذج البرمجة الخطية يجب تحليل أثر التغيرات الممكن حدوثها في المعاملات المختلفة (ثوابت النموذج) a_{ij} ،b_i ، c_j وعلى العموم ينتج عن هذه التغيرات (باشيوة، 2011، الصفحات 155–156):

1. بقاء الحل الأمثل بدون تغيير، وبالتالي المتغيرات الأساسية وقيمها كذلك،
2. بقاء نفس المتغيرات الأساسية ولكن بقيم مختلفة،
3. تغير الحل الأساسي.

تظهر أهمية تحليل الحساسية من خلال مساعدة المديرين في عملية التخطيط الخاصة بهم، من خلال:

- معرفة أثر التغيرات المستقبلية المحتملة في معلمات ومكونات المشكلة،
- معرفة درجة الخطأ في تقدير بعض المعلمات التي يمكن استيعابها من قبل الحل الأمثل الحالي، أو لوضع إجابات للأسئلة حول أخطاء التقدير التي كان يمكن أن تكون قد ارتكبت، أو التغيرات التي يمكن أن تحصل في المستقبل والتي لا تؤثر على الحل الأمثل الحالي.

وبالتالي، يمكننا القول أن تحليل الحساسية هو دليل رئيسي للتخطيط والرقابة الإدارية، كما تكمن أهمية دراسة الحساسية في تحديد مجال التغير الذي يمكن أن تتغير فيه المعطيات مع بقاء الحل أمثل دون الحاجة إلى صياغة المشكلة في كل مرة (Rama, 2007, p. 117).

2.2. حالات الحساسية

تتمثل اهم محاور تحليل الحساسية فيما يلي:

1.2.2. التغير في معاملات متغيرات القرار في دالة الهدف ومدى الأمثلية

يهدف مدى الأمثلية إلى تحديد الحد الأعلى والأدنى لمعاملات متغيرات القرار في دالة الهدف والتي يبقى الحل امثلا ضمن حدودها وباتباع الخطوات التالية يتم تحديده (بني هاني، ملكاوي، و الحوري، 2013، الصفحات 182-183):

1.في جدول الحل الأمثل نستبدل معامل المتغير الذي نبحث له عن مدى الأمثلية بمعامل مجهول القيمة، ونرمز له بالرمز $(C_j : j = 1,2, \dots, m$ ،

2. حساب قيم صف (Z_j) وقيم صف $(C_j - Z_j)$،

3.من قيم صف $(C_j - Z_j)$ نختبر أمثلية الحل، حيث يجب أن تكون جميع قيم صف $(C_j - Z_j)$ اقل من او تساوي صفر $(C_j - Z_j \leq 0)$ في حال كانت دالة الهدف تعظيم MAX، أو تكون جميع قيم صف $(C_j - Z_j)$ أكبر من او تساوي صفر $(C_j - Z_j \geq 0)$ في حال كانت دالة الهدف تدنية MIN، وهذا يتطلب تكوين متباينات جانبها الأيسر أية قيمة في صف $(C_j - Z_j)$ تحتوي على (C_j) وجانبها الأيمن صفر وإشارتها حسب طبيعة دالة الهدف،

4.يتم حل المتباينات التي تكونت في الخطوة السابقة ومن نتيجة الحل نحدد حدود معامل (C_j).

2.2.2. التغيرات في قيم الطرف الأيمن للقيود ومدى الإمكانية

سعر الظل

إن سعر الظل لمورد نادر يعني مقدار الزيادة أو النقص في قيمة دالة الهدف التي تنتج عن زيادة أو إنقاص مقدار وحدة واحدة من الكمية المتاحة من ذلك المورد النادر، عند زيادة الكمية المتاحة من مورد معين بمقدار وحدة واحدة يترتب على ذلك زيادة الربح بمقدار معين، هذه الزيادة في الربح والناتجة عن

الحصول على وحدة إضافية من ذلك المورد تسمى سعر الظل، ويتم الحصول عليه بإحدى الطرق التالية (زمزير الموسوي، 2009، صفحة 148):

1. الحصول على أسعار الظل مباشرة من قيم صف $(C_j - Z_j)$ في جدول السمبلكس النهائي تحت الأعمدة التي تتضمن المتغيرات الراكدة وذلك من واقع الحل الأصلي للمشكلة،
2. الحصول على أسعار الظل من خلال تحويل المشكلة الأصلية إلى نموذج يعطي أسعار الظل مباشرة وهو النموذج الثنائي.

مدى الإمكانية: يهدف إلى تحديد الحد الأعلى والأدنى لقيم الطرف الأيمن لقيود نموذج البرمجة الخطية (المواد المتاحة)، تستطيع إدارة أي منظمة الحصول على معلومات ذات قيمة كبيرة إذا ما تمكنت من معرفة مقدار الفائدة التي يمكن الحصول عليها في حال امتلاكها لكميات أكبر من الموارد المتوفرة وتحليل حساسية الطرف الأيمن يساعد في الحصول على هذه المعلومات، يحدد مدى الإمكانية كما يلي:

1. من جدول الحل الأمثل نجد مدى التغير في الطرف الأيمن للقيد i $(\Delta\, b_i : i = 1,2, \dots, n)$ وهو حاصل قسمة قيم عمود الطرف الأيمن على القيم المقابلة لها في عمود المتغير الراكد التابع للقيد الذي نبحث في إيجاد مدى الإمكانية لطرفه الأيمن،
2. نحدد طرفي مدى الإمكانية (الحد الأعلى، الحد الأدنى) باستخدام العلاقة التالية:

مدى الإمكانية = الكمية الأصلية للطرف الأيمن (i) –مدى التغيير $\Delta\, b_i$.

3.2.2. تغيير معاملات متغيرات القرار في القيود

إن تغيير معاملات القيود يمكن أن يؤثر على شرط الأمثلية للمسألة الأولية أما في المسائل الثنائية يمكن أن تؤثر على الجانب الأيسر لقيود المسألة الثنائية أي تؤثر على شرط الملائمة للمسألة، أن اهم نقطة في تغيير طبيعة معاملات المتغيرات الأساسية هي أن هذا التغيير سوف يؤثر على عناصر مصفوفة جدول الحل الابتدائي وبما أن هذه المصفوفة تلعب دورا مهما في كل حسابات تحليلات الحساسية وعليه غان التغيير الجديد قد يؤدي إلى جعل الحل الحالي للمسألة غير ملائم وغير أمثل أو ربما غير أساسي أصلا لكن في بعض الأحيان تواجهنا بعض المشاكل في هذا النوع من التغييرات هي صعوبة دراسة التغيير الذي يشمل معاملات المتغيرات الأساسية على الحل الأمثل يضاف إلى ذلك أن التحليلات والحسابات سوف لن تزودنا بصورة مباشرة وآنية بالمعلومات التي تتعلق بالأمثلية والملائمة للمسألة الجديدة (بعد إدخال التغيير) لذا يجب إعادة حل المسألة (سعيد، 2007، صفحة 143).

المبحث الثاني: البرمجة الخطية البرمجة الخطية بأعداد صحيحة

تعد البرمجة الخطية بأعداد صحيحة امتدادا هاما للبرمجة الخطية تستخدم لحل مشكلات تعكس طبيعة القرارات الغير قابلة للتجزئة، حيث انه في العالم الحقيقي نواجه مشكلات تتطلب اتخاذ قرارات مثلى في ظل قيود تلزم بعض المتغيرات أو كلها أن تأخذ قيما صحيحة، على سبيل المثال لا يمكن شراء نصف آلة أو توظيف ربع عامل ولهذا فالبرمجة الخطة العددية هي أفضل أداة لمعالجة هذا النوع من المسائل.

المطلب الأول: ماهية البرمجة الخطية بأعداد صحيحة

1.مفهوم البرمجة الخطية بأعداد صحيحة

يعد نموذج البرمجة الخطية بأعداد صحيحة واحد من أصعب أنواع المشكلات في الأمثلية التوافقية (combinatorial optimization)ينتمي إلى فئة المسائل الصعبة NP−complete، أي أنها مشكلة برمجة خطية تفرض قيودا على المتغيرات لتكون قيما عددية صحيحة (Munapo & Kumar, 2021, p. 1).

في العديد من المسائل الواقعية تكون متغيرات القرار منطقية إذا كانت ذات قيم عددية صحيحة، برمجة الأعداد الصحيحة الخطية هي " تقنية لصياغة وحل برامج الأعداد الصحيحة"، كما تسمى مشكلة البرمجة الخطية التي يتم فيها تقييد بعض أو كل المتغيرات في الحل الأمثل بافتراض قيمة عدد صحيح غير سالب برمجة خطية بأعداد صحيحة (Sivarethinamohan, 2005, p. 305).

البرمجة الخطية بأعداد صحيحة هي طريقة أو أسلوب لإيجاد حل أمثل تكون فيه متغيرات الحل الأساسية أعداد صحيحة، ويستخدم هذا الأسلوب في حالات تتضمن منتجات كبيرة غير القابلة للقسمة كإنجاز الجسور أو صناعة السفن والطائرات ... الخ، إذ لا يمكن في هذه الحالات قبول الحل بأعداد غير صحيحة، بالرغم من أن الحل يعتبر مقبولا من الناحية الرياضية غير انه مرفوض من الناحية العملية (فالته، 2006، صفحة 225)، هذا يعني انه في الواقع لا يمكن للمقاول مثلا بناء نصف جسر أو للمصنع صناعة نصف طائرة.

ومنه فان الشرط الأساسي لتطبيق البرمجة الخطية بأعداد صحيحة هو أن بعض أو كل المتغيرات يجب إن تكون أعداد صحيحة، بينما كل شيء أخر في المشكلة يشبه البرمجة الخطية العادية فيطلق على هذه المشكلة " مشكلة برمجة خطية بأعداد صحيحة".

2.التطور التاريخي للبرمجة الخطية بالأعداد الصحيحة

تعد البرمجة الخطية بالأعداد الصحيحة (ILP) فرعا من فروع الرياضيات يرتبط تطورها ارتباطا وثيقا بتقدم البرمجة الخطية (LP) والتطور في الحوسبة الرياضية، وفق التدرج الزمي التالي (Jünger, et al., 2009):

البدايات (1940-1960)

عام 1947 :George Dantzig قام جورج دانتزيج الذي يعتبر " أب البرمجة الخطية" بتطوير الطريقة التتابعية simplex لحل مسائل البرمجة الخطية وهذا ما وضع الأساس للتطورات اللاحقة للبرمجة الخطية بأعداد صحيحة، ثم ظهور الصياغات الأولى لمشاكل مشاكل النقل والتخصيص.

وفي عام 1956 قدم رالف جوموري R.E GOMORY طريقة قطع المستوي، وهي تقنية تعمل على إضافة قيود إلى نموذج البرمجة الخطية لإزالة الحلول ذات المتغيرات غير الصحيحة.

التطور والتحسين (1960-1980)

في عام 1960 تم تطوير خوارزمية التفرع والحدود من قبل Alison Doig و Ailsa Land branch And Boundمما وفر نهجا منظما لاستكشاف مساحة البحث عن حلول الأعداد الصحيحة.

عام 1965 تم تطوير عمل جوموري في مجال قطع المستويات بشكل أكبر من خلال تقديم "قطع جوموري" مما أدى إلى تحسين كفاءة حل مشكلات البرمجة الخطية بأعداد صحيحة.

في بداية السبعينيات أدى التركيز المتزايد على الكفاءة الحسابية إلى تطوير خوارزميات وبرامج حاسوبية لحل مشكلات(ILP)

التوسع والتخصص (1980-2000)

في بداية الثمانينيات انتشرت البرمجة الخطية بأعداد صحيحة بشكل متزايد في مختلف المجالات، بما في ذلك الخدمات اللوجستية والتمويل وتخطيط الإنتاج.

في التسعينيات أدى تطوير أدوات الحل القوية مثل CPLEX و Gurobiإلى زيادة كبيرة في القدرة على حل مشكلات البرمجة الخطية بأعداد صحيحة (ILP) المعقدة.

في العقد الأول من القرن الحادي والعشرين تحول التركيز نحو تطبيقات البرمجة الخطية بأعداد صحيحة في مجالات جديدة مثل التعلم الآلي machine learning واستخراج البيانات وتحسين الشبكة.

العصر الحديث (2010 إلى الوقت الحاضر)

زيادة قوة الإعلام الآلي: حيث تسمح أجهزة الكمبيوتر الحديثة بحل مشكلات البرمجة الخطية بأعداد صحيحة المعقدة بشكل متزايد.

الخوارزميات المتقدمة: حيث تم تطوير خوارزميات متطورة مثل أساليب "الفرع والقطع" والتهجين مع التقنيات الأخرى حيث يتم استخدام البرمجة الخطية بأعداد صحيحة بشكل متزايد بالتزامن مع تقنيات التحسين الأخرى مثل الاستدلال(Heuristics) ، والميتاهورستيكس(Metaheuristics) ، والبرمجة المقيدة (Constraint Programming).

التطبيقات في مجالات مختلفة: تواصل استخدام البرمجة الخطية بأعداد صحيحة من خلال تطبيقات جديدة في مجالات متنوعة مثل الرعاية الصحية والطاقة والعلوم الاجتماعية.

3.مبررات استخدام البرمجة الخطية بأعداد صحيحة

تعد البرمجة الخطية أداة قوية لحل المسائل الخطية واتخاذ القرارات المثلى في عدة مجالات الا أن عجزها في حل المسائل التي تتطلب حلولا بقيم عددية صحيحة أدى إلى ظهور البرمجة الخطية بأعداد صحيحة، ولذلك يمكن إبراز اهم دوافع الظهور كما يلي (عبد اللطيف و البابلي، 2013، الصفحات 136-137):

قصور شرط القابلية للتجزئة: تفترض نماذج البرمجة الخطية شرط قابلية القسمة أي أن جميع المتغيرات قابلة للتجزئة أي يمكن تقسيمها إلى أجزاء (كسور أو أعداد عشرية) والمشكلة هنا أن هذه الفرضية لا يمكن تطبيقها على العالم الحقيقي، مثلا: لا يمكن إنتاج 0.3 سيارة أو شراء 2.7 طائرة.

ظهور نتائج غير منطقية: قد تقدم البرمجة الخطية حلولا تتضمن أعداد عشرية أو كسور وهذه النتائج غير قابلة للتطبيق في الواقع، في مجالات تتطلب نتائج عددية صحيحة مثل صناعة الطائرات، السفن، والسيارات، بحيث لا يمكن إنتاج أو شراء أجزاء من وحدة.

تقدم البرمجة الخطية بأعداد صحيحة حلولا بأرقام عددية صحيحة: مما يناسب حلات مثل صناعة الطائرات والسفن والسيارات.

تطوير للبرمجة الخطية: تعد البرمجة الخطية بأعداد صحيحة تطويرا لنموذج البرمجة الخطية حيث تفرض على متغيراتها أن تأخذ قيما عددية صحيحة فقط مما يمكننا من التغلب على مشكلة قابلية التجزئة في الحلول كما أنها تمكن من تحسين الكفاءة والفعالية في مثل هذه الحالات مع ضمان منطقية النتائج وقابليتها للتطبيق في الواقع.

4.استخداماتها

تقدم البرمجة الخطية بأعداد صحيحة حلولا فعالة للمشكلات العملية التي تتطلب أن تكون متغيرات القرار فيها أعداد صحيحة، وتستخدم هذه التقنية في العديد من المجالات بما في ذلك إدارة الأعمال، الصناعة، الهندسة، اللوجستيك، الطيران ... وفيما يلي بعض استخداماتها (Sivarethinamohan, 2005, p. 305):

- **اختيار المشاريع الاستثمارية Capital budgeting:** يمكن استخدامها لتحديد أفضل المشاريع الاستثمارية التي تحقق أفضل ربح مع مراعاة قيود الميزانية والموارد،
- **اختيار موقع المصانع plant location:** يمكن استخدامها لتحديد الموقع الأمثل لمصنع جديد مثلا مع مراعاة تكاليف النقل والتوزيع ومسافة الشحن ووفرة العمالة،
- **التوجيه routing:** يمكن استخدامها كذلك لتحديد أفضل مسارات الشاحنات أو الطائرات أو السفن مع مراعاة قيود الوقت والمسافة والطاقة،

- **جدولة الشحن shipping schedule:** تستخدم لتحديد أفضل جدولة لشحن المنتجات من المصانع إلى المستودعات أو من المستودعات إلى المتاجر مع مراعاة قيود التكلفة والوقت والسعة،
- **تصميم شبكة الإنتاج والتوزيع designing a production and distribution network:** يمكن استخدامها لتحديد أفضل شبكة إنتاج وتوزيع لمنتج معين مع مراعاة التكاليف وقيود السعة ومدى الوصول للأسواق،
- **جدولة الأنشطة المترابطةscheduling interrelated activities :** وهذا لتحديد أفضل جدول لتنفيذ مجموعة من الأنشطة المترابطة مع مراعاة قيود الوقت والموارد،
- **التطبيقات الجوية airline applications:** يمكن استخدامها في العديد من مسائل الطيران من خلال جدولة الطائرات وتحديد أفضل مسارات الطيران وتخصيص الطاقم،
- **جدولة تصفية الأصول scheduling asset divestitures:** بتحديد أفضل جدول زمني لبيع أو تصفية أصول الشركة مع مراعاة العوامل المختلفة مثل قيمة الأصل وفرص البيع ووضع السوق.

5.أنواع البرمجة الخطية بأعداد صحيحة

تنقسم البرمجة الخطية العددية على العموم إلى:

1. البرمجة الخطية بأعداد صحيحة الصرفة pure Integer linear Programming

يسمى هذا النوع بـ " الحالة المطلقة أو التامة" وذلك نظرا لاشتراطها أن تكون جميع قيم المتغيرات في النموذج عبارة عن أعداد صحيحة غير سالبة.

2. البرمجة الخطية بأعداد صحيحة المختلطة mixed Integer linear Programming

يتميز هذا النوع من المسائل بطبيعتها التي تحتم أن تأخذ بعض المتغيرات قيما عددية صحيحة بينما المتغيرات الباقية تبقى حرة في اتخاذ قيم كسرية، أي أن طبيعة المشكلة تفرض في النهاية على أن تكون قيم بعض المتغيرات أعداد صحيحة لا تقبل القسمة مثل عدد العمال أو الحافلات أو الزبائن وما شابه ذلك (العبيدي و الفضل، 2004، صفحة 91).

3. **البرمجة الخطية العددية ذات القيم الثنائية (0 او1) Binary Integer linear Programming** وتسمى كذلك البرمجة الخطية العددية الثنائية وفيها تكون قيم المتغيرات إما صفر أو واحد صحيح

ويمكن تصنيف البرمجة العددية الثنائية إلى ثلاث حالات على النحو التالي (عبد اللطيف و البابلي، 2013، صفحة 138):

الحالة الأولى: تفرض فيها ضرورة اختيار إما البديل (x_1) أو البديل (x_2) دون إمكانية اختيارهما معا وفي هذه الحالة يكون القيد المستخدم: $x_1 + x_2 = 1$

الحالة الثانية: تفرض فيها ضرورة وجوب اختيار البديل (x_1) إذا تم اختيار البديل (x_2) وفي هذه الحالة يكون القيد المستخدم: $x_1 \leq x_2$

الحالة الثالثة: تفرض فيها ضرورة اختيار بديلين فقط من بين عدة بدائل متاحة (x_1, x_2, x_3)وفي هذه الحالة يكون القيد المستخدم: $x_1 + x_2 + x_3 = 2$

مع مراعاة أن جميع المتغيرات في الحالات الثلاث تمثل قيما ثنائية تساوي 0 أو 1.

6.الصياغة الرياضية لنموذج البرمجة الخطية بأعداد صحيحة

يمكن كتابة نموذج مشكلة البرمجة الخطية بالأعداد الصحيحة كالاتي (Wagner, 1975, p. 469):

$$\boldsymbol{opt\ z = \sum_{j=1}^{n} C_j X_j}$$

Subject to:

$$\sum_{j=1}^{n} \boldsymbol{a_{ij} x_j} \ \leq , = , \geq \ \boldsymbol{b_i} \quad \boldsymbol{i = 1, 2, \dots m}$$

$$x_j \geq 0 \qquad j = 1,2, \dots n$$

$$\boldsymbol{x_1, x_2, \dots, x_p} \in \boldsymbol{I\ (integer)} \qquad \boldsymbol{/\ p \leq n}$$

حيث أن:

n : عدد متغيرات النموذج،

p : عدد المتغيرات ذات القيم الصحيحة،

I : أعداد صحيحة (integer)،

Z : تمثل دالة الهدف،

x_j : تمثل متغيرات القرار،

C_j : تمثل معاملات متغيرات القرار x_j في دالة الهدف،

b_i : تمثل كمية المورد i المخصصة للقيد i (الطرف الأيمن للقيد)،

a_{ij} : تمثل كمية المورد i المخصصة للفعالية j (المعاملات الفنية)،

إذا كان $p = n$ فان المسألة تسمى برمجة خطية بالأعداد الصحيحة الصرفة «pure integer linear programming»،

إذا كان $p < n$ فان المسألة تسمى برمجة خطية صحيحة مختلطة «mixed integer linear programming»،

أما الصيغة الرياضية لنموذج البرمجة الخطية ذات القيم الثنائية $(0-1)$ فهو:

$$\boldsymbol{opt\ z = \sum_{j=1}^{n} C_j X_j}$$

Subject to:

$$\sum_{j=1}^{n} \boldsymbol{a_{ij} x_j} \ \leq , = , \geq \ \ \boldsymbol{b_i} \quad \boldsymbol{i = 1, 2, \ldots . m}$$

$$x_j \geq 0 \qquad\qquad j = 1,2, \ldots . n$$

$$\boldsymbol{x_1, x_2, \ldots, x_p} \in (\mathbf{0} \text{ او } \mathbf{1})$$

7.أوجه التشابه الاختلاف بين البرمجة الخطية بالأعداد الصحيحة والبرمجة الخطية

لتحديد أوجه الاختلاف والتشابه بين البرمجة الخطية بأعداد صحيحة والبرمجة الخطية يمكن اختصرها في الجدول الموالي:

الجدول رقم (3.2): يوضح أوجه التشابه والاختلاف بين البرمجة الخطية والبرمجة الخطية بأعداد صحيحة

الميزة	البرمجة الخطية	البرمجة الخطية بأعداد صحيحة
	أوجه التشابه	
الهدف	• كلاهما يهدف إلى إيجاد القيمة المثلى لدالة الهدف (تعظيم الأرباح أو تدنية التكاليف مثلا)	
القيود	• كلاهما يشترط أن تحقق قيم المتغيرات مجموعة من القيود المعبر عنها في صورة متباينات أو معادلات خطية	
النمذجة الرياضية	• كلاهما تستخدم لنمذجة وتحليل مجموعة واسعة من مشاكل القرار في مجالات متعددة	
الأساليب الرياضية	• تستخدم أساليب رياضية متشابهة (مثل طريقة السمبلكس) لحل المسائل الخطية	
	أوجه الاختلاف	
طبيعة المتغيرات	• يمكن أن تأخذ المتغيرات قيما كسرية أو عشرية	• تشترط أن تأخذ بعض قيم المتغيرات أو كلها قيم عددية صحيحة أو ثنائية (0 او1)
طبيعة الحلول	• قد تنتج عنها حلول كسرية أو عشرية	• تنتج دائما حلول عددية صحيحة
التعقيد الحسابي	• اقل تعقيد من الناحية الحسابية	• أكثر تعقيدا
الوقت اللازم للحل	• غالبا ما تتطلب وقت اقل	• قد تتطلب وقتا أطول خاصة مع زيادة عدد المتغيرات
الاستخدامات	• تستخدم في مجموعة واسعة من المشاكل التي تقبل حلولا كسرية	• مناسبة للمشاكل التي تتطلب حلول بقيم صحيحة مثل جدولة المهام، صناعة السيارات

المصدر: من إعداد الطالب

المطلب الثاني: تطبيقات نماذج المسائل البسيطة واستخداماتها

يبرز هذا المطلب نماذج البرمجة الخطية بأعداد صحيحة من خلال عرض استخداماتها في معالجة مسائل بسيطة تساعد في فهم منطق هذا النوع من النمذجة، حيث سنحاول تناول أبرز التطبيقات الشائعة مثل نماذج النقل والتخصيص.

1. مسألة النقل

طورت هذه المسائل من قبل FL. HITCHCOCK أول مرة سنة 1941 من خلال دراسته المعنونة بـ " توزيع الإنتاج من عدة مصادر إلى عدة مناطق محلية" وهي من بين الأساليب الكمية المساعدة على اتخاذ قرار نقل كمية من المواد من المخازن أو من مراكز الإنتاج إلى مراكز الطلب لتلبية حاجات هذه المواقع بأقل تكلفة أو بأكبر ربح أو بأقل وقت ممكن (الجواد و الفتال، 2008، صفحة 141).

يمكن استخدام نماذج النقل في العديد من المجالات أهمها مساعدة متخذ القرار في معالجة بعض مشاكل التخطيط والإنتاج واللوجستيك.

النموذج الرياضي لمسألة النقل

لصياغة نموذج مسألة النقل يكون لدينا (برونسون، 2004، صفحة 103):

- عدد من المصادر (مراكز العرض) مقدارها m وعدد من الأماكن المقصودة (مراكز الطلب) مقدارها n،
- c_{ij} التكلفة اللازمة لنقل الوحدة الواحدة من مركز العرض i إلى مركز الطلبj ،
- a_i عدد الوحدات العرض المطلوبة عند المصدر i و b_j عدد وحدات الطلب المطلوبة عند المكان المقصود j، حيث a_i و b_j أعداد صحيحة موجبة.

العرض الكلي يساوي الطلب الكلي أي

$$\sum_{j=1}^{n} a_i = \sum_{i=1}^{m} b_j$$

وهذا بإضافة أماكن مقصودة افتراضية إذا كان الطلب الكلي اقل من العرض الكلي بما يتساوى مع الفائض من المنتجات أو مصادر افتراضية إذا كان الطلب الكلي يفوق العرض الكلي بما يساوي النقص.

- x_{ij} عدد الوحدات الواجب نقلها من المصدر i إلى المكان المقصود j .

وفيما يلي النموذج الرياضي:

$$\boldsymbol{min\ z = \sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n} c_{ij}x_{ij}}$$

$$\boldsymbol{\sum_{j=1}^{n} x_{ij} = a_i \quad (i = 1, \dots, m)}$$

$$\boldsymbol{\sum_{i=1}^{m} x_{ij} = b_j \quad (j = 1, \dots, n)}$$

$$\boldsymbol{c_{ij} \geq 0 \ , \ x_{ij} \geq 0 \text{ and integer}}$$

2. مسألة التخصيص

تعتبر نماذج التخصيص من اهم مسائل بحوث العمليات المستخدمة في الحياة العملية وهي حالة خاصة من مسائل النقل ذات الاستخدامات الواضحة والمحددة، ويمكن تعريفها على أنها وسيلة أو طريقة كمية يستخدمها صاحب القرار في المؤسسة لإيجاد مجموعة البدائل من التخصيصات التي تؤدي إلى تعظيم الأرباح عن طريق تدنية التكاليف إلى اقل مستوى ممكن (الفضل، 2004، صفحة 361).

تستخدم نماذج التخصيص في العديد من المجالات العملية أهمها (العامري و الحداد، تطبيقات بحوث العمليات في الإدارة، 2009، صفحة 281):

- تخصيص المديرين على المشاريع المختلفة،
- تخصيص مندوبي البيع إلى المناطق البعيدة المتنوعة،
- تخصيص سيارات الإسعاف لمراكز الإسعاف أو وحدات الطوارئ وكذلك سيارات النجدة لمراكز الأمن،
- تخصيص الأعمال للآلات أو خطوط الإنتاج،

- تخصيص المحامين لمعالجة القضايا المختلفة في مكاتب المحاماة،
- تخصيص المحاسبين لمختلف الشركات في مكاتب التدقيق والمحاسبة،
- تخصيص الحافلات إلى الخطوط المختلقة،
- توزيع الصفقات على المتعهدين أو المقاولين.

كما يعتمد نموذج التخصيص على الفرضيات التالية:

- يفترض أن عدد الوسائل مساو لعدد المهمات (عدد الصفوف يساوي عدد الأعمدة) وفي حالة عدم المساواة بينهما يضاف صف أو عمود وهمي لإحداث التوازن،
- تخصيص وسيلة واحدة لكل مهمة أي لا يمكن أن يؤدي عامل أو آلة مهمتين في نفس الوقت،
- أن تكلفة إنجاز كل مهمة من قبل كل وسيلة من الوسائل محدد ومعروف مسبقا،
- فرضية الأعداد الصحيحة أي عدم إمكانية تخصيص أجزاء الوسيلة الواحدة،
- تحقق شرط عدم السلبية.

النموذج الرياضي لمسألة التخصيص

يمكن معالجة مسائل التخصيص كنموذج برمجة خطية عددية صحيحة ذات قيم ثنائية 0 أو 1 كما يلي (Dantzig & Mukund , 1997, p. 229):

- مجموعة من الأفراد تساوي مجموعة الوظائف n=m،
- مجموعة من الأفراد (الموارد) n، حيث الفرد i يخصص لوظيفة واحدة فقط،
- مجموعة من الوظائف n، حيث الوظيفة i يخصص لها فرد واحد فقط،
- c_{ij} تمثل تكلفة تخصيص الوحدة الواحدة من الافراد i إلى الوظائف j،
- x_{ij} عدد الوحدات المخصصة من الأفراد i إلى الوظائف j حيث تساوي أما 0 أو 1.

كما يلي: حيث دالة الهدف (تعظيم أو تدنية)

$$\boldsymbol{opt\ z = \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} c_{ij}x_{ij}}$$

القيود:

1. كل الموارد يجب توزيعها:

$$\sum_{j=1}^{n} x_{ij} = 1 \quad (i = 1, \dots, n)$$

2. كل الحاجيات يجب تلبيتها:

$$\sum_{i=1}^{n} x_{ij} = 1 \quad (j = 1, \dots, n)$$

3. قيمة x_{ij} تساوي الصفر او الواحد:

$$x_{ij} = 0 \text{ او } 1$$

قيد عدم السلبية $x_{ij} \geq 0$

4. مسألة حقيبة الظهر

تعود تسمية (حقيبة الظهر) لحالة شخص لديه حقيبة ذات سعة محددة ويرغب بملئها بالأشياء الأكثر قيمة، وأول من طرح هذا الاسم هو العالم الرياضي توبياس دانزنغ (1844–1956) قبل أن تتم النمذجة الرياضية للمسألة.

يمكن تسميتها كذلك بحقيبة المستثمر أو حقيبة الجندي وهي من بين مسائل برمجة الأعداد الصحيحة كحالة خاصة من مسائل البرمجة الخطية والأمثلية المستخدمة على نطاق واسع في مختلف المجالات تهدف إلى التخصيص والاستغلال الأمثل للموارد المتاحة.

وهي واحدة من أكثر مشاكل البرمجة المنفصلة التي تمت دراستها بشكل مكثف في العقود الأخيرة وينبع هذا الاهتمام أساسًا من ثلاث أسباب وهي (Silvano & Toth, 1990, p. 13):

1. يمكن اعتبارها من أبسط مسائل برمجة خطية للأعداد الصحيحة،
2. تظهر كمشكلة فرعية في العديد من المشاكل الأكثر تعقيدا،
3. قد يمثل عددًا كبيرًا من المواقف العملية.

خلال العقود القليلة الماضية، تمت دراسة مسائل حقيبة الظهر من خلال مناهج مختلفة، وفقًا للتطور النظري لبحوث العمليات والأمثلية التوافقية.

مجالات الاستخدام

يمكنك استخدام نماذج مسألة حقيبة الظهر في العديد من المجالات، من بين ذلك ما يلي (Yifang Li & Billau, 2008):

- علم التشفير، حيث كان أصل أول خوارزمية تشفير غير متماثلة في عام 1976،
- الأنظمة المالية والمحافظ الاستثمارية: حيث يتم اختيار المشروع الذي يحقق أكبر قدر ممكن من الأرباح بناء على مبلغ معين من الاستثمار،
- مجال قطع المواد: من اجل تقليل الخسائر الناتجة عن عملية القطع،
- عمليات الشحن: على مستوى الطائرات، الشاحنات، السفن وغيرها،
- تحضير حقيبة الظهر لرحلة التخييم أو حقيبة الجنود في الحرب.

النموذج الرياضي لمسألة حقيبة الظهر

يمكن التعبير رياضيا عن المسألة كما يلي، لدينا:

- حقيبة ظهر واحدة طاقتها الاستيعابية C،
- مجموعة من العناصر n كل عنصر لديه قيمة p_j ووزن w_j،
- عدد الوحدات التي نختارها من j هي x_j.

حيث أن المطلوب هو ملأ الحقيبة من العناصر الأكبر قيمة في حدود الطاقة الاستيعابية لها مع عدم ملأ أكثر من وحدة من نفس العنصر وعدم ملأ جزء من وحدة واحدة.

وهذا بهدف تحقيق أعظم منفعة ممكنة لـ Z وفق النموذج أدناه:

$$max\ z = \sum_{j=1}^{n} p_j x_j$$

$$s.to \quad \sum_{J=1}^{n} w_j x_j \leq C$$

$$x_{ij} = 0 \text{ او } 1 \quad / \quad j = 1, \dots, n$$

$$x_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{اذا تم وضع وحدة من } j \text{ في الحقيبة} \\ 0 & \text{خلاف ذلك} \end{cases}$$

المطلب الثالث: المسائل المعقدة للبرمجة الخطية بأعداد صحيحة

تبرز هذه المسائل في الواقع العملي مثل تخطيط الإنتاج و جدولة الموارد او إدارة سلاسل الامداد، نهدف من خلال هذا المطلب الى محاولة توضيح بنية هذه النماذج المعقدة و عرض أهمها.

1. مسألة البائع المتجول

1.1. وصف المسألة

تتطلب الصياغة الرياضية لنموذج مسألة البائع المتجول وجود ثلاث عناصر وهي (اوهيبة، 2020، الصفحات 347-348):

1. دالة الهدف التي تبين الهدف الذي نرغب في تحقيقه سواء كان الوصول إلى أدني قيمة لتكاليف السفر، اقل مسافة ممكنة أو غيرها من المقاييس،
2. تحديد مجموعة من القيود التي يجب تطبيقها لضمان زيارة واحدة فقط لكل مدينة وتعريفها من خلال معادلات تضمن عدم التكرار،
3. شرط دارة هاملتون (Hamilton circuit) الذي يشير أن الحل المتكون يجب أن يكون مسارا متكاملا، حيث يبدأ وينتهي في نفس المدينة، عن طريق التأكد من أن كل المدن تمت زيارتها في المسار دون تجاوز أو إغفال أي منها.

إن حل نماذج البائع المتجول الصغيرة يعني البحث بين المسارات المختلفة لتحديد المسار الأقصر من خلال توليد جميع المسارات الممكنة وذلك بأخذ التباديل لـ !(n-1) مدينة مختلفة، ومن ثم البحث بين المسارات المختلفة لتحديد المسار الأقصر، أما في حالة النماذج الكبيرة لمسألة البائع المتجول فانه يوجد عدد هائل من المسارات الممكنة على سبيل المثال في حالة 10 مدن يوجد 362880 مسار وبالتالي يصبح من الضروري اللجوء إلى خوارزميات تساعد توفير الجهد والوقت لإيجاد حلول مثلى (الخوارزميات الدقيقة) أو قريبة من الحل الأمثل (الخوارزميات الاستدلالية).

2.1. النموذج الرياضي

تتلخص مسألة البائع المتجول في أن شخص (بائع مثلا) يرغب في زيارة n مدينة مختلفة ابتداء من مدينته(مسقط راسه) بحيث يزور كل من هذه المدن مرة واحدة فقط ليعود أخيرا إلى بيته (مدينته التي بدأ منها) بأقصر طريق ممكنة ، سنرمز للمسافة بين المدينتين $(i،j)$، و هي مسافة معلومة بالرمز c_{ij} فإذا كانت المسافة المقطوعة بين المدينتين $(i،j)$ تساوي المسافة المقطوعة بين $(j،i)$ اي اذا كان $c_{ij=}c_{ji}$ قلنا عن المسألة أنها متناظرة (symmetric) و الا قلنا عنها أنها غير متناظرة (Asymmetric) و عندما يتعذر الذهاب من المدينة i الى المدينة j جاز لنا ان نضع c_{ij} مساوية لقيمة كبيرة جدا او نحذف المتغيرات المقابلة من النموذج الرياضي للمسألة ، و في جميع الحالات تصبح المسألة هي ايجاد الطريق المثلى التي تجعل مجموع المسافات التي يقطعها البائع المتجول بين المدن (ابتداء من مدينته و العودة إليها) اقل ما يمكن (البلخي و تاج، البرمجة العددية نماذج وطرق الحل، 2011، صفحة 75).

مسألة البائع المتجول غير المتناظرة أي $c_{ij} \neq c_{ji}$

$$x_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{اذا تم استخدام الطريق من المدينة } i \text{ الى المدينة } j \text{ في الجولة} \\ 0 & \text{خلاف ذلك} \end{cases}$$

يصبح نموذج المبدئي للمسألة الغير المتناظرة يشبه نماذج التخصيص كما يلي:

حيث:

- دالة الهدف: تدنية مجموع المسافات المقطوعة

$$min\ z = \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} c_{ij}x_{ij}$$

- تضمن هذه القيود أن البائع سيمر في كل مدينة مرة واحدة فقط

$$\sum_{i=1}^{n} x_{ij} = 1 \quad (j = 1, \dots, n)$$

- تضمن هذه القيود أن البائع سيغادر كل مدينة مرة واحدة فقط

$$\sum_{j=1}^{n} x_{ij} = 1 \quad (i = 1, \dots, n)$$

$$x_{ij} = 0 \text{ او } 1 \quad , \quad i = 1, \dots, n;\ j = 1, \dots, n$$

سمي النموذج بالمبدئي لعدم ضمان الارتباط بين العقد، مما يؤدي إلى حلول على شكل جولة جزئية والتي نعني بها بأنها مجموعة من العقد (المدن) التي تبدأ وتنتهي بنفس العقدة ولكنها لا تمر الا بمجموعة جزئية من الـ n عقدة.

مسألة البائع المتجول غير المتناظرة أي $c_{ij} \neq c_{ji}$

أن معظم الصياغات المتعلقة بالحالة المتناظرة تفترض أن $i < j$ وتعرف متغيرات القرار على الشكل (البلخي و تاج، البرمجة العددية نماذج وطرق الحل، 2011، الصفحات 183-184):

$$x_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{اذا احتوت الجولة على ضلع يربط } i \text{ بـ } j \\ 0 & \text{خلاف ذلك} \end{cases}$$

نؤكد ثانية أن المتغيرات x_{ij} مقصورة فقط من اجل $i < j$ ، وكما نلاحظ فان هذا الاقتصار هو اقتصار ملائم لأنه يجنبنا التكرار الذي يمكن أن يقع للسبب التالي: إن وجود ضلع يصل بين المدينة i والمدينة j يعني ضمنيا وجوده بين j و i وللضلعين نفس التكلفة، وبذلك يكون النموذج الرياضي للمسألة المتناظرة لنموذج برمجة خطية عددية كما يلي:

حيث:

- دالة الهدف: تدنية مجموع المسافات المقطوعة من طرف البائع المتجول

$$\min z = \sum_{i=1} \sum_{j>i} c_{ij} x_{ij}$$

- لجميع قيم i

$$\sum_{j<i} x_{ji} + \sum_{j>i} x_{ij} = 2$$

- لجميع المجموعات الجزئية الحقيقية S حيث $|S| \geq 3$

$$\sum_{i \in S} \sum_{j \notin S, j>i} x_{ij} + \sum_{i \notin S} \sum_{i \in S, j>i} x_{ij} \geq 2$$

$$x_{ij} = 0 \text{ او } 1 \quad , i,j; i < j \text{ قيم}$$

مجموعة القيود الأولى تبين أن قيم اثنين بالضبط من المتغيراتx_{ij} المتعلقة في مدينة ما i يمكن أن تكون مساوية للواحد في أي حل ممكن للمسألة، أحدهما ينتج من ربط المدينة i بالمدينة التي تسبقها في جولة ممكنة (حل ممكن) والاخرى تنتج من ربط المدينة i بالمدينة التي تليها في هذه الجولة.

مجموعة القيود الثانية من القيود تضمن عملية التخلص من الجولات الجزئية حيث تؤدي هذه القيود إلى وجوب احتواء أي جولة على نقاط من S ونقاط من خارج S مرتين على الاقل.

2. مسألة توجيه المركبات المعممة Generalized vehicle routing problem (GVRP)

يعتبر Dantzig وRamser أول من طرح ما يعرف بـ"مشكلة إرسال الشاحنات"، سنة 1959 حيث قدما نموذجا لكيفية قيام أسطول من الشاحنات المتجانسة بخدمة الطلب على النفط لعدد من محطات الوقود من مستودع مركزي و في اقصر مسافة ممكنة، وبعد خمس سنوات قام Clarke و Wright سنة 1964 بتعميم هذه المشكلة على مشكلات الأمثلية الخطية، تستخدم بشكل كبير في مجال الخدمات اللوجستية والنقل: أي كيفية خدمة مجموعة من العملاء الموزعين جغرافيا حول المستودع المركزي باستخدام أسطول من الشاحنات ذات القدرات المختلفة، حاليا أصبح هذا يعرف باسم "مشكلة توجيه المركبات" (VRP)، وهي واحدة من أكثر المواضيع التي تمت دراستها على نطاق واسع في مجال بحوث العمليات (Braekers, Ramaekers, & Van Nieuwenhuyse, 2016, p. 300).

يمكن صياغة النموذج الرياضي على شكل نموذج برمجة خطية بأعداد صحيحة كما يلي (KARA & BEKTAS, 2003, pp. 06-10):

لدينا:

$G = (V, A)$: بيان موجه و $V = \{0, 1, 2, \dots, n\}$ مجموعة من القمم و $A = \{(i,j): i,j \in V, i \neq j\}$ مجموعة من الأقواس، لنفترض أن $|V| = n + 1$ تمثل العقدة 0 المستودع والعقد المتبقية n العملاء المتفرقين جغرافيا أي إلى مجموعات فرعية (مستودعات فرعية) شاملة وغير فارغة $V_0, V_1, \dots, V_k$ تمثل كل منها مجموعة من العملاء حيث V_0 هو المصدر (المستودع)

متغيرات القرار :

$$x_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{اذا كان القوس } (i,j) \text{ في الجولة}; \quad i\epsilon V_p, j\epsilon V_l, \qquad p \neq l, \;\; p,l = 1,2 \dots, k \\ 0 & \text{خلاف ذلك} \end{cases}$$

y_{pl} : التدفق من المجموعة p إلى المجموعة l حيث $\forall p \neq l$ و $p,l = 1, \dots, k$

u_p: حمولة المركبة فور مغادرتها المجموعة p (حالة الجمع) أو الكمية التي تم تفريغها من المركبة مباشرة بعد مغادرة المجموعة p (حالة التسليم)، حيث $p = 1, \dots, k$

ولدينا أيضا المعلمات:

c_{ij} : تكلفة التنقل من العقدة i إلى العقدة j حيث $i \neq j$

$$i\epsilon V_p, j\epsilon V_l, \;\; p \neq l, \;\; p,l = 1,2 \dots, k \text{ و}$$

d_i : الطلب من العميل i حيث $i = 1, 2, \dots, n$

q_l : الطلب من المجموعة l حيث:

$$q_l = \sum_{i\epsilon V_l} d_i, \;\; l = 1,2, \dots, k$$

m : عدد المركبات (الجولات)

Q : سعة كل مركبة

K : الحد الأدنى للحمولة لكل مركبة عند عودتها إلى نقطة المصدر (في حالة الجمع) أو الحد الأدنى لحمولة البداية للمركبة قبل بدء رحلتها مباشرة (في حالة التسليم)

القيود:

لكل مجموعة باستثناء V_0 أن يكون هناك قوس واحد صادر إلى أي عقدة أخرى تنتمي إلى مجموعات أخرى، كما توضحه القيود التالية:

$$\sum_{i\in V_l}\sum_{j\in V\setminus V_l} x_{ij} = 1, \quad l = 1,2,\dots,k \qquad (01)$$

لا يمكن أن يكون هناك سوى قوس وارد (مدخل) واحد إلى المجموعة من أي عقدة أخرى تنتمي إلى مجموعات أخرى، باستثناء V_0 ، كما توضحه القيود التالية:

$$\sum_{i\in V\setminus V_l}\sum_{j\in V_l} x_{ij} = 1, \quad l = 1,2,\dots,k \qquad (02)$$

يجب أن يكون هناك m قوس مغادر وm قوس داخل المدينة الأصلية (المصدر)، كما يلي:

$$\sum_{i=1}^{n} x_{0i} = m \qquad (03)$$

$$\sum_{i=1}^{n} x_{i0} = m \qquad (04)$$

يجب أن تكون عقد الدخول والخروج هي نفسها لكل مجموعة، كما يلي:

$$\sum_{i\in V\setminus V_l} x_{ij} = \sum_{x_{ij}} x_{ji} \quad j \in V_l, l = 1,2,\dots,k \qquad (05)$$

التدفقات من المجموعة p إلى المجموعة l هي y_{pl} وبالتالي يجب ان يكون y_{pl} مساو لمجموع x_{ij} من V_p إلى V_l، أي:

$$y_{pl} = \sum_{i\in V_p}\sum_{j\in V_l} x_{ij} \quad p \neq l, p, l = 0,1,2,\dots,k \qquad (06)$$

نلاحظ أن y_{pl} يكون تلقائيا 0 أو 1 وفق ما تفرضه القيود السابقة (01)، (02)، (03) و (04).

الحد الأقصى لحمولة للمركبة و/أو الحد الأدنى للحمولة العائدة إلى المصدر في حالة التجميع موضح بالقيود التالية:

$$u_p + (Q - \bar{q}_p - q_p)y_{0p} - \bar{q}_p y_{0p} \leq Q - \bar{q}_p, \qquad p = 1,2,\dots,k \qquad (07)$$

$$u_p + \bar{q}_p y_{0p} + (q_p + \bar{q}_p - K)y_{p0} \geq q_p - \bar{q}_p, \qquad p = 1,2,\dots,k \qquad (08)$$

$$y_{0p} + y_{p0} \leq 1, \qquad p = 1,2,\dots,k \qquad (09)$$

حيث: $\forall p, \bar{q}_p = \min l \quad l \neq p\{ q_l\} \quad and \quad Q \geq K \geq q_p + \bar{q}_p$ أي (07)، (08) و (09) تمثل عدم مساواة صحيحة لكل من حالات الجمع والتسليم، وإذا لم يكن هناك أي قيود على حمولة البداية أو النهاية للمركبة، القيد (8) يصبح كما يلي:

$$u_p + \bar{q}_p y_{0p} \geq q_p - \bar{q}_p, \qquad p = 1,2, \dots, k \qquad (10)$$

بالإضافة إلى ذلك، إذا تم السماح بزيارة عميل واحد، فسيتم حذف القيد (9).

الاتصال بين المجموعات على الطريق يوضح من خلا القيد التالي:

$$u_p + u_l + Q y_{pl} + \big(\mathrm{Q} + q_p - q_l \big) y_{lp} \leq Q - q_l, \quad p \neq l, \quad p = 1,2, \dots, k \quad (11)$$

أين: $Q \geq q_p + q_{l,} \quad \forall l \neq p$

قيود عدم السلبية:

$$x_{ij} = 0 \; or \; 1, \quad \forall \; (i,j)$$

$$u_p \geq 0 \, , \quad \forall \; p)$$

$$y_{pl} \geq 0 \, , \quad \forall \, (p,l)$$

دالة الهدف:

يهدف النموذج لتحديد التكاليف الدنيا الإجمالية للجولات التي تلبي جميع طلبيات العملاء كما يلي:

$$min \sum_i \sum_j c_{ij} x_{ij}$$

3. مسألة تصميم نظام توزيع سلع متعددة multi-commodity distribution system design problem

تقوم هذه المسألة على المعلومات التالية، لدينا (البلخي و تاج، البرمجة العددية نماذج وطرق الحل، 2011، الصفحات 206-208):

n : مراكز الإنتاج أو المصانع هي $j = 1,2, \dots, \mathrm{n}$، تقوم بإنتاج q من السلع المختلفة وهي $i = 1,2, \dots, q$، بحيث أن المصنع j يقوم بإنتاج s_{ij} وحدة من السلعة i .

ولدينا كذاك:

m : عدد من الزبائن $l = 1,2,\dots,\mathrm{m}$ الذين يطلبون هذه السلع بحيث أن الطلب على السلعة i من قبل الزبون l هو D_{il}.

يتم توزيع هذه السلع على الزبائن خلال P من مراكز التوزيع $k = 1,2,\dots,\mathrm{P}$.

ومعلوم لدينا أيضا:

$\boldsymbol{L_k, U_k}$: اقل وأكبر قدر ممكن من البضاعة التي تسمح بتوزيعها سنويا من خلال المركز k،

$\boldsymbol{f_k}$: التكلفة لسنوية (الثابتة) لتشغيل المركز $\boldsymbol{k}$،

$\boldsymbol{v_k}$: تكلفة توزيع وحدة من السلعة من خلال المركز $\boldsymbol{k}$،

$\boldsymbol{C_{ijkl}}$: تكلفة انتاج وحدة من السلعة i في المصنع j وتوزيعها للزبون l من خلال المركز $\boldsymbol{k}$.

يمكن الهدف في هذه المسألة في اختيار مراكز التوزيع التي يتم من خلالها توزيع السلع على الزبائن بحيث يتم سد احتياجاتهم دون تجاوز الطاقة الإنتاجية للمصانع وبحيث تكون التكلفة الكلية الناتجة لمجمل العملية اقل ما يمكن.

ووفقا للفرضيات أعلاه فان متغيرات القرار لهذه المسألة ستكون كما يلي:

$\boldsymbol{x_{ijkl}}$: مقدار السلعةi من المصنع j والتي تصل للزبون l من خلال المركز $\boldsymbol{k}$.

$$y_{kl}\begin{cases}1 & \text{بتقديم خدمة للزبون } k \text{ اذا قام المركز } l \\ 0 & \text{عدا ذلك}\end{cases}$$

$$z_k\begin{cases}1 & \text{اذا تم افتتاح مركز توزيع في الموقع} k \\ 0 & \text{عدا ذلك}\end{cases}$$

والنموذج الرياضي لها هو:

$$\min Z = \sum_{i=1}^{q}\sum_{j=1}^{n}\sum_{k=1}^{p}\sum_{l=1}^{m} C_{ijkl}x_{ijkl} + \sum_{k=1}^{p} f_k\, z_k + \sum_{k=1}^{p}\sum_{i=1}^{q}\sum_{l=1}^{m} v_k\, D_{il} y_{kl}$$

دالة الهدف تمثل مجموع تكاليف توزيع السلع وتكاليف تشغيل المراكز.

وفقا للقيود:

- عدم تجاوز الطاقة الإنتاجية لكل مصنع ومن كل سلعة.

$$\sum_{k=1}^{p}\sum_{l=1}^{m} x_{ijkl} \leq S_{ij} \qquad \text{لجميع قيم } i,j$$

- ضمان تلبية حاجات الزبائن المختلفة وكذاك $x_{ijkl} = 0$ عندما $y_{kl} = 0$ والتي تعني انه لن تتم عملية خدمة الزبون l من المركز k .

$$\sum_{k=1}^{p} x_{ijkl} \leq D_{il} y_{kl} \qquad \text{لجميع قيم } i,k,j$$

- كل زبون تتم خدمته من مركز خدمة واحد فقط.

$$\sum_{k=1}^{p} y_{kl} = 1 \qquad l = 1,2,\dots,m$$

- ما سيتم توزيعه من السلع من خلال المركز k سيتراوح بين الحدين الأدنى L_k والأعلى U_k

$$L_k Z_k \leq \sum_{i=1}^{q}\sum_{l=1}^{m} D_{il} y_{kl} \leq U_k Z_k \qquad k = 1,2,\dots p$$

كما تضمن لنا هذه القيود العلاقة المنطقية بين المتغيرات y و Z حيث ان $Z_k = 1$ إذا وفقط إذا كان $y_{kl} = 1$ لبعض قيم l .

$$x_{ijkl} \geq 0 \qquad \text{لجميع قيم } i,j,k,l$$

$$x_{kl} = 1 \text{ او } 0 \qquad \text{لجميع قيم } k,l$$

$$Z_k = 1 \text{ او } 0 \qquad k = 1,2,\dots,p$$

كما نلاحظ أن النموذج السابق هو نموذج برمجة خطية بأعداد صحيحة المختلطة.

المبحث الثالث: خوارزميات حل مسائل البرمجة الخطية بأعداد صحيحة

تعد مسائل البرمجة الخطية بأعداد صحيحة من المسائل الصعبة رياضيا حيث لا تضمن الطرق التقليدية كالسمبلكس الحصول على نتائج صحيحة لذا طورت خوارزميات خاصة تتعامل مع الطبيعة المنفصلة للمتغيرات.

المطلب الأول: الخوارزميات الدقيقة

وهي مجموعة الإجراءات الرياضية التي والمنطقية المصممة لإيجاد الحل الأمثل المطلق لمسألة ما:

- تتميز بالدقة المطلقة وضمان جودة الحل،
- من عيوبها انها تستهلك وقت طويل جدا في المسائل الكبيرة مما يجعلها غير عملية في اتخاذ القرارات التي تتطلب السرعة.

تتمثل اهم الخوارزميات في:

1. طريقة التفريع والتحديد

وهي طريقة تستخدم لحل جميع مسائل البرمجة الخطية بالأعداد الصحيحة حيث:

لدينا برنامج الأعداد الصحيحة التالي:

$$(L.P\ 1)\quad max\ z = \sum_{j=1}^{n} c_j x_j \qquad (1)$$

$$s.to \qquad \sum_{J=1}^{n} a_{ji} x_j \leq \left(\text{أو } \geq \text{أو } =\right)\ b \qquad (j = 1, \dots, m) \qquad (2)$$

$$\mathbf{x_{ij}} \quad integer \qquad (3)$$

$$x_{ij} \geq 0 \qquad i = 1, \dots, n \qquad (4)$$

بالاعتماد على نموذج البرمجة الخطية بأعداد صحيحة نوضح هذه الطريقة كما يلي (عبد الفتاح، 2006، الصفحات 147-151):

التفريع

أولا نقوم بحل مسألة البرمجة الخطية بأعداد صحيحة الأصلية كمسألة برمجة خطية باستخدام احدى الطرق التتابعية simplex المناسبة مع عدم الأخذ بعين الاعتبار قيد الأعداد الصحيحة.

فإذا كان الحل يحقق جميع قيود النموذج الأصلي بما فيها قيد الأعداد الصحيحة فيكون هذا حل أمثل ونهائي للبرنامج الأصلي فنثبت الحل، وإذا احتوى الحل على متغير غير صحيح وليكن، نفرض أن هذا المتغير يقع ضمن حدين أدني واعلى وهما:

$$L_i \leq X_i^* \leq U_i \ , \qquad (1,2,\dots,p) \qquad (5)$$

حيث: U_i : العدد الصحيح الأكبر مباشرة من X_i^*

L_i : العدد الصحيح الأصغر مباشرة من X_i^*

P: عدد متغيرات القرار المثلى.

مما يولد لدينا قيدين جديدين وهما:

$$\boldsymbol{X_i^* \geq U_i \ , \qquad (1,2,\dots,p) \qquad (6)}$$

$$\boldsymbol{X_i^* \leq L_i \ , \qquad (1,2,\dots,p) \qquad (7)}$$

ثم نقوم بتقسيم المسألة الأصلية إلى مسألتين فرعيتين وبإضافة القيد (6) إلى البرنامج الأصلي نحصل على برنامج أعداد صحيحة ثاني(L.P2) ، وبإضافة القيد (7) إلى البرنامج الأصلي أيضا نحصل على برنامج أعداد صحيحة ثالث(L.P3) كما يوضحه النموذجين أدناه:

$$\boldsymbol{(L.P2) \qquad max\ z = \sum_{j=1}^{n} c_j x_j}$$

$$\boldsymbol{s.to \qquad \sum_{J=1}^{n} a_{ji} x_j \leq \left(\text{أو } \geq \text{ أو } =\right) \ b}$$

$$\boldsymbol{X_i^* \leq L_i}$$

$$\boldsymbol{x_{ij} \geq 0}$$

$$\boldsymbol{(L.P3) \qquad max\ z = \sum_{j=1}^{n} c_j x_j}$$

$$\boldsymbol{s.to \qquad \sum_{J=1}^{n} a_{ji} x_j \leq \left(\text{أو } \geq \text{ أو } =\right) \ b}$$

$$\boldsymbol{X_i^* \leq L_i}$$

$$\boldsymbol{x_{ij} \geq 0}$$

وهذا ما يعرف بعملية " التفريع"، والتي تعمل على تقليص منطقة الحلول الممكنة من خلال حذف الحل الحالي للأعداد غير الصحيحة لـ X_i مع المحافظة على كل حلول الأعداد الصحيحة الممكنة للبرنامج الأصلي.

ثم نبحث عن الحل الأمثل للنموذجين الجديد ($L.P2$) و ($L.P3$) مع إهمال قيد الأعداد الصحيحة، فإذا كان أحد هذين الحلين يحقق جميع قيود النموذج الأصلي بما فيها قيد الأعداد الصحيحة ويعطي قيمة أكبر لدالة الهدف من الحل الآخر وذلك في حالة تعظيم دالة الهدف (أو قيمة أصغر في حالة تصغير وتدنية دالة الهدف) في هذه الحالة يعتبر الحل أمثل ونهائي للنموذج الأصلي، حيث تنتهي عملية التفريع، وفي الحالة الأخرى، تستمر عملية التفريع بنفس الأسلوب المذكور.

في حالة أكثر من برنامج يمكن تفريعه، يتم اختيار البرنامج الذي حقق أكبر قيمة لدالة الهدف وذلك في حالة التعظيم، والبرنامج الذي حقق أصغر قيمة لدالة الهدف وذلك في حالة التدنية، يتم بناء القيدين الإضافيين (6)، (7) في كل مرة لكل متغير غير صحيح ويتم أضافتهما إلى البرنامج الحالي واحدا في كل مرة للحصول على برنامجين فرعيين جديدين.

إذا كان البرنامج الحالي يحتوي على أكثر من متغير واحد غير صحيح (ويطلب أن يكون عددا صحيحا)، يتم فرض القيدين الإضافيين الجديدين على المتغير الذي غالبا ما يكون عددا صحيحا، بمعنى أن المتغير الذي يقترب جزء الكسر فيه من 0.5، أما في حالة تساوي الجزء الكسري، يتم اختيار المتغير عشوائيا.

التحديد

بفرض أن دالة الهدف هي في حالة تعظيم، فان التفريع يستمر حتى الحصول على حل البرنامج الأول (الذي يكون حل أعداد صحيحة) وتصبح قيمة دالة الهدف للبرنامج الأول هي الحد الأدنى للبرنامج، وكل البرامج التي تؤدي حلولها الأولى سواء كانت أعداد صحيحة أم لا إلى قيم لدالة الهدف أصغر من الحد الأدنى تلغى.

وتستمر عملية التفريع من البرامج التي لها حل أعداد غير صحيحة والتي تعطي قيما لدالة الهدف أكبر من الحد الأدنى.

ويستمر الحد الأدنى الحالي كحد أدنى لتفريع جديد إذا لم يعط هذا التفرع حل أعداد صحيحة ذا قيمة أكبر لدالة الهدف، أم إذا ظهر حل أعداد صحيحة جديد ذا قيمة أكبر لدالة الهدف فيعتبر كحد أدنى جديد ويلغى بالتالي النموذج الذي نتج عنه الحد الأدنى القديم، وكذلك جميع النماذج التي تعطي حلا ذا قيمة لدالة الهدف أصغر من الحد الأدنى الجديد.

وتستمر عملية التفريع إلى أن تختفي النماذج التي لها حل بأعداد غير صحيحة وفي هذه الحالة فإن حل الحد الأدنى الحالي هو الحل الأمثل للبرنامج.

أما في حالة تدنية دالة الهدف يتم تطبيق نفس الطريقة، ماعدا أن الحد الأعلى يستخدم، لذلك فإن قيمة دالة الهدف تصبح حدا أعلى للبرنامج، وتلغى كل البرامج التي تؤدي إلى قيم لدالة الهدف أكبر من الحد الأعلى.

2. طريقة قطع المستوي

تم تطوير الطرق أو الخوارزميات الخاصة لحل جميع مسائل برمجة الأعداد الصحيحة لأول مرة من قبل العالم R.E GOMORY سنة 1956، ثم فيما بعد قام بتوسيع طريقة التعامل مع الحالات الأكثر تعقيدا لمشكلات البرمجة الخطية ذات الأعداد الصحيحة المختلطة، وتعرف هذه الطريقة باسم طريقة غوموري لقطع المستوى نسبة إلى اسمه، والتي تعمل على إضافة قيود إلى نموذج البرمجة الخطية بأعداد صحيحة لإزالة الحلول ذات المتغيرات غير الصحيحة (Kalavathy, Operations research, 2013, p. 182).

في هذه الطريقة علينا أولا إيجاد الحل الأمثل لمسألة البرمجة الخطية الصحيحة من خلال الطريقة التتابعية SIPMLEX مع تجاهل شرط قيد القم الصحيحة للمتغيرات، حيث أنه:

- إذا كانت جميع المتغيرات في الحل الأمثل التي تم الحصول عليها لها قيم صحيحة فإن هذا الحل هو الحل الصحيح الأمثل المطلوب،
- إذا لم يكن الأمر كذلك، فإن مسألة البرمجة الخطية المدروسة تتطلب تعديلات عن طريق تقديم قيد ثانوي (يسمى قيد Gomory) الذي يقلص بعض القيم غير الصحيحة للمتغيرات إلى قيم صحيحة ولكنه لا يزيل أي أعداد صحيحة ممكنة،
- ثم إيجاد الحل الأمثل لمشكلة البرمجة الخطية المعدلة باستخدام طريقة SIMPLEX الثانوية، إذا كانت جميع المتغيرات في هذا الحل أعدادا صحيحة فان هذا هو الحل الصحيح الأمثل. وبخلاف ذلك تتم إضافة قيد آخر إلى مسألة البرمجة الخطية، ويتم تكرار الإجراء بأكمله.

طريقة حالة مسألة البرمجة الخطية بأعداد صحيحة الصرفة

والتي يمكن تلخيصها في الخطوات التالية (Bhunia, Laxminarayan, & Shaikh, 2019, pp. 172-173):

خطوة1: وضع مشكلة البرمجة الخطية المعطاة في شكلها القياسية عن طريق تحويل مشكلة التدنية إلى مشكلة تعظيم (إذا لزم الأمر) وإدخال متغيرات الفجوة و/أو الفائض مع إعادة تعديل الدالة الهدف.

خطوة 2: إيجاد الحل الأمثل باستخدام الطريقة SIMPLEX، مع تجاهل قيد العدد الصحيح.

خطوة 3: اختبار الحل الأمثل:

- إذا كان الحل الأمثل يحتوي على قيم الأعداد الصحيحة في كل المتغيرات، فقد تم التوصل إلى الحل الأمثل. فنتوقف هنا.
- إذا لم يكن الأمر كذلك، ننتقل إلى الخطوة 4.

خطوة 4: فحص قيم المتغيرات الأساسية التي تعطي قيما كسرية والتعبير عن ذلك كمجموع عدد صحيح وجزء كسري مناسب. ثم نحدد أكبر قيمة كسرية للمتغيرات الأساسية، أي:

إيجاد قيم $\max\{f_{B_i}\}$ فيكون f_{B_k} حيث $i = k$

خطوة 5: التعبير عن كل كسر من الكسور السالبة إن وجدت، في الصف k من جدول simplex الأمثل كمجموع عدد صحيح سالب وجزء كسري غير سالب.

خطوة 6: توليد قيد قطع المستوي (قيد غوموري)

$$\sum_{j=1}^{n} f_{K_j} x_j \geq f_{B_k}$$

أو: $-\sum_{j=1}^{n} f_{K_j} x_j + G_1 = -f_{B_k}$

أين: $0 \leq f_{K_j} < 1$ و $0 < f_{B_k} < 1$

و G_1 هو متغير غوموري الراكد.

خطوة 7: نضيف قيد غوموري gomory الذي تم توليده في الخطوة 6 إلى جدول simplex الأمثل، وباستخدام طريقة simplex الثانوية نبحث على الحل الأمثل المحسن. ثم ننتقل إلى الخطوة 3.

طريقة إيجاد قيد جوموري

لدينا الحل الأمثل غير الصحيح لمشكلة البرمجة الخطية المحصول عليه. يظهر هذا الحل من خلال جدول simplex التالي:

الجدول رقم: (4.2): يمثل جدول الحل الأمثل بطريقة simplex

C_B	B	x_B	$y_1(B_1)$	$y_2(B_2)$	...	$y_i(B_i)$	...	$y_m(B_m)$	y_{m+1}	...	y_n	
C_{B_1}	B_1	x_{B_1}	1	0	...	0	...	0	$y_{1,m+1}$	...	$y_{1,n}$	
C_{B_2}	B_2	x_{B_2}	0	1	...	0	...	0	$y_{2,m+1}$	...	$y_{2,n}$	
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮		⋮		⋮	⋮		⋮	
C_{B_i}	B_i	x_{B_i}	0	0	...	1	...	0	$y_{i,m+1}$	...	$y_{i,n}$	
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮		⋮		⋮	⋮		⋮	
C_{B_m}	B_m	x_{B_m}	0	0	...	0	...	1	$y_{m,m+1}$	...	$y_{m,n}$	
$z =< C_B^T, x_B >$			0	0	...	0	...	0	Δ_{m+1}		Δ_n	$\leftarrow \Delta_j$

المصدر: (Bhunia, Laxminarayan, & Shaikh, 2019, p. 173)

المتغيرات $x_{B_i}(i = 1, 2, \dots, m)$ تمثل المتغيرات الاساسية و $(x_{m+1}, x_{m+2}, \dots x_n)$ هي متغيرات غير أساسية، وبافتراض قيمة غير صحيحة للمتغير x_{B_i} نجد:

$$x_i + \sum_{j=m+1}^{n} y_{ij}\, x_j = x_{Bi}$$

الآن وبافتراض: $x_{B_i} = I_{B_i} + f_{B_i}$ و $y_{ij} = I_{ij} + f_{ij}$

حيث: I_{B_i} أكبر قيمة صحيحة اقل أو تساوي x_{B_i}

I_{ij} أكبر قيمة صحيحة اقل أو تساوي y_{ij}

و: f_{B_i} قيمة موجبة تماما $0 < f_{B_i} < 1$

f_{ij} قيمة غير سلبية أي $0 \leq f_{ij} < 1$

بتعويض المعادلتين الجديدتين في المعادلة السابقة نجد:

$$x_i + \sum_{j=m+1}^{n} I_{ij}\, x_j + \sum_{j=m+1}^{n} f_{ij}\, x_j = I_{B_i} + f_{B_i}$$

ولكي تكون كل المتغيرات x_i و x_j ذات قيم عددية صحيحة يجب ان يكون الطرفين الأيمن والأيسر صحيحين، وبالتالي نقوم بما يلي:

$$\sum_{j=m+1}^{n} f_{ij}\, x_j \geq f_{B_i}$$

$$\sum_{j=m+1}^{n} f_{ij}\, x_j - f_{B_i} \geq 0$$

$$-\sum_{j=m+1}^{n} f_{ij}\, x_j + f_{B_i} \leq 0$$

وهذا ما يعرف بقيد غوموري.

حالة مسألة البرمجة الخطية بأعداد صحيحة المختلطة

تختلف هذه الطريقة عن سابقتها (البرمجة الخطية بأعداد صحيحة الصرفة) فقط في صيغة قيد قطع المستوى بسبب عدم تقيد بعض المتغيرات بقيد العدد الصحيح، وفيما يلي شرح طريق إيجاد الصيغة (Bhunia, Laxminarayan, & Shaikh, 2019, pp. 183-184):

لدينا مشكلة برمجة الأعداد الصحيحة المختلطة التالية:

$$max\ z = \sum_{j=1}^{n} c_j x_j$$

$$s.to \qquad \sum_{J=1}^{n} a_{ji} x_j = \ b_i \qquad (i = 1,2, \dots, m)$$

$$j \ = 1,2, \dots, n \qquad\qquad x_{ij} \geq 0$$

$$\mathrm{x_j} \ \text{ integer for } \mathrm{j} = 1, 2, \dots, \mathrm{k}(< \mathrm{n})$$

لنفترض أن المتغير الأساسي $\mathbf{x_j}$ له أكبر قيمة كسرية بين قيم جميع المتغيرات الأساسية الأخرى التي تقتصر على أخذ قيم صحيحة في الجدول البسيط الأمثل (الذي تم حلف مع تجاهل قيود الأعداد الصحيحة للمتغيرات). ومن ثم، من الجدول البسيط الأمثل، يمكن كتابة القيد r على النحو التالي:

$$x_{B_r} = \sum\nolimits_{j \in R} a_{rj} x_j$$

حيث **R** هي مجموعة المؤشرات المقابلة للمتغيرات غير الأساسية

ليكن: $\boldsymbol{x_{B_r} = [x_{B_r}] + f_r, \quad 0 < f_r < 1}$

و: $\boldsymbol{j^+ = \{j: a_{rj} \geq 0\},\ j^- = \{j: a_{rj} < 0\}}$

حيث: $\boldsymbol{j^-}$: المتغيرات غير الاساسية في الحل الأمثل والتي تحقق $\boldsymbol{a_{rj} < 0}$

$\boldsymbol{j^+}$: المتغيرات غير الأساسية في الحل الأمثل والتي تحقق $\boldsymbol{a_{rj} \geq 0}$

بالتالي يمكننا إعادة كتابة المعادلة السابقة كما يلي:

$$\boldsymbol{[x_{B_r}] + f_r = x_r + \sum_{j \in j^+} a_{rj} x_j + \sum_{j \in j^-} a_{rj} x_j}$$

$$\boldsymbol{\sum_{j \in j^+} a_{rj} x_j + \sum_{j \in j^-} a_{rj} x_j = [x_{B_r}] - x_r + f_r = I + f_r}$$

بحيث: $\boldsymbol{0 < f_r < 1}$ و I هي قيمة العدد الصحيح.

الجانب الأيسر من المعادلة الأخيرة يكون إما موجبا أو سالب وفق ما كان عليه $I + f_r$ إذا كان موجب فهو موجب أو سالب فهو سالب.

الحالة الأولى: إذا مان $I + f_r$ موجب

في هذه الحالة يجب أن يكون $I + f_r$ أكبر من أو يساوي f_r أي $I + f_r \geq f_r$

ومنه يكون لدينا:

$$\sum_{j \in j^+} a_{rj} x_j + \sum_{j \in j^-} a_{rj} x_j \geq f_r$$

حيث ما $j \in j^-$ ، تكون a_{rj} تكون غير موجبة و $x_j \geq 0$ ، ثم:

$$\sum_{j \in j^+} a_{rj} x_j \geq \sum_{j \in j^+} a_{rj} x_j + f_r \sum_{j \in j^-} a_{rj} x_j$$

$$\sum_{j \in j^+} a_{rj} x_j \geq f_r$$

الحالة الثانية: إذا كان $I + f_r$ سالب

في هذه الحالة $I + f_r$ ستكون اما $-1 + f_r$ أو $-2 + f_r$ أو $-3 + f_r$ أو ...

لذلك:

$$\sum_{j \in j^-} a_{rj} x_j \leq \sum_{j \in j^+} a_{rj} x_j + f_r \sum_{j \in j^-} a_{rj} x_j \leq -1 + f_r$$

$$\sum_{j \in j^-} a_{rj} x_j \leq -1 + f_r$$

$$\frac{1}{-1 + f_r} \sum_{j \in j^-} a_{rj} x_j \geq 1$$

$$\frac{f_r}{-1 + f_r} \sum_{j \in j^-} a_{rj} x_j \geq f_r$$

في كلتا الحالتين (الأولى والثانية)، يكون الجانب الأيسر من المتراجحات موجبًا وأكبر من أو يساوي f_r. وبالتالي، فإن أي حل ممكن لنموذج البرمجة الخطية بالأعداد الصحيحة المختلطة يجب أن يحقق المتراجحة التالية:

$$\sum_{j \in j^+} a_{rj} x_j + \frac{f_r}{-1 + f_r} \sum_{j \in j^-} a_{rj} x_j \geq f_r$$

هذه المتراجحة لا تحقق الحل الأمثل لنموذج البرمجة الخطية دون قيد العدد الصحيح لأنه بوضع $x_j = 0 \, , \forall j$ يصبح الجانب الايسر صفرا بينما الجانب الايمن موجبا.

وبإدخال المتغير الراكد غير السالب عليها نحصل على المعادلة التالية:

$$-\sum_{j\in j^{+}} a_{rj}x_j - \frac{f_r}{-1+f_r}\sum_{j\in j^{-}} a_{rj}x_j + G_1 = -f_r$$

حيث تمثل هذه المعادلة ما يعرف بقيد جوموري **gomory** أو قطع جوموري وهو المطلوب.

3. البرمجة الديناميكية

على الرغم من إمكانية صياغة مسألة المسارات المثلى على شكل نموذج برمجة خطية بأعداد صحيحة والحصول على الحل الأمثل بحل النموذج، الا انه يمكن الاستعانة كذلك بخوارزميات البرمجة الديناميكية لحل هذا النوع من المسائل.

حيث يمكن استخدامها كأسلوب لمعالجة مسائل المسارات المثلى عبر شبكة مثل مسائل النقل، مسألة حقيبة الظهر، مسألة البائع المتجول، مسائل التخصيص، مسألة أقصر مسار في شبكة ،... الخ عن طريق مبدأ الأمثلية لبيلمان الذي يستلزم إمكانية تقسيم المسألة (الشبكة) إلى مراحل مستقلة عن بعضها نسبيا، وفق ما يلي (مكيد، 2015، الصفحات 332-333):

خطوة1: تجزئة المسألة إلى مراحل مستقلة نسبيا، أن كان ذلك متاحا.

- يتم البدء في الحل بالمرحلة الأخيرة،
- تحديد نقاط الوصول في كل مرحلة ثم حساب التكلفة حتى هذه النقاط،
- تحديد نقاط الانطلاق،
- البحث عن جميع الطرق الممكنة التي تصل نقطة واحدة من نقاط الانطلاق إلى جميع نقاط الوصول، ثم اختيار أقل (أو أعظم) قيم الطرق المنطلقة من هذه المنطقة،
- تكرار نفس الخطوات مع بقية نقاط الانطلاق.

خطوة 2: تكرار نفس الخطوات مع المراحل الأخرى.

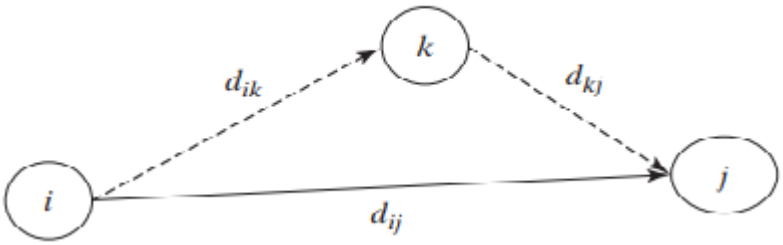
ونظرا لتعدد خوارزميات البرمجة الديناميكية (خوارزمية ديكيسترا، خوارزمية بيلمان، خوارزمية فورد ...الخ سوف نقتصر في توضيح الطريقة باستخدام خوارزمية فلويد كما يلي (Taha, 2017, pp. 258-259):

خوارزمية فلويد :FLOYD'S ALGORITHM

تعد خوارزمية فلويد أكثر عمومية من خوارزمية ديكسترا لأنها تحدد أقصر طريق بين أي عقدتين في الشبكة حيث تمثل الخوارزمية شبكة ذات n عقدة كمصفوفة مربعة تحتوي على n صف وn عمود

المدخل (i,j) للمصفوفة يعطي المسافة d_{ij} من العقدة i إلى العقدة j وهو محدود إذا كانت i مرتبطة مباشرة بـ j ، وغير محدود بخلاف ذلك.

الشكل (2.2): عملية فلويد الثلاثية Floyd's triple operation



المصدر : (Taha, 2017, p. 258)

بالنظر إلى ثلاث عقد i وj وk في الشكل مع مسافات الاتصال الموضحة على الأقواس الثلاثة، يكون الوصول إلى j من انطلاقا i مروراً بـ k أقصر إذا:

$$d_{ik} + d_{kj} < d_{ij}$$

في هذه الحالة من الأفضل استبدال المسار المباشر $i \to j$ بالمسار غير المباشر $i \to k \to j$

تطبق عملية تبادل الثلاثية هذه على مصفوفة المسافات باستخدام الخطوات التالية:

خطوة 0: تحديد مصفوفة مسافة البداية D_0 ومصفوفة تسلسل العقدة S_0 (جميع العناصر القطرية محظورة)، حيث $k = 1$:

$D_0 =$ مصفوفة البداية		1	2	...	j	...	n
	1	-	d_{12}	...	d_{1j}	...	d_{1n}
	2	d_{21}	-	...	d_{2j}	...	d_{2n}
	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
	I	d_{il}	d_{i2}	...	d_{ij}	...	d_{in}
	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
	N	d_{n1}	d_{n2}	...	d_{nj}	...	-

$S_0 =$ مصفوفة تسلسل العقد		1	2	...	j	...	n
	1	-	2	...	j	...	n
	2	1	-	...	j	...	n
	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
	i	1	2	...	j	...	n
	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
	n	1	2	...	j	...	-

الخطوة العامة k : تحديد الصف k والعمود k كصف محوري وعمود محوري، مع تطبيق العملية الثلاثية على كل عنصر d_{ij} في D_{k-1} لكل قيم i و j إذا تحققت الشروط:

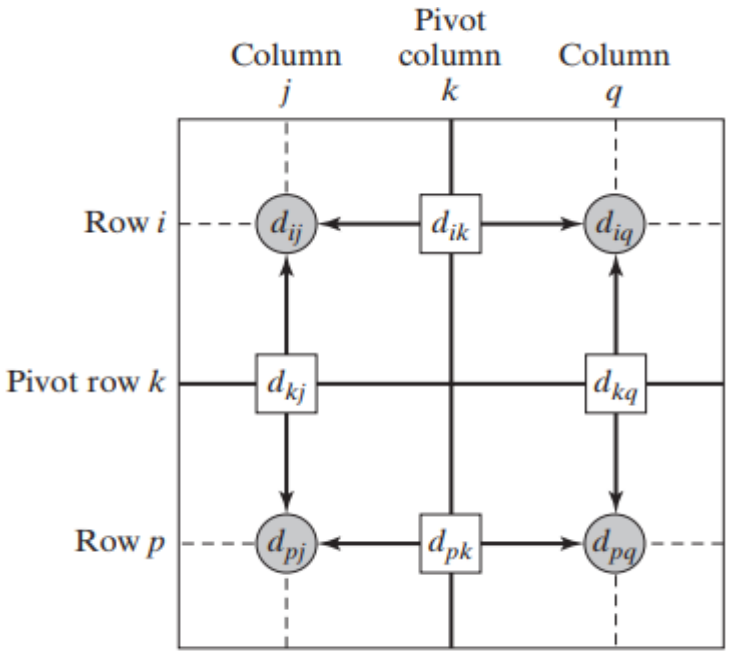
$$d_{ik} + d_{kj} < d_{ij}, i \neq k, j \neq k, and\ i \neq j)$$

بتحقق الشرط نقوم بالإجراءات التالية:

1) نقوم بإنشاء D_k عن طريق استبدال d_{ij} في D_{k-1} بـ $d_{ik} + d_{kj}$

2) نقوم بإنشاء S_k عن طريق استبدال s_{ij} في s_{k-1} بـ k ، ثم نضع $k = k + 1$ إذا كانت $k = n + 1$ نتوقف، وإلا نكرر الخطوة k.

الشكل رقم (3.2): تنفيذ العملية الثلاثية في مصفوفة



المصدر: (Taha, 2017, p. 259)

يمكن تفسير الخطوة k من الخوارزمية من خلال تمثيل D_{k-1} كما هو موضح في الشكل أعلاه هنا، يحدد الصف k والعمود k الصف والعمود المحوري الحالي، يمثل الصف i كل الصفوف 1،2،... و $k-1$، و يمثل العمود p كل الصفوف $k+1$،$k+1$ ، ... و n، أيضا يمثل العمود j كل الاعمدة 1، 2، ...، و $k-1$ و العمود q كل الاعمدة $k+1$،$k+1$ ، ... و n، و يمكن تطبيق العملية الثلاثية على النحو التالي: إذا كان مجموع العناصر الموجودة في الصف المحوري والعمود المحوري (الموضح بواسطة المربعات) أصغر من عنصر التقاطع المرتبط (الموضح بواسطة دائرة)، فمن الأمثل استبدال مسافة التقاطع بمجموع المسافات المحورية.

بعد n من الخطوات، يمكننا تحديد أقصر مسار بين العقدتين i و j من المصفوفات D_n و S_n باستخدام القواعد التالية:

1) من D_n، d_{ij} أقصر مسافة بين العقدتين i و j،

2) من S_n نحدد العقدة الوسيطية $k = s_{ij}$ التي تعطي المسار $i \to k \to j$ إذا كان $s_{ik} = k$ و $s_{kj} = j$ ، نتوقف إذا تم العثور على كافة العقد الوسيطة للمسار. بخلاف ذلك، نكرر الإجراء بين العقدتين i و k وبين العقدتين k و j.

المطلب الثاني: الخوارزميات التقريبية

وهي خوارزميات تهدف إلى الوصول إلى حلول قريبة من الحل الأمثل في وقت حسابي قصير جدا مقارنة بالخوارزميات الدقيقة حيث أنها لا تضمن الوصول إلى الحل الأمثل المطلق، تستخدم خاصة في المسائل الضخمة أو عندما نبحث عن الحل في وقت قصير جدا، يمكن تصنيفها الى:

1. الخوارزميات التقريبية الاستدلالية Heuristics

صممت هذه الخوارزميات لإيجاد حلول تقريبية جيدة للمسائل التوافقية الصعبة والمعقدة Combinatorial problems التي لا يمكن حلها بطريقة أخرى باستخدام خوارزميات الأمثلية المتاحة وهي تقنية بحث مباشرة تستخدم قواعد تجريبية فعالة لإيجاد حلول محسنة، تتميز في انها عادة ما تجد حلول جيدة وبسرعة، اما ما يعيب عليها ان جودة الحلول بالنسبة للحل الأمثل تظل بشكل عام غير معروفة.

إستندت الاستخدامات الأولى لهذه الخوارزمية التقريبية الاستدلالية على قاعدة البحث الجشع Greedy search و التي تفرض اجراء تحسين في قيمة دالة الهدف في كل خطوة بحث و ينتهي البحث عند الوصول الى حل امثل محلي Local Optimum حيث لا تكون هنالك إمكانية لإجراء المزيد من التحسينات.

حيث يمكن توضيح الأفكار الأساسية للاستدلال الجشع من خلال مسألة ذات متغير واحد ثم توسع الأفكار لتشمل مسائل متعددة المتغيرات كما يلي (Taha, 2017, p. 398):

لنعرف مسألة الأمثلية التالية ذات فضاء الحلول S كما يلي:

$$Minimize\ z = F(x),\ \ x \in S$$

تبدأ العملية التكرارية للخوارزمية التقريبية الجشعة من نقطة مقبولة عشوائيا، ثم تحاول الانتقال الى نقطة حل أفضل تقع في جوار Neighborhood نقطة الحل الحالية وبشكل أكثر تحديد في التكرار k

وعند نقطة الحل x_k، تقوم الخوارزمية بفحص جميع النقاط الممكنة في الجوار $N(x_k)$ بحثا عن أفضل حل، وينتهي البحث عندما لا يمكن تحقيق أي تحسينات إضافية.

يعد تعريف الجوار $N(x_k)$ عنصرا مهما في تصميم الخوارزمية الاستدلالية الجشعة، مثلا إذا كان x متغيرا صحيحا فإن:

$$N(x_k) = \{x_k - 1, x_k + 1\}$$

يمثل الجوار المباشر للنقطة x_k.

وبدلا من ذلك يمكن ان يتضمن الجوار الموسع نقاط حل مجاورة إضافية، فالتعريف الأول يتضمن عمليات بحث محلية أقل قد تؤثر سلبا على جودة الحل النهائي، اما التعريف الثاني (الجوار الموسع) فيتطلب عمليات بحث محلية أكثر ولكنه قد يؤدي الى تحسين جودة الحل.

2. الخوارزميات التقريبية فوق الاستدلالية Metaheuristics

وهي أساليب تستخدم لإيجاد حلول جيدة للمسائل الصعبة وتتميز بقدرتها على اكتشاف فضاء الحل بفعالية وتجنب الوقوع في الحلول المثلى المحلية والاقتراب من الحل الأمثل، من اهم الأساليب مايلي:

1.2.خوارزمية محاكاة التلدين Simulated Annealing

تم اقتراح الطريقة لأول مرة بواسطة Kirkpatrick وآخرون. سنة (1982) و Cerny سنة (1985).

Kirkpatrick وآخرون قاموا باستخدام محاكاة التلدين لأول مرة بنجاح لحل ما يعرف بمشكلة الزجاج المغزلي **"the Ising spin glass problem"**، في هذه المشكلة دالة التكلفة تساوي كمية الطاقة المغناطيسية في كل حالة. لاحقا، تم تطبيق محاكاة التلدين على العديد من مشاكل الأمثلية التوافقية حيث يكون القياس المادي أقل وضوحا (Eiselt & Sandblom, 2000, p. 236).

كما أنها مستوحاة من عملية فيزيائية تستخدم في علم المعادن، تتضمن هذه العملية تسخين المعدن إلى درجة حرارة عالية جدا ثم تبريده ببطء شديد، مما يؤدي إلى بعض التصلب للمعدن باستخدام أقل قدر من الطاقة، حيث تعمل هذه الطريقة على تكييف هذه العملية لحل مشكلات الأمثلية التي تمثل فيها حالة المعدن حلا معينا، ويكون توازنه الديناميكي الحراري هو قيمة دالة الهدف لهذا الحل، الانتقال من حالة المعدن إلى حالة أخرى يتوافق مع الانتقال من حل إلى حل مجاور.

يعتمد مبدأ هذه الطريقة على إجراء تكراري يبدأ بدرجة حرارة أولية عالية جدا (T) وحل أولي يمكن اختياره عشوائيا، والذي يولد عند كل تكرار حلا آخر عن طريق تعديل أولي للحل الحالي بطريقة عشوائية، مما يؤدي إلى تغير في طاقة النظام (ΔE) وبالتالي في دالة الهدف (HADRI, 2022, p. 32).

التلدين المحاكي يبتعد عن التواجد عند المستوى الأمثل المحلي باستخدام شرط الاحتمال الذي يقبل أو يرفض حركة أدنى (يتم قبول الحركة الغير أسوأ دائما). يتم شرح فكرة تحديد احتمالية القبول لخطوة البحث التالية بالطريقة التالية: بفرض مشكلة الأمثلية التالي: (Taha, 2017, p. 408):

$$\text{Max or min } z = F(s), \qquad s \varepsilon S$$

كلما زاد عدد التكرارات تسعى خوارزمية محاكاة التلدين إلى تحديد أكثر انتقائية لاستراتيجيات الحل باستخدام معامل قابلة للتعديل T يسمى معامل درجة الحرارة، والتي يتم تقليلها تدريجيا وفقا لجدول درجة الحرارة، عادة ما يتم تعريف عناصر الجدول I عن انه $\{T = T_i, i = 0, 1, \dots, I\}$، حيث ينطبق كل T_i على عدد محدد من تكرارات القبول المتتالية، و s_0 هي استراتيجية بداية البحث وعادة تحسب T_i كما يلي:

$$T_0 = r_0 F(s_0), 0 < r_0 < 1$$

$$\mathrm{T}_i = \mathrm{r}_i T_{i-1}, 0 < r_i < 1, i = 1, 2, \dots, I$$

تحديد s_a كإستراتيجية الحل المقبولة الأخيرة عند التكرار K ، واحتمال قبول استراتيجية الجوار للخطوة الموالية S_{K+1} تحسب كما يلي:

$$P\{accept\ S_{K+1}\ | S_{K+1}\ \epsilon\ N(S_K)\} = \begin{cases} 1\ if\ \ F(S_{K+1})\ is\ not\ worse\ than\ F(s_a) \\ e^{\frac{-|F(s_a)-S_{K+1})|}{T}} \qquad if\ otherwise \end{cases}$$

تنص الصيغة اعلاه ان خطوة البحث الموالية S_{K+1} يتم قبولها إذا لم تكن الخطوة $F(S_{K+1})$ اسوأ من الخطوة $F(s_a)$، وبخلاف ذلك $F(S_{K+1})$ هو الحل الأدنى، S_{K+1} ولا يتم قبوله الا إذا كان:

$$R_k \leq e^{\frac{-|F(s_a)-S_{K+1})|}{T}}$$

حيث R_k هو متغير عشوائي (0، 1)، إذا تم رفض S_{K+1} فستتم محاولة تنفيذ استراتيجية حل مختلفة تم اختيارها $N(s_a)$ ، حيث نلاحظ أن جدول درجة الحرارة يقلل من احتمالية القبول مع زيادة عدد التكرارات عن طريق جعل T_i أصغر تدريجيا.

2.2.طريقة البحث المحظور Tabu Search

طريقة البحث المحظور هي تقنية تم تطويرها من قبل جلوفر Glover سنة 1986 تهدف إلى حل مشكلات الأمثلية المنفصلة والتي يمكن استخدامها حتى في المشكلات المستمرة ، مستوحاة من عمل الذاكرة البشرية مع عملية تكرارية، وتستخدم هذه الطريقة مفهوم الذاكرة في سياسة استكشاف الجوار، المبدأ الأساسي لطريقة TABU هو البدء من حل أولي يمكن إنشاؤه بطريقة تقريبية أو يتم توليده عشوائيا للتقرب نحو الحل الأفضل من خلال تنفيذ حركة في مساحة البحث عند كل تكرار حيث يتم استبدال الحل الحالي بأفضل حل يتم العثور عليه في جواره، ومع ذلك، يتم استخدام الذاكرة أثناء البحث للاحتفاظ بالمعلومات حول الحلول التي تمت زيارتها بالفعل لتجنبها في المرة المقبلة (HADRI, 2022, p. 32).

وفيما يلي مخطط تفصيلي البحث المحظور (Hillier & Lieberman, 2015, p. 616):

البداية: نبدأ بحل تجريبي أولي ممكن

التكرار: استخدام التكرار لحل المشكلة عن طريق تحسين الحل الحالي خطوة بخطوة كما يلي:

- اختيار حل تجريبي ابتدائي،
- تحديد جميع التحركات الممكنة من الحل التجريبي Trial Solution الحالي ضمن الجوار المحلي Local Neighborhood ،
- حذف أي تحرك موجود على قائمة الطابوTabu List ما لم يكن هذا التحرك سيؤدي إلى حل أفضل من أفضل حل تم العثور عليه حتى الآن،
- تحديد أفضل تحرك من بين التحركات المتبقية الذي يؤدي إلى أفضل حل،
- اعتماد الحل الجديد الناتج عن أفضل تحرك كحل تجريبي بغض النظر عما إذا كان أفضل أو أسوء من الحل السابق،
- إدارة قائمة الطابو الممتلئة من خلال حذف أقدم عضو فيها لتوفير مرونة أكبر للحركات المستقبلية.

قاعدة التوقف: يستخدم معيار محدد للتوقف مثل عدد ثابت من التكرارات، وقت محدد لوحدة المعالجة المركزية أو عدد ثابت من التكرارات المتتالية دون تحسين في أفضل قيمة لدالة الهدف كذلك يتم التوقف عند أي تكرار لا توجد فيه حركات ممكنة إلى المنطقة المجاورة للحل الحالي ويتم قبول أفضل حل تم إيجاده في أي تكرار كحل نهائي.

3.2.طريقة الخوارزميات الجينية Genetic Algorithm

تم تطوير الأفكار الأساسية لهذا الأسلوب بواسطة هولاند Holland سنة1975، وغولدبرغ وهولاند Goldbergو Holland وسنة 1988 أثناء أبحاثهم حول كيفية بناء آلات حاسوبية قادرة على التعلم مستوحيا من المرونة والقدرة على التكيف التي لاحظها في الأنظمة البيولوجية، أكد أنه بدلا من استخدام وتحسين استراتيجية تعلم واحدة، كان من الأفضل للآلة أن تستخدم مجموعة من الاستراتيجيات المتعددة.

انتشر مصطلح الخوارزمية الجينية في منشور عام 1975 لأعمال Holland ثم بدأ استخدام الخوارزميات الجينية بنجاح في عشرات من التطبيقات، والتي تشمل جدولة متجر العمل، وأنظمة خطوط الأنابيب، وتوجيه المركبات، وتصميم لوحة المفاتيح، وأشكال مختلفة من مسألة البائع المتجول، على سبيل المثال لا الحصر (Carter, Price, & Rabadi, 2019, p. 409).

الخوارزمية الجينية هي طريقة تكرارية للبحث عن الحل الأمثل تتعامل مع مجتمع ذو حجم ثابت يتكون هذا المجتمع من نقاط مرشحة تسمى الكروموسومات ، هذه الخوارزمية تؤدي إلى ظاهرة التنافس بين الكروموسومات، كل كروموسوم هو تشفير الحل المحتمل للمشكلة المراد حلها و يتكون من مجموعة من العناصر تسمى الجينات والتي يمكن أن تأخذ عدة قيم، في كل تكرار (جيل) يتم إنشاء مجتمع جديد بنفس الحجم ويتكون هذا الجيل من الكروموسومات الأفضل المتكيفة مع بيئته ممثلة بدالة انتقائية، يتم تصور للمجتمع الجديد من خلال تطبيق العوامل الوراثية وهي الاختيار، التهجين و الطفرة (Sefiane & Benbouziane, 2012, p. 146):

الاختيار: يتم اختيار الأفراد الجدد على النحو التالي: حساب احتمالية التكاثر لكل فرد:

$$P_i = \frac{f_i}{\sum_{i=1}^{n} f_i}$$

حيث:

- P_i : تمثل احتمالية اختيار الفردi،
- f_i : تمثل دالة التقييم للفردi ، لتقييم جودة كل حل مرشح فيما يتعلق بالمهمة التي سيتم تنفيذها، أي تحديد كفاءة كل حل من الحلول وقدرته على الاستمرار في المستقبل،

- n : تمثل حجم المجتمع المتكون من الكروموسومات، في كل مرة يتم اختيار كروموسوم واحد للمجتمع الجديد ويتحقق ذلك عن طريق توليد رقم عشوائي r محدد بالمجال $[0-1]$، فإذا كان $r < P_i$ فانه يتم اختيار الكروموسوم الأول، والا نختار الكروموسوم i الذي يحقق $P_{i-1} < r < P_i$.

اختيار الكروموسومات (الحلول) التي ستشارك في التكاثر مستوحاة من مبدأ "البقاء للأقوى" الذي طرحه داروين في عام 1859. حيث يعمل نظام الاختيار النسبي على تفضيل عدد أكبر من الحلول الجيدة ويسمح باختيار الحلول الأكثر قوة أكثر من مرة، وقد يتم استبعاد الحلول الضعيفة بالكامل (Carter, Price, & Rabadi, 2019, p. 410).

التهجين: من خلال تقسيم المجتمع الناتج عن مرحة الاختيار الاولى إلى قسمين (زوج)، كل زوج يتم تهجينه باحتمالية تقدر بـ P_c، حيث توجد العديد من التقنيات التي تستخدم في التهجين.

الطفرة: سيخضع الأفراد في المجتمع الجديد بعد التهجين لعملية طفرة؛ تهدف هذه العملية إلى تغيير بعض مكونات الكروموسومات والتي تسمى (bit) بشكل عشوائي، مع احتمال معين P_m.

وعليه تعد الخوارزميات الجينية أكثر مرونة من معظم طرق البحث لأنها تتطلب فقط معلومات تتعلق بجودة الحل الناتج عن كل مجموعة معلمات (قيم دالة الهدف) وليس مثل العديد من طرق الأمثلية التي تتطلب معلومات مشتقة، أو حتى أكثر معرفة بهيكل المشكلة والمعلمات، تكما تعاني من صعوبة الاختيار الأمثل لقيم المعلمات واختيار أحسن الطرق للتهجين والطفرة الملائمة لنوع التشفير المستعمل.

4.2.خوارزمية مستعمرات النمل Ant Colony Optimization

تعتبر من بين العديد من خوارزميات ذكاء السرب والذكاء الاصطناعي

خواررزميات مستعمرات النمل هي طريقة أمثلية جديدة مستوحاة من سلوك النمل القادر على العثور على أقصر طريق من العش إلى مصدر الغذاء والتكيف مع التغيرات في البيئة وذلك بفضل مادة تسمح لهم بترك أثر على طريقهم تدعى الفيرومون (pheromone).

كانت مسألة البائع المتجول موضوع أول خوارزمية لمستعمرات النمل من طرف Dorigo وGambardella سنة 1997، في هذه المسألة الهدف هو العثور على أقصر طريق يربط بين مدن معينة حيث يجب زيارة كل مدينة مرة واحدة فقط، في بيان متصل(G,U)حيث القمم تمثل المدن

والمسارات تمثل الحواف، في كل تكرار t حيث $(1 \leq t \leq t_{max})$ ، كل نملة k حيث $(k = 1, \dots m)$ حيث تعبر كل نملة k الرسم البياني بشكل عشوائي وتبني سلسلة من القمم $n = |G|$ ، في كل خطوة تنتقل النملة من القمة i إلى القمة j حسب القواعد التالية (Nakhla & Moisdon, 2010, pp. 183-184):

- يتم اختيار وجهتها التالية من بين مجموعة من الحواف المحتملة، من خلال ما يسمى J_i^k وهي قائمة الطرق المحتملة للنملة k عندما تكون في مدينة i،
- الرؤية بين القمم $\eta_{ij} = \frac{1}{d_{ij}}$: يتم استخدام هذه المعلمة لتوجيه حركة النمل نحو القمم القريبة: كلما كانت المدينة أقرب، زادت احتمالية اختيارها حيث d_{ij} تمثل المسافة بين القمة i والقمة j،
- تسمى كمية الفيرومونات المترسبة على الحافة التي تربط بين قمتين بكثافة المسار، أي جاذبية الحافة، كلما زادت كثافة الفيرومون الموجود على الحافة بين قمتين، زاد احتمال اختيار النمل للطريق، حيث ثان قاعدة الانتقال النسبي العشوائي المقترحة هي كما يلي:

$$p_{ij}^k(t) = \begin{cases} \dfrac{[\tau_{ij}(t)]^{\alpha} . [\eta_{ij}]^{\beta}}{\sum_{l \epsilon j_i^k} [\tau_{ij}(t)]^{\alpha} . [\eta_{ij}]^{\beta}} & \text{اذا } j \epsilon \ J_i^k \\ 0 & \text{خلاف ذلك} \end{cases}$$

حيث المعلمتان الرئيسيتان المتحكمتان في النظام (Ant System) هما α وهي عامل التحكم في كثافة الفورمون و β عامل التحكم في جودة المسار، أي تمثلان الأهمية النسبية لكثافة الفورمون على المسار τ_{ij} ، والرؤية بين القمم η_{ij}.

إذا كانت قيمة $\alpha = 0$ أي الاعتماد على عامل الرؤية فقط ولهذا يتم اختيار المدن الاقرب في كل خطوة وإذا كانت قيمة $\beta = 0$ معناه يتم الاعتماد على كثافة مسارات الفورمون فقط (النمل اعمى).

- القاعدة (1) توزيع الفيرومونات: بعد جولة كاملة يقوم النمل بوضع كمية من الفيرومونات على جميع الحواف المقطوعة وهذه الكمية تعتمد على جودة الفيرمونات الموجود، هذه الكمية هي دالة الحل الخاصة بجودة الحل الموجود:

$$\Delta\tau_{ij}^k(t) = \begin{cases} \dfrac{Q}{L^k(t)} & \text{اذا } (i,j) \epsilon T^k(t) \\ 0 & \text{خلاف ذلك} \end{cases}$$

حيث $T^k(t)$ تمثل هي السلسلة التي اجتازتها النملة k عند التكرار t . $L^k(t)$ طول السلسلة، Q معلمة ضبط (غالبا بنفس ترتيب الطول).

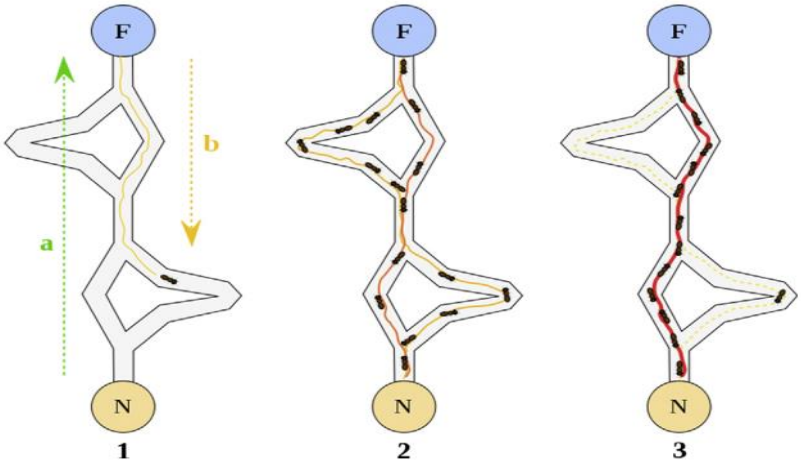
- القاعدة (2) الخاصة باختفاء المسارات الفيرومونية تجعل من الممكن تجنب الوقوع في الحلول المثالية المحلية، وبالتالي تختفي الحلول السيئة أثناء تنفيذ الخوارزمية. في نهاية كل تكرار، تكون قاعدة تحديث مسارات الفيرومون كما يلي:

$$\tau_{ij_{ij}}(t+1) = (1-p)\tau_{ij}(t) + \Delta\tau_{ij}(t)$$

حيث $\Delta\tau_{ij}^k(t) = \sum_{k=1}^{m} \Delta\tau_{ij}(t)$ و p هي معلمة ضبط، τ_0 الكمية الأولية من الفيرومون على الحواف هي توزيع موحد (بالتساوي بين كافة المسارات) بكميات صغيرة موجبة حيث $\tau_0 \geq 0$.

وفيما يلي بيان يوضح خوارزمية مستعمرات النمل المستوحاة من سلوك النمل وتقفي أثر الفيرومون:

الشكل (4.2): بيان يوضح خوارزمية مستعمرات النمل



Source: (Toksari, 2016, p. 778)

من خلال الشكل أعلاه يتبين، كل نملة تتجول بشكل عشوائي تجد مصدر الغذاء (F) وتعود إلى العش .(N) وفي هذه العملية تضع أثر الفيرومون. يتتبع النمل الآخر بشكل عشوائي إحدى الطرق البديلة ويضعون أيضا أثر الفيرومون. يتم تعزيز المسار الأقصر بمزيد من الفيرمون لأن النمل الموجود على هذا المسار يضع أثر الفيرمون بشكل أسرع. ومنه فإن المسار الأكثر تعزيزا يصبح أكثر اهتماما بالنمل والتالي يتبخر أثر الفيرمون الموجودة على المسارات الأطول بمرور الوقت.

المطلب الثالث: الخوارزميات الهجينة Hybrid Algorithms

تعتبر الخوارزميات الهجينة أكثر تطورا في هذا المجال حيث تدمج نقاط القوة بين الخوارزميات الدقيقة والقريبة حيث انها توفر أفضل توازن بين السرعة والدقة وتعتبر الحل المثالي للمشكلات اللوجستية المعاصرة.

1.تهجين الطرق التقريبية (الميتاهوريستيكية Metaheuristic)

التصنيف الهرمي

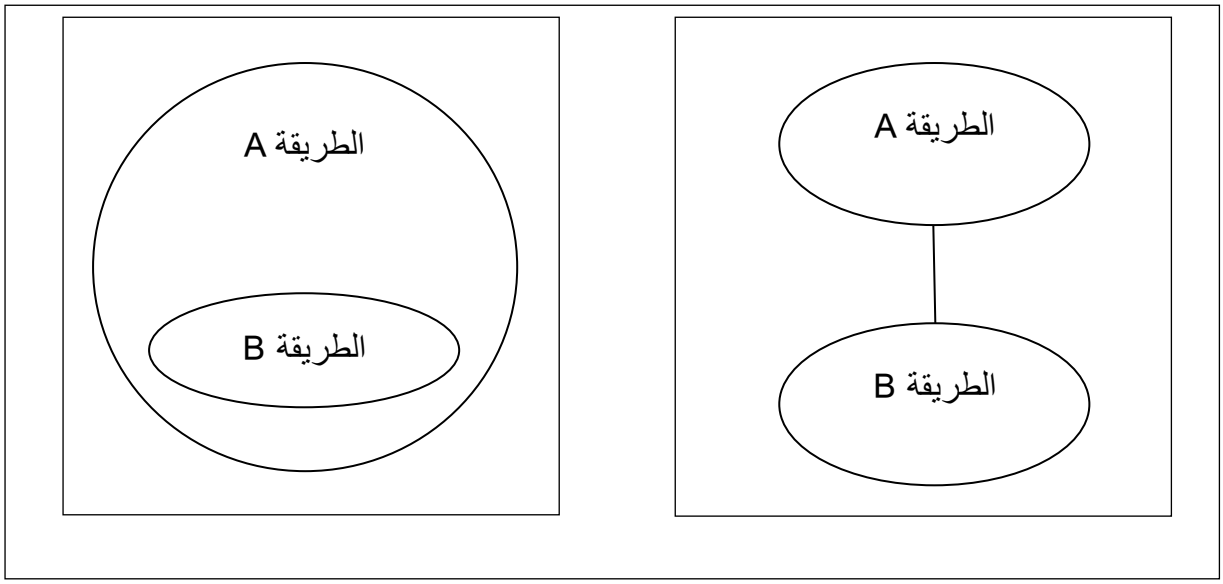
- **مستويات التهجين:** أول خطوة لعملية التهجين تقودنا لتحديد مستوى التهجين حيث نميز بين نوعين من التهجين وهما تهجين منخفض المستوى وتهجين عالي المستوى.

التهجين منخفض المستوى يعدل العناصر الوظيفية التي تشكل الخوارزمية حيث يتم استبدال وظيفة داخلية لخوارزمية الحل التقريبية (Metaheuristic) بوظيفة داخلية لخوارزمية حل تقريبية (Metaheuristic) أخرى.

في المقابل التهجين عالي المستوى يحافظ على سلامة الطرق التي يربطها حيث لا توجد علاقة مباشرة بين الآليات الداخلية للطرق التقريبية (Metaheuristic) المهجنة (BACHELET, 1999, p. 120)

كما يوضحه الشكل الموالي:

الشكل رقم (5.2): يوضح مستويات التهجين



SOURCE: (Ahmia, 2019, p. 36)

من خلال الشكل أعلاه نلاحظ انه في التهجين منخفض المستوى يتم تعديل الطريقة وهنا تصبح الطريقة B عنصرًا وظيفيا في A، أما في حالة التهجين عالي المستوى فلا يتم تعديل الطريقتين A وB بل تبقى كل طريقة على حالها، يوضح الشكل فكرة مستوى لتهجين طريقتين فقط، غير انه في بعض الأحيان يمكن تهجين أكثر من طريقتين.

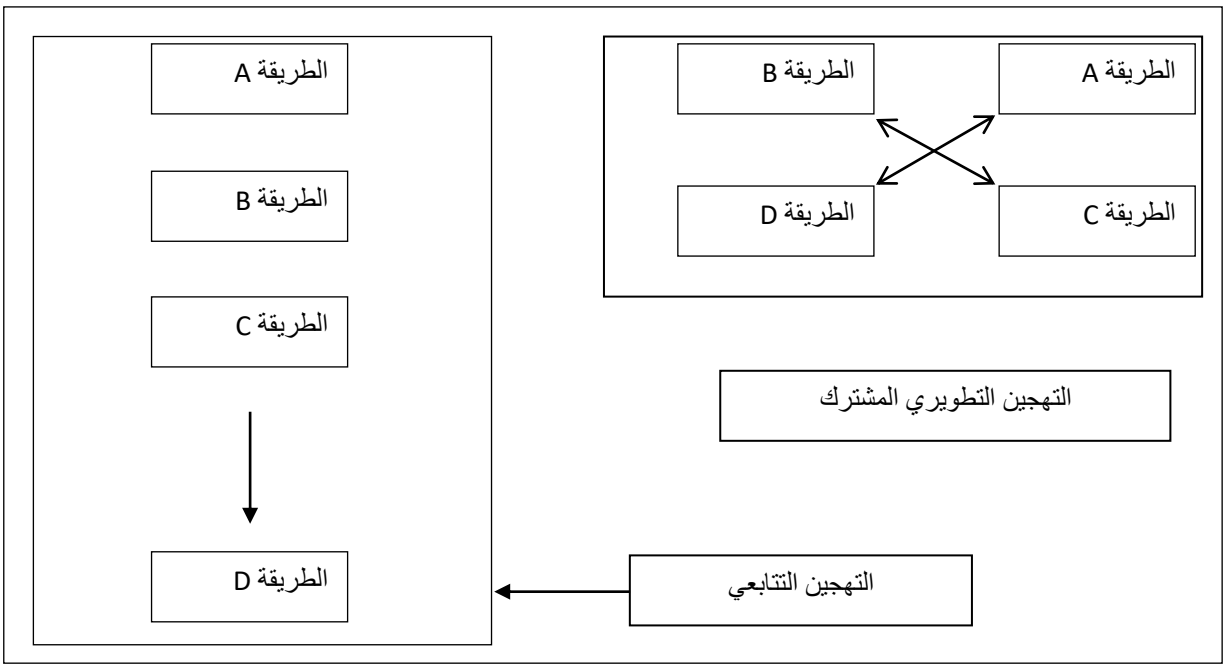
- **طرق التهجين**

يمكن التمييز بين نوعين من الطرق وهما تهجين تطويري مشترك وتهجين تتابعي:

في الطريقة التتابعية تعمل الطرق الاستدلالية الهجينة واحدة تلو الأخرى بترتيب محدد مسبقا باستثناء الطريقة الأولى فإن كل طريقة مشاركة في التهجين تتلقى نتيجة الطريقة التي تسبقها كمدخل لها مثل خط الأنابيب.

أما طريقة التهجين التطويري المشترك فتدمج نماذج البحث عن الأمثلية حيث تشترك العديد من الطرق بالتوازي وتقوم كل طريقة هجينة بإجراء بحث في مساحة حل معينة (BACHELET, 1999, p. 121)، كما يوضحه الشكل الموالي:

الشكل رقم: (6.2) يوضح طرق التهجين



SOURCE: (Ahmia, 2019, p. 37)

تهجين منخفض المستوى: في المستوى المنخفض يتم دمج خوارزمية داخل أخرى ويأخذ شكلين:

- التهجين التتابعي منخفض المستوى:

حيث يتم استدعاء خوارزمية فرعية كخطوة ثابتة ضمن الخوارزمية الرئيسة (مثل استخدام خوارزمية البحث المحلي لتحصين كل فرد في الخوارزمية الجينية)

- التهجين التطويري المشترك منخفض المستوى:

حيث تتداخل آليات الخوارزميتين في آن واحد لتحديث الحلول، بحيث تعتمد كل آلية الى التغذية الرجعية اللحظية من الخوارزمية الأخرى.

تهجين عالي المستوى: في هذا المستوى تظل الخوارزميات مستقلة وتتفاعل كما يلي:

- التهجين التتابعي عالي المستوى: يتم تنفيذ خوارزمية بالكامل ثم يتم تمرير نتيجتها النهائية لتكون نقطة انطلاق لخوارزمية أخرى مستقلة تماما.
- التهجين التطويري المشترك عالي المستوى: يتم تشغيل عدة خوارزميات مستقلة بالتوازي على نفس المشكلة مع وجود آلية تعاون بينها لتبادل أفضل الحلول التي يتم التوصل اليها.

التصنيف العام

- **تجانس الأساليب**

التهجين المتجانس: دمج عدة نسخ من نفس الخوارزمية لكن بإعدادات مختلفة (مثل تشغيل عدة خوارزميات جينية بفرض طفرات متفاوتة)

التهجين غير المتجانس: دمج عدة خوارزميات مختلفة تماما (مثل دمج خوارزمية محاكاة التلدين مع خوارزمية مستعمرات النمل)

- **مجال التطبيق**

التهجين العام: من خلال بناء خوارزميات مصممة لتكون مرنة وقابلة للتطبيق على نطاق واسع من مشكلات الامثلية دون تعديلات كبيرة.

التهجين المتخصص: بناء خوارزميات مصممة خصيصا لحل مشكلة معينة (مثل مشكلة جدولة الممرضات) حيث يتم استغلال الخصائص الرياضية الفريدة لتلك المشكلة في بناء التهجين.

- **طبيعة الارتباط**

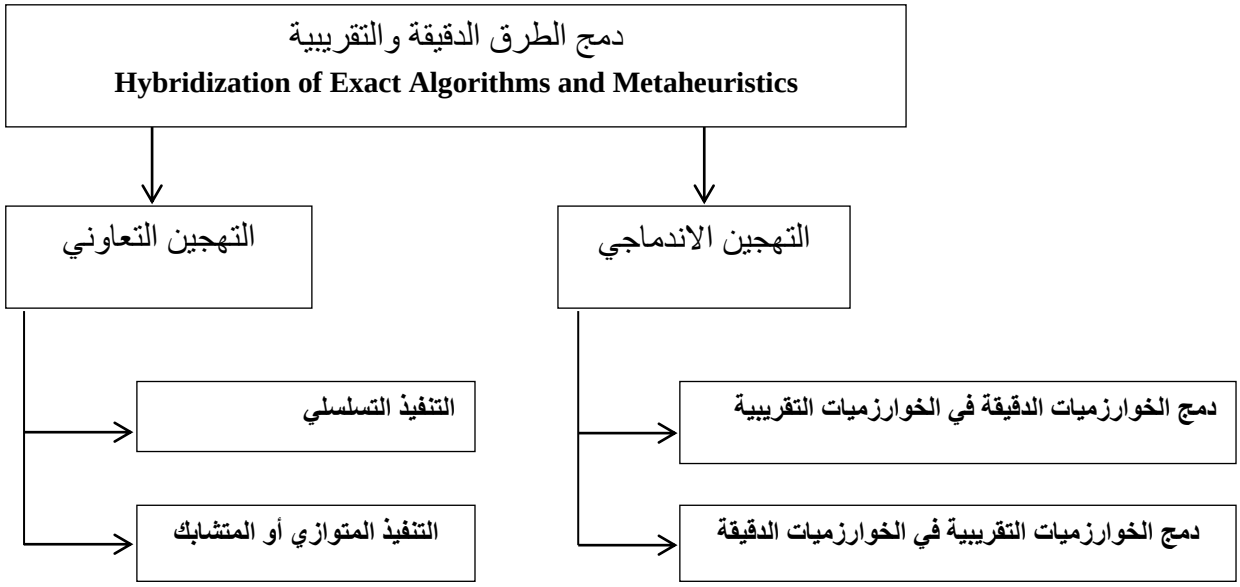
التهجين العام: من خلال الربط بين خوارزميات قياسية تعمل ككيانات مستقلة تتبادل النتائج.

التهجين الموجه: من خلال ابتكار مشغلات هجينة داخلة مما يتطلب مهارات متقدمة في البرمجة والرياضيات لدمج خوارزميتين في وظيفة برمجية واحدة.

2.تهجين الطرق الدقيقة مع التقريبية ***Hybridization of Exact Methods and Metaheuristics***

يمكن توضيحه في الشكل الموالي:

الشكل رقم (7.2) : التصنيف الهيكلي لتهجين الطرق الدقيقة و التقريبية



Source: (Raidl & Puchinger, 2008, p. 34)

وعليه يمكن تفصيله كما يلي (FERNANDES & LOURENÇO, 2007, p. 269):

- **التهجين التعاوني**

تقوم الخوارزميات التعاونية بتبادل المعلومات ولكنها ليست جزءا من بعضها البعض، حيث يمكن التمييز بين نوعين إحداهما متسلسلة، والأخرى متوازية ومتشابكة:

التنفيذ المتسلسل: تقوم إحدى الخوارزميات بإجراء معالجة مسبقة للمشكلة قبل الأخرى أو تكون الخوارزمية الثانية عبارة عن معالجة لاحقة للحل (الحلول) التي تم التوصل إليها بواسطة الأول.

التنفيذ المتوازي أو المتشابك: في بعض الأحيان يكون لكلا الخوارزميتين أهمية متساوية ولا يمكننا التحدث عن المعالجة المسبقة أو اللاحقة. في التنفيذ المتوازي، تؤدي العديد من الخوارزميات مهاما متزامنة تعمل كفرق وتقوم بتبادل المعلومات، أما في التنفيذ المتشابك تقوم خوارزمية ببعض الخطوات ثم تقوم خوارزمية أخرى بإجراء خطوات أخرى.

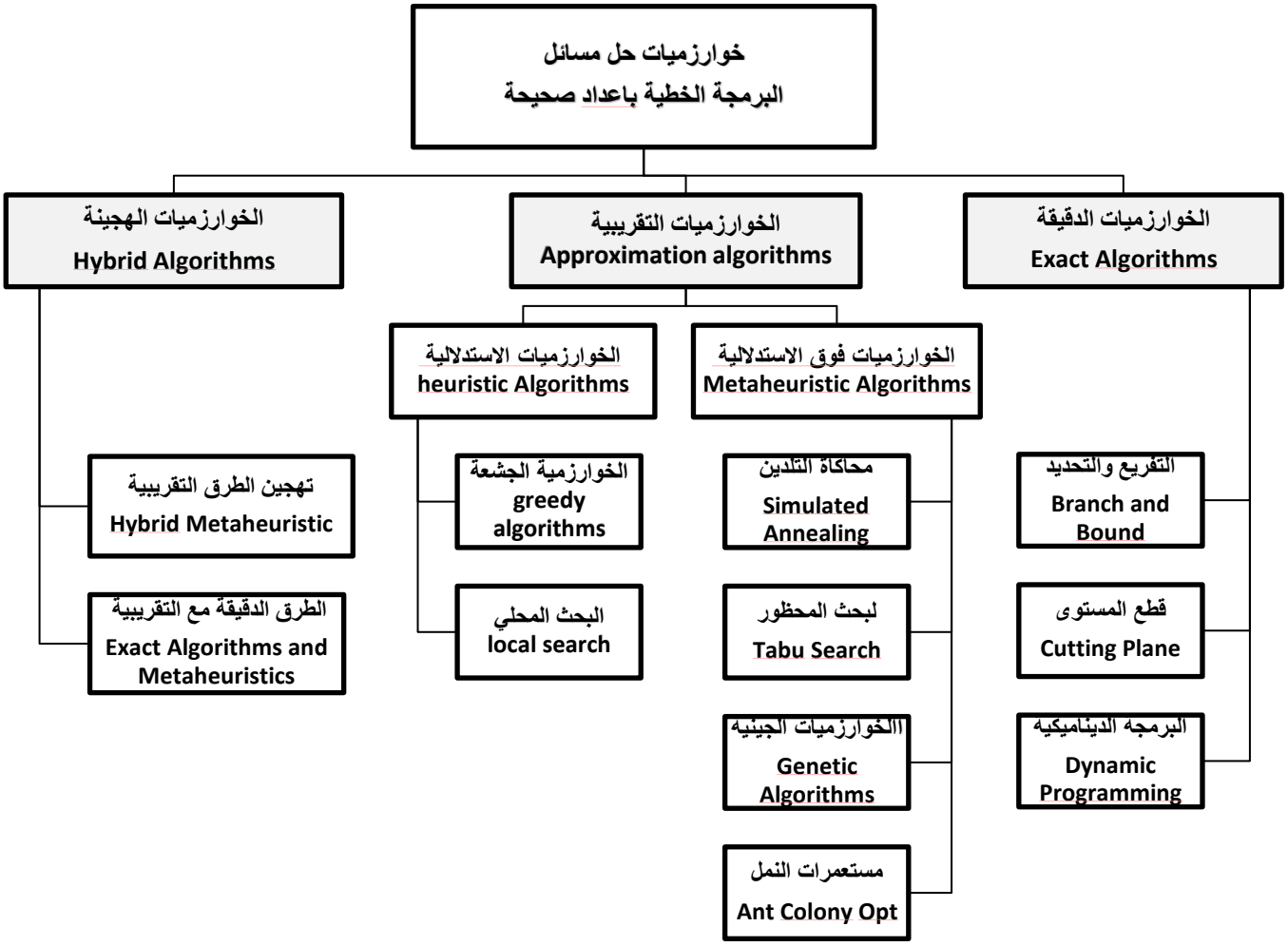
التهجين الاندماجي

يتم بطريقة تكون فيها إحدى الخوارزميتين مكون مدمج في الخوارزمية الأخرى. وبالتالي، يمكننا دمج طريقة دقيقة في طريقة تقريبية، أو طريقة تقريبية في طريقة دقيقة.

حيث نجد مثلا burke وcowling اقترحا طريق البحث المحلي (local search) مدمجة في خوارزمية دقيقة لحل مسألة البائع المتجول، Raidl، Beasley وChu قاموا بتقديم خوارزمية جينية تم دمجا في طريقة دقيقة لإنشاء المجتمع الاولي وكذلك لإصلاح الحلول غير الممكنة، اما Potts و Congram قاما باقتراح طريقة تستخدم البرمجة الديناميكية في خوارزمية البحث المحلية (Hachimi, 2013, p. 82).

حيث يمكن تلخيص الخوارزميات المستخدمة في حل مسائل البرمجة الخطية بأعداد صحيحة كما يلي:

الشكل رقم (8.2): خوارزميات حل مسائل البرمجة الخطية بأعداد صحيحة



المصدر: من اعداد الطالب

خلاصة الفصل:

يعتبر نموذج البرمجة الخطية بأعداد صحيحة أحد اهم الأدوات في بحوث العمليات لقدرته على تمثيل المشكلات الواقعية التي تتطلب قرارات غير قابلة للتجزئة حيث لا يمكن قبول قيم حلول كسرية من الناحية العملية.

تعرض هذا الفصل للبرمجة الخطية بأعداد صحيحة من خلال السعي لبناء تأصيل منهجي شامل بدا بالبرمجة الخطية التقليدية من خلال توضيح خصائصها وخوارزميات حلها خاصة الطريقة التتابعية simplex ثم تحليل الحساسية والبرنامج الثنائي مدى استقرار الحلول وردة فعل النموذج خلال التغيرات في المعطيات.

ثم تم الانتقال للبرمجة الخطية بأعداد صحيحة باعتبارها تعميما ضروريا يضفي على النموذج طابعا أكثر واقعية وإن كان ذلك يزيد من التعقيد الحسابي، حيث تم توضيح الفروق الجوهرية بين النماذج البسيطة التي يمكن حلها يدويا أو ببرامج محدودة والمسائل المعقدة التي تتطلب موارد حسابية كبيرة ونماذج رياضية متطورة مثل مسألة البائع المتجول، مسائل التغطية، مسائل توجيه المركبة.

و في ذات السياق تم عرض بعض الخوارزميات المخصصة لحل مسائل البرمجة الخطية بأعداد صحيحة بدا بالخوارزميات الدقية كخوارزمية التفريع و التحديد (Branch and Bound) وطريقة القطع المستوي (Cutting Plane) التي تضمن إيجاد الحل الأمثل لكنها تأخذ زمنا طويلا في المسائل الكبيرة، و الخوارزميات التقريبية (Heuristics and Metaheuristics) والخوارزميات الهجينة (Hybrid Algorithms) التي تقدم حلول تقريبية شبه مثلى في أزمنة معقولة مما يجعلها خيارا عمليا في المشكلات التي تتطلب سرعة في اتخاذ القرار اكثر من الدقة الرياضية.

هذا الفصل يضع الأساس النظري والعلمي لفهم نموذج البرمجة الخطية بأعداد صحيحة وآليات صياغته وحله في ظل خوارزميات متاحة لمعالجته، ويمهد لتأصيل يمكن الاعتماد عليه في دراسات تطبيقية لحل مشكلات واقعية وهو ما سيتناوله الفصل اللاحق.

الفصل الثالث:

دراسة حالة المؤسسة العمومية الاستشفائية بتابلاط

تمهيد

بعد استعراض الأسس النظرية للبرمجة الخطية بأعداد صحيحة وأدوات اتخاذ القرار في الفصلين السابقين تبرز الحاجة لسد الفجوة البحثية بين النظرية والتطبيق العملي من خلال توظيف منهجية علمية لبناء نماذج رياضية تحاكي واقع المؤسسة العمومية الاستشفائية محل الدراسة بهدف استغلال الموارد المحدودة وإيجاد التوليفة الملى لها وتخفيض التكاليف التشغيلية في ظل القيود التي تفرضها بيئة المؤسسة.

نسعى من خلال هذا الفصل إلى تقديم حلول قابلة للتطبيق تدعم عملية اتخاذ قرارات فعالة بما يساهم في تحسين كفاءة إدارة الخدمات الصحية دون المساس بجودتها وتوفير إطار قابل للتعميم يمكن للمؤسسات المشابهة الاستفادة منه.

وهذا من خلال تتناول المباحث الرئيسية التالية:

المبحث الأول: تقديم المؤسسة العمومية الاستشفائية بتابلاط،

المبحث الثاني: الجدولة والتخصيص الأمثل للموارد البشرية،

المبحث الثالث: التخصيص الأمثل للموارد التشغيلية الاستشفائية.

المبحث الأول: تقديم المؤسسة

من خلال هذا المبحث سنحاول التعريف بالمؤسسة وتحليل مختلف معطيات وبيانات المؤسسة تمهيدا لعملية بناء النماذج الرياضية ودراستها.

المطلب الأول: تعريف المؤسسة ومواردها

1.تعريف المؤسسة ومهامها

المؤسسة العمومية الاستشفائية هي مؤسسة عمومية ذات طابع إداري تتمتع بالشخصية المعنوية والاستقلال المالي، وتوضع تحت وصاية الوالي، وتتكون المؤسسة العمومية الاستشفائية من هيكل للتشخيص والعلاج والاستشفاء، وتتمثل مهام المؤسسة العمومية الاستشفائية في التكفل بصفة متكاملة ومتسلسلة بالحاجات الصحية للسكان، وفي هذا الإطار تتولى على الخصوص المهام الآتية:

- ضمان تنظيم وبرمجة توزيع العلاج الشفائي والتشخيص وإعادة التأهيل الطبي والاستشفاء،
- تستخدم ميدان للتكوين الطبي وشبه الطبي والتكوين في التسيير ألاستشفائي على أساس اتفاقيات تبرم مع مؤسسات التكوين،
- تطبيق البرامج الوطنية للصحة،
- ضمان حفظ الصحة والنقاوة ومكافحة الأضرار والآفات الاجتماعية،
- ضمان تحسين مستوى مستخدمي مصالح الصحة وتجديد معارفهم.

2.النشأة : تعود نشأة المؤسسة إلى سنة 1890 أي في عهد الاستعمار الفرنسي بطاقة استيعاب تقدر بـ 17 سرير فقط ثم بدأ في التوسع تدريجيا حيث أنشأت المؤسسة العمومية الاستشفائية بموجب القرار الوزاري 2651 المؤرخ في 24 ديسمبر 2007 المتضمن المصالح و الوحدات المكونة لها على مستوى المؤسسة العمومية الاستشفائية تابلا و في سنة 2021 تم وضع المستشفى الجديد حيز الخدمة بموجب القرار رقم 15 المؤرخ في 28 أكتوبر 2021 المتضمن ترخيص باستغلال بصفة مؤقتة مستشفى تابلاط 120 سرير و إلحاقه بالمؤسسة العمومية الاستشفائية بابتلاط.

3.الموقع الجغرافي: تقع المؤسسة العمومية الاستشفائية محمد حميان وإخوانه بتابلاط في الشمال الشرقي للولاية، على بعد 120 كلم من ولاية المدية، يغطي كثافة سكانية قدرها 113490 نسمة، موزعة على ثلاثة دوائر (تابلاط، العزيزية، القلب الكبير) وعشر بلديات وهي (تابلاط، الحوضان، مزغنة، العيساوية، العزيزية، المهيوب، مغراوة، القلب الكبير، سدراية وبلدية قرومة التي هي جزء من ولاية البويرة).

4.نقاط القوة ونقاط الضعف

1.4. نقاط القوة

- توفر شروط العمل اللازمة،
- تمتلك المؤسسة تجهيزات طبية هامة،
- انخفاض مدة الانتظار لإجراء العمليات الجراحية،
- فريق عمل طبي وشبه طبي وإداري مؤهل،
- سهولة الولوج للخدمات الصحية،
- توفر شروط النظافة الاستشفائية.

2.4. نقاط الضعف

- غياب ونقص الأطباء الأخصائيين في بعض التخصصات أهمها " جراحة الأطفال، أمراض النساء والتوليد، الأذن الأنف والحنجرة ... "،
- غياب ثقافة صحية لدى بعض شرائح المجتمع،
- ندرة بعض الأدوية على المستوى الوطني.

3.4. الأفاق المستقبلية

- استحداث بعض التخصصات الجديد على مستوى المؤسسة،
- تطوير تحسين جودة الاستشفاء و العلاج المتخصص،
- تحسين نوعية الخدمات الصحية المقدمة للمرضى كما ونوعا،
- عقد اتفاقيات توأمة مع مؤسسات صحية أخرى في التخصصات الغير متوفرة،
- رقمنة جميع المصالح الصحية،
- التحكم في تسيير التكاليف والعمل على الاستخدام الأمثل للموارد.

5.تقديم الموارد البشرية المتاحة

يقدر عدد الموظفين بالمؤسسة 506 موظف موزعين وفق ما يوضحه الجدول الموالي:

جدول رقم (1.3): توزيع الموارد البشرية المتاحة حسب التخصص بالمؤسسة

السلك	عدد المستخدمين	النسبة
طبيب مختص	32	% 6.32
طبيب عام	36	% 7.11
نفساني	1	% 0.20
مخبري	25	% 4.94
قابلة	25	% 4.94
ممرض	185	% 31.62
مساعد تمريض	57	% 11.26
إداري	47	% 9.29
مهني	123	% 24.31
المجموع	506	% 100

المصدر: المديرية الفرعية للمصالح الصحية

من خلال الجدول أعلاه نلاحظ توزيع الموارد البشرية في المؤسسة بـ 506 موظف مع أغلبية واضحة لفئة الممرضين بنسبة 31.62% تليها فئة العمال المهنيين بنسبة 24.31%، ثم مساعدي التمريض بنسبة 11.26% فالإداريين بنسبة 9.29% فيما يبلغ عدد الأطباء 13.44% بين طبيب مختص وطبيب عام ثم فئة المخبريين و القابلات بنسبة 4.94 % لكل فئة و الأخصائيين النفسانيين بنسبة 0.20 %، كما نلاحظ الاعتماد بنسبة 66.4% على الإطارات الطبية والشبه طبية و بنسبة 33.6 % كإداريين و عمال مهنيين ، وعليه يجب العمل على استغلال هذه الموارد بطريقة مثلى حسب الاحتياجات الحقيقية للمصالح الصحية مما ينعكس على أداء المؤسسة ككل.

6.التعريف بالمصالح الاستشفائية والتقنية

تتكون المؤسسة العمومية الاستشفائية بتابلاط من المصالح والوحدات الاستشفائية التالية:

1.6. المصالح الرئيسية

وهي المصالح التي تقدم خدمات مباشرة للمرضى وتتمثل في:

- **الطب الداخلي:** استقبال الحالات المحولة من مصلحة الاستعجالات الخاصة بالأمراض الباطنية المزمنة والحادة (داخلية، قلبية، سكري، كلى...) لأجل متابعتها العلاج والاستشفاء على مدار الساعة 7/24.

- **طب الأطفال:** استقبال الأطفال اقل من 15 سنة وحديثي الولادة لأجل (أمراض الأطفال، متابعة النمو والتغذية، علاج دوائي، عدوى، ضيق تنفس، ...) من خلال المتابعة اليومية والدقيقة على مدار الساعة 7/24.
- **مصلحة التوليد:** استقبال النساء الحوامل والتكفل بهم من خلال رعاية ما قبل الولادة الطبيعية أو القيصرية، فرز الحوامل وتحضير الولادة، متابعة قلب الجنين، نزيف، تسمم حمل، وما بعد الولادة لمراقبة تعقيدات الأم والجنين، ...) على مدار الساعة 7/24.
- **الاستعجالات:** استقبال كل الحالات الحادة والمستعجلة (حوادث، صدمات، سكتة ...الخ) من خلال فرز، إنعاش، علاج بحيث لا تزيد مدة مكوث المريض بالمصلحة عن 24 ساعة من خلال تحويله للاستشفاء بالمصالح الاستشفائية أو تحويله لمستشفى أخر أو تسريحه، تعمل المصلحة على مدار الساعة 7/24.
- **الجراحة العامة:** استقبال المرضى لحالات جراحية طارئة أو مبرمجة (باطنية، سطحية، ...) من خلال تشخيص وتقييم وتحضير ما قبل الجراحة، متابعة ما بعد الجراحة والاستشفاء وإعداد قوائم الانتظار والتخطيط بالتنسيق مع جناح العمليات، تعمل المصلحة على مدار الساعة 7/24.
- **تصفية الدم:** استقبال المرضى المصابين بالقصور الكلوي وهذا من اجل إجراء حصص تصفية الدم، تعمل المصلحة 6 أيام في الأسبوع بمعدل 8 ساعات في اليوم.

2.6. المصالح المساعدة

وهي المصالح التي تدعم المصالح الرئيسية:

- **الأشعة:** التكفل بالمرضى على مستوى كل المصالح الاستشفائية أو الاستعجالات من خلال القيام بالتصوير بالأشعة السينية، التخطيط بالصدى، سكانر، ...الخ، تعمل المصلحة على مدار الساعة 7/24.
- **المخبر:** على مستوى المخبر يتم القيام بمختلف التحاليل الطبية للمرضى المتواجدين بكل مصالح المستشفى من خلال استقبال العينات، تحضيرها ثم إجراء التحاليل وإعداد التقارير المخبرية وإرسالها للمصلحة المعنية وهذا على مدار الساعة.
- **جناح العمليات:** من خلال تحضير القاعات وتعقيمها استقبال المرضى تحضيرهم القيام بالعمليات الجراحية الطارئة والمبرمجة، متابعة المريض بعد الجراحة ثم توجيهه للاستشفاء.

- **الإدارة:** من خلال القيام بالعمل الإداري الخاص بالموارد البشرية، الشؤون القانونية، التسيير المالي، تسيير المصالح الصحية والعلاجية وقبول لمرضى، تسيير مصالح الصيانة، التخطيط العملياتي والاستراتيجي.
- **المصالح الاقتصادية:** تتمثل المصالح الاقتصادية في (الصيدلية، المخازن، حظيرة السيارات، ورشات الصيانة، المطبخ، المغسلة...) مهمتها الأساسية الدعم والإسناد لكل المصالح في المستشفى.

جدول رقم (2.3): توزيع الأسرة التقنية والحقيقية حسب المصالح بالمؤسسة

المصالح	عدد الأسرة التقنية	الوحدات	عدد الأسرة الحقيقية
الجراحة العامة	16	استشفاء الرجال استشفاء النساء	24
طب أمراض النساء والتوليد	25	أمراض النساء التوليد	14 12
الطب الداخلي	24	استشفاء الرجال استشفاء النساء	24
طب الأطفال حديثي الولادة	20	طب الأطفال حديثي الولادة	20
الاستعمالات الطبية الجراحية	16	الاستقبال والفرز استشفاء	08
مصلحة تصفية الدم	/	مصلحة تصفية الدم	8
الأشعة المركزية	/	الأشعة التخطيط بالصدى	/
المخبر المركزي	/	علم الأحياء المجهرية الكمياء الحيوية	/
الصيدلة	/	تسيير المواد الصيدلانية وتوزيع المواد	/
المجموع	101		110

المصدر: المديرية الفرعية للمصالح الصحية

من خلال الجدول أعلاه يتبين أن الطاقة الاستيعابية الفعلية تتجاوز المعتمدة رسميا حيث يظهر ذلك في إجمالي الأسرة الحقيقة (110سرير) يتجاوز إجمالي الأسرة التقنية (101) بـ 9 أسرة مما يشير إلى أن المستشفى يعمل بطاقة استيعابية قصوى مما يفرض على متخذ القرار العمل على استغلال كل الموارد وتخصيصها الأمثل.

المطلب الثاني: الهيكل التنظيمي للمؤسسة

يوضع الهيكل التنظيمي لإدارة المؤسسة العمومية الاستشفائية انطلاقا من القرار الوزاري المشترك بين وزارة الصحة ووزارة المالية.

ومن خلال هذا الهيكل يتضح لنا دور ووظيفة كل مصلحة وتتم إدارة المؤسسة بواسطة مجلس الإدارة ويسيرها المدير كما تتمتع بهيئة استشارية تدعى المجلس الطبي.

وفيما يلي الهيكل التنظيمي لإدارة المؤسسة العمومية الاستشفائية بتابلاط:

1. المديرية الفرعية للموارد البشرية

حسب المادة 04 من القرار الوزاري المشترك المؤرخ في 20 ديسمبر 2009 المحدد للتنظيم الداخلي للمؤسسات العمومية الاستشفائية فإن المديرية الفرعية للموارد البشرية تشمل مكتبين هما:

- مكتب تسيير الموارد البشرية والمنازعات،
- مكتب التكوين.

تمثل مهام المديرية الفرعية للموارد البشرية في المهام التي تقوم بها المكاتب التابعة لها والمتمثلة في:

1.1. مكتب تسيير الموارد البشرية والمنازعات: يقوم هذا المكتب بـ:

- ✓ إعداد الملف الإداري لكل المستخدمين والذي يحمل جميع البيانات وكل ما يتعلق بالمسار المهني،
- ✓ إصدار مقررات التعيين، محاضر التنصيب، مقررات التسمية، مقررات التثبيت،
- ✓ إعداد المخطط السنوي لتسيير الموارد البشرية، جداول الترقية وقوائم التأهيل، جداول تعداد المستخدمين، جدول احتياجات المؤسسة للموظفين،
- ✓ إعداد مقررات التحويل، النقل، الانتداب، الإحالة على الاستيداع، التقاعد، وكذا إجراءات الاستفادة من العطل،
- ✓ تنظيم مسابقات التوظيف والامتحانات المهنية،
- ✓ تسيير المنازعات ومراقبة انضباط المستخدمين وإعداد العقوبات التأديبية،
- ✓ متابعة حركة المستخدمين وضمان السير الجيد لها،
- ✓ إعداد جدول المناوبة الإدارية تحت إشراف المدير.

2.1. مكتب التكوين: يتم على مستوى مكتب التكوين إعداد مخططات التكوين وتحسين المستوى وتجديد المعلومات يتم من خلاله توقع احتياجات المؤسسة في مجال التكوين بهدف تحسين مؤهلات

المستخدمين، يحدد هذا المخطط:" طبيعة التكوين (داخلي أو خارجي)، المستخدمين المعنيين، عدد المناصب، مجال التكوين، مدة التكوين "

2. المديرية الفرعية للمالية والوسائل

حسب نص المادة 05 من القرار الوزاري المشترك المؤرخ في 20 ديسمبر 2009 والذي يحدد التنظيم الداخلي للمؤسسات العمومية الاستشفائية، فإنها تشمل 03 مكاتب وهي:

- مكتب الصفقات العمومية،
- مكتب الوسائل العامة والهياكل،
- مكتب الميزانية والمحاسبة.

تتمثل مهامها في:

- إعداد دفاتر الشروط الخاصة بالصفقات العمومية للمؤسسة ومتابعتها،
- الإشراف على مخازن المؤسسة وإعداد الجرد،
- تسيير الميزانية تحت إشراف المدير،
- القيام بإعمال المحاسبة المادية ومحاسبة المخازن وإعداد الحساب الإداري والوضعية المالية،
- الإشراف على تنفيذ برامج صيانة وترميم الهياكل ومراقبتها،
- مسك مختلف السجلات المحاسبية،
- الموافقة على دخول وخروج المواد والسلع مهما كانت طبيعتها والقيام بعملية الرقابة عليها،
- السهر على أمن المؤسسة بمختلف هياكلها ومواردها المادية والبشرية.

3. المديرية الفرعية للمصالح الصحية

تنقسم المديرية الفرعية للمصالح الصحية حسب القرار الوزاري المشترك المؤرخ في 20 ديسمبر 2009 المتضمن التنظيم الداخلي للمؤسسات العمومية الاستشفائية تنقسم هذه المديرية إلى ثلاث مكاتب:

1. مكتب القبول،
2. مكتب التعاقد وحساب التكاليف،
3. مكتب تنظيم ومتابعة النشاطات الصحية وتقييمها.

1. مكتب القبول

يعتبر من أهم المكاتب التابعة للمديرية الفرعية للمصالح الصحية وهذا للدور الكبير الذي يلعبه على مستوى المؤسسة العمومية الاستشفائية من خلال قيامه بـ:

- ✓ العمل على مدار 24 ساعة في اليوم،
- ✓ استقبال وإعلام وتوجيه الوافدين على مختلف المصالح،
- ✓ تسجيل المرضى، الولادات والوفيات الداخلة والخارجة والعمل على سير نشاطات العلاج،
- ✓ إعداد كشوفات القبول والخروج،
- ✓ إعداد البيانات الخاصة بالولادات والوفيات وإرسالها إلى مكتب الحالة المدنية بالبلديات،
- ✓ إعداد فاتورة الاستشفاء، قبض المستحقات،
- ✓ القيام بالإحصائيات الشهرية والثلاثية والسنوية التي تخص المرضى والمتوفين والولادات والمحولين إلى المستشفيات الأخرى وكذا قيمة التكاليف التي تم صرفها.

بالإضافة إلى كل الأعمال التي تقوم بها المكاتب الفرعية التابعة لمكتب القبول.

2. مكتب التعاقد وحساب التكاليف

يتم على مستوى هذا المكتب القيام بما يلي:

1.2. إعداد عقد النجاعة (Performance Contract): عقد النجاعة عبارة عن عقد إلزامي يبرم بين المؤسسة العمومية الاستشفائية ومديرية الصحة للولاية، تتعهد المؤسسة من خلاله بالتكفل بمختلف النشاطات الصحية مع مراعاة التسيير الفعال للموارد المالية، المادية والبشرية.

يتم إعداد هذا العقد قبل بداية كل سنة وهذا بالتنسيق بين كل المديريات الفرعية ومختلف مصالح المؤسسة، كما يهدف إلى تحسين الخدمات الصحية.

2.2. حساب التكاليف: يتم حساب التكاليف الصحية شهريا وهذا من خلال إعداد جداول تلخص مختلف الأعباء والنشاطات لكل المصالح وكذا توزيع تلك الأعباء على المصالح للحصول على التكلفة المنفقة على المريض الواحد، وتقسم هذه الجداول إلى ما يلي:

- ➢ الشبكة canevas A: الأعباء وتنقسم إلى 5 جداول تتمثل في: (كتلة الأجور، نفقات التغذية حسب كل مصلحة، نفقات الصيدلية، نفقات الحفظ والصيانة، أعباء مشتركة)

- الشبكة canevas B: الأنشطة وتنقسم إلى 6 جداول تتمثل في: (نشاطات المصالح الاستشفائية، نشاطات المخبر، نشاطات الأشعة، نشاطات جناح العمليات، نشاطات أمراض الفم، نشاطات الطاقم التقني)
- الشبكة canevas C: التوزيعات وتنقسم إلى 3 جداول تتمثل في: (التوزيع الأولي للأعباء، التوزيع الثانوي للأعباء، جدول تلخيصي)

3.مكتب تنظيم ومتابعة النشاطات الصحية وتقييمها: يتم على مستوى هذا المكتب القيام بـ:

- إعداد جدول المناوبة،
- إعداد الإحصائيات: تتمثل في التقارير والكشوفات المتعلقة بمختلف المصالح الاستشفائية والتقنية،
- تنظيم مصالح العلاج حسب القرار رقم 2651 المؤرخ في 15 مارس 2008 المتضمن إنشاء المصالح والوحدات المكونة لها على مستوى المؤسسة العمومية الاستشفائية تابلاط.

4. المديرية الفرعية لصيانة التجهيزات الطبية والتجهيزات المرافقة

حسب المادة 04 من القرار الوزاري المشترك المؤرخ في 20 ديسمبر 2009 المحدد للتنظيم الداخلي للمؤسسات العمومية الاستشفائية فإن المديرية الفرعية لصيانة التجهيزات الطبية والتجهيزات المرافقة تعتبر أحد الركائز الأساسية لضمان استمرارية الخدمة الصحية داخل المستشفى حيث تشمل مكتبين هما:

1.4. مكتب صيانة التجهيزات الطبية

التجهيزات الطبية هي الأجهزة التي لها علاقة مباشرة بتشخيص وعلاج المريض مثل (أجهزة الاشعة، الإنعاش، أجهزة الجراحة ...)، تتمثل مهام المكتب في:

- الاشراف على الصيانة الوقائية وضع جداول زمنية للفحص الدوري للأجهزة قبل حدوث الأعطال لضمان سلامتها،
- متابعة عقود الصيانة وخدمات ما بعد البيع،
- مسك سجلات جرد التجهيزات الطبية وتوثيق تاريخ الصيانة لكل جهاز،
- التدخل في الصيانة العلاجية من خلال الإصلاح الفوري للأجهزة عند حدوث عطل مفاجئ لتقليل وقت التوقف،
- التأكد من ان التجهيزات تعطي قراءات صحيحة وفق المعايير خاصة أجهزة القياس والمخبر،

- إدارة مخزن قطع الغيار وتحديد الاحتياجات السنوية،
- المساهمة في اعداد دفاتر الشروط والمواصفات التقنية للأجهزة المراد اقتناءها،
- استلام التجهيزات الجديدة وفحصها للتأكد من مطابقتها للمواصفات التقنية المطلوبة.

2.4. مكتب صيانة التجهيزات المرافقة

تعتبر التجهيزات المرافقة كل التجهيزات التقنية التي توفر البيئة اللازمة لعمل المستشفى، حيث يقوم المكتب بما يلي على سبيل المثال:

- صيانة أنظمة الغازات الطبية وشبكات الاكسجين وأنظمة تصريف الهواء،
- الاشراف على صيانة أنظمة غرف العمليات والعناية المركزة وأجهزة التعقيم،
- صيانة المولدات الكهربائية لضمان عدم انقطاع التيار الكهربائي في الأقسام الحيوية.

وهو ما يبينه شكل الهيكل التنظيمي في الملحق رقم (1)

المطلب الثالث: تحليل ميزانية المؤسسة وتكاليف تسييرها

سيتم من خلال هذا المطلب تحليل التكاليف على مختلف المصالح وكذا توزيع الميزانية حسب الأبواب والمواد وفق مدونة المؤسسة.

1.التكاليف في المستشفى

يتم تحديد التكاليف في المستشفى وفق طريقة الأقسام المتجانسة بالاعتماد على تقسيم المؤسسة على مراكز تكلفة من خلال تجميع المصاريف المباشرة لكل قسم ثم توزيع المصاريف المشتركة على الأقسام بما يعرف بالتوزيع الثانوي وذلك بهدف تحميل كل قسم الأعباء الغير مباشرة الخاصة به، وتحديد تكلفة وحدة العمل المعبرة عن النشاط في القسم (مثل اليوم الاستشفائي)، مما يسمح للمسير بتحديد التكلفة الحقيقة لكل خدمة صحية مقدمة وتحسين كفاءة الانفاق الصحي يمكن حصرها في:

1.1. تكاليف الموارد البشرية

وهي من التكاليف المباشرة التي تشمل الرواتب الأساسية والمنح والتعويضات ومختلف الأعباء الاجتماعية للموظفين على اختلاف رتبهم (أطباء، شبه طبيين، إداريين، تقنيين،)باحتساب كل

الاقتطاعات، وتعتبر من التكاليف الأساسية لسير المؤسسة باعتباره اهم عنصر يقوم عليه في النظام الصحي، وهو ما يوضحه الجدول الموالي:

جدول رقم (3.3): يوضح تكلفة أجور الموارد البشرية حسب الفئة خلال سنة 2023

التعيين	التكلفة السنوية للفرد الواحد (دج)
طبيب مختص	1 845 386,39
طبيب عام	1 299 761,24
نفساني	864 337,93
مخبري	1 100 332,14
ممرض	934 323,34
قابلة	1 013 227,20
مساعد تمريض	579 664,20
إداري	870 792,99
مهني	556 291,34

المصدر: مكتب الأجور بالمؤسسة

2.1. تكاليف التغذية

وهي التكاليف المباشرة للمواد الخام ممثلة في قيمة المواد الغذائية الأولية والمكونات المستعملة في إعداد الوجبات المخصصة للمرضى والمستخدمين، والجدول الموالي يوضح متوسط تكلفة الوجبات المقدمة خلال سنة 2023:

جدول رقم (4.3): يوضح متوسط تكلفة الوجبات حسب المصالح لسنة 2023

التعيين	متوسط تكلفة الوجبة للمرضى	متوسط تكلفة الوجبة للمستخدمين
المرضى	195 دج	170 دج

المصدر: مصلحة الإطعام بالمؤسسة

3.1. تكاليف المواد الصيدلانية

وهي من اهم النفقات المرتبطة مباشرة المباشرة بالمريض حيث تشمل بالإضافة إلى الأدوية كل المستلزمات الطبية الضرورية من مستهلكات طبية، محاليل، ضمادات، أدوات طبية، ومفاعلات ومواد المخابر، حيث:

- **الأدوية:** كل المواد التي تحتوي خاصية علاجية أو تشخيصية أو وقائية والتي يمكن وصفها للإنسان وتكون على شكل صلب (كبسولات، أقراص، أو قابلة للحقن...الخ)،
- **المحاليل:** هي سوائل تستخدم في العلاج مثل مركزات تصفية الدم، محاليل التسريب الوريدي (الجلوكوز، محلول الأملاح)،
- **اللقاحات:** هي مستحضرات بيولوجية تستخدم للوقاية من الأمراض المعدية: مثل لقاح الوقاية من التهاب الكبد الفيروسي لحديثي الولادة بمصلحة التوليد ولقاح الكزاز، داء الكلب ولسعة العقارب بمصلحة الاستعجالات،
- **الضمادات:** هي مواد طبية مثل الضمادات المعقمة، اللاصقة، الجراحية، مزودة بمواد مطهرة تستعمل لحماية الجروح، الحروق أو التقرحات ومنع التعفن والعدوى،
- **المطهرات:** هي مواد كيميائية تستخدم للقضاء على البكتيريا الضارة أو الفطريات أو الفيروسات على الجلد أو الأسطح أو الأدوات الطبية والجراحية مثل الكحول،
- **المستهلكات:** وهي كل الأدوات والمعدات الطبية التي تستهلك من أول استعمال ولا يعاد استخدامها، تتمثل في الحقن، القفازات، انابين التنفس،...الخ،
- **أفلام التصوير الطبي:** هي مواد حساسة تستخدم في التصوير الطبي تشمل أفلام الأشعة السينية X– RAY، الماموغرافي،
- **كواشف مخبرية:** تشمل كل المواد البيولوجية أو الكيميائية تستعمل في الكشف عن وجود أمراض معينة في عينات الدم ،...الخ.

هذه التكاليف ليست نفقات عادية حيث أنها مكونات أساسية لإدارة الموارد المتاحة حيث أن تحليلها الجيد يسمح بالتوزيع الجيد للميزانية والتقييم المالي مما يعزز كفاءة الإنفاق في المؤسسة.

وفيما يلي جدول يلخص مختلف تكاليف المواد الصيدلانية في المؤسسة:

جدول رقم (5.3): متوسط تكلفة وحدات العمل المغطاة بالمواد الصيدلانية حسب المصالح سنة2023

التعيين	الطب الداخلي	طب الأطفال	مصلحة التوليد	الاستعجالات	الجراحة العامة	تصفية الدم	الأشعة	المخبر	جناح العمليات	الإدارة	المصالح الاقتصادية
أدوية	3869,25	10753,63	1084,48	82,19	913,73	2374,04	0	0	21,59	0	0
محاليل وريدية	126,60	32,44	145,25	12,84	71,48	720,52	0	0	3,48	0	0
اللقاحات	0	0	322,14	1,15	0	0	0	0	0	0	0
المطهرات	13,63	18,03	55,23	1,89	21,95	8,26	0,06	0,01	3,16	0	0
الضمادات	55,67	35,55	181,75	8,24	74,56	29,56	0	0	0	0	0
مستهلكات طبية	175,47	361,46	806,46	42,60	163,38	4403,62	0,09	0,04	5,60	0	0
أفلام التصوير الطبي	0	0	0	0	0	0	1,42	0	0	0	0
كواشف مخبرية	0	0	0	0	0	0	0	6,15	0	0	0

المصدر: مكتب التعاقد وحساب التكاليف

4.1. نفقات اللوازم المختلفة

حيث تتمثل في:

- **اللوازم المكتبية:** وتتمثل في رزم ورق، أقلام، أظرفة، دفاتر، سجلات، خراطيش الطباعة، مستهلكات الإعلام الآلي، حافظة ملفات، أشرطة لاصقة، علب أرشيف، ... الخ

حيث يتم توزيع حزمة كل شهر لكل المصالح أي كل 30 يوم حزمة بمجموع 12 حزمة سنويا.

- **الأفرشة:** وتتمثل في كل مستلزمات الأسرة مثل (الأغطية، الوسادات، البطانيات، الملاءات،...الخ، يتم توزيعها سنويا بمعدل (مرة واحدة إلى 4 مرات سنويا) بناء على تلف أو تأكل الأفرشة المستعملة في الأسرة، كما ينظف ويغير يوميا لمنع انتقال عدوى التعفنات الدرنية،
- **مواد التنظيف:** وتتمثل في مواد تنظيف الأرضيات، الأسطح، العتاد، الزجاج، الأثاث، مساحيق غسل الأفرشة،... الخ،
- **الالبسة:** وهي البدلات التي يتم توزيعها على المستخدمين داخل المستشفى وتعد جزءا مهما من نظام الوقاية وهي عبارة عن الاطقم المصممة للعمل الاستشفائي تعمل كحاجز وقائي يمنع انتقال العدوى من البيئة الخارجية الى داخل المصالح والعكس.

والجدول الموالي يوضح التكلفة المتوسطة للوحدة الواحدة من اللوازم المختلفة:

جدول رقم (6.3): متوسط التكلفة (دج) للوحدة الواحدة من اللوازم المختلفة حسب المصالح 2023

التعيين	الطب الداخلي	طب الأطفال	مصلحة التوليد	الاستعجالات	الجراحة العامة	تصفية الدم	الأشعة	المخبر	جناح العمليات	الإدارة	المصالح الاقتصادية
لوازم مكتب	821,77	871,72	1263,42	2125,00	1125,00	715,25	748,50	444,44	291,67	3536,90	4594,41
الأفرشة	3000.00	3000.00	3000.00	3000.00	3000.00	3000.00	0.00	0.00	3000.00	0.00	0.00
مواد التنظيف	3099,28	1633,78	2273,90	3195,34	2263,89	1260,42	830,65	978,00	1951,39	1552,54	2358,48
الالبسة	1600	1600	3200	3200	1600	1600	1600	1600	3200	0	1400

المصدر: مكتب التعاقد وحساب التكاليف

- **العتاد الطبي:** وهو كل أداة او تجهيز يوضع في خدمة المريض بهدف مراقبة حالته الصحية أو تقديم العلاج او توفير الدعم الحركي والجسدي له داخل المستشفى، والجدول الموالي يوضح تكاليف الأجهزة الطبية المقتناة خلال سنة 2023 كما يلي:

جدول رقم (7.3): يوضح تكلفة العتاد الطبي حسب نوع العتاد لسنة 2023

الاجهزة	تكلفة الوحدة الواحدة(دج)
– أجهزة المراقبة الطبية Security Monitor	160 000.00
– جهاز العلاج الضوئي المكثفIntensive Phototherapy	1 100 000.00
– جهاز قياس نبضات قلب الجنين ERCF	280 000.00
– جهاز قياس النشاط الكهربائي لقلب ECG	180 000.00
– جهاز تصفية الدم Hemodialysis Machine	2 900 000.00
– جهاز الطيف الضوئي spectrophotometer	350 000.00
– جهاز تعقيم Disinfection Device	220 000.00

المصدر: المديرية الفرعية لصيانة التجهيزات الطبية والتجهيزات المرافقة

- **العتاد غير الطبي:** يعرف العتاد غير الطبي بانه كل الوسائل التقنية واللوجستية والتجهيزات التي تدعم العمل اليومي في المستشفى وتوفر الأمان والرفاه للمرضى والطاقم والزوار دون ان يكون لها دور تشخيصي او علاج مباشر على المريض، والجدول الموالي يوضح تكلفة العتاد غير الطبي خلال سنة 2023 كما يلي:

جدول رقم (8.3): يوضح تكلفة العتاد غير الطبي خلال سنة 2023

العتاد	تكلفة الوحدة الواحدة(دج)
– خزانات	32 000.00
– رفوف الأرشيف	3 500.00
– ستائر نوافذ	4 500.00
– كراسي مكتب	5 500.00
– مكيف هوائي	70 000.00
– ثلاجات	350 000.00

المصدر: المديرية الفرعية للمالية والوسائل

5.1. الصيانة الوقائية: وهي الصيانة المتعلقة بإجراء فحوصات ومراقبة دورية لمنع حدوث أعطال كبيرة مكلفة ومنع عرقلة سير المصالح عادة ما تكون اقل تكلفة من الصيانة التصحيحية.

جدول رقم (9.3): متوسط تكلفة الصيانة الوقائية حسب المصلحة سنة 2023

التجهيزات	تكلفة التدخل الواحد (دج)
– المصاعد	33 000,00
– جهاز سكانر	900 000,00
– حظيرة السيارات	320 000,00
– خط الغازات الطبية	300 000,00
– المكيف المركزي	450 000,00
– التدفئة المركزية	100 000,00
– المولدات الكهربائية	190 000,00

المصدر: المديرية الفرعية لصيانة التجهيزات الطبية والتجهيزات المرافقة

حيث تركزت اهم التدخلات على مستوى المصالح الاقتصادية باعتبارها اهم المصالح اللوجستية المساعدة وهو ما يبرزه الجدول التالي:

جدول رقم (10.3): يوضح توزيع عدد تدخلات الصيانة حسب المصالح لسنة 2023

المصالح /نوع العتاد	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
$P=1$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12
$P=2$	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
$P=3$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
$P=4$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
$P=5$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
$P=6$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
$P=7$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
المجموع	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**1**	**0**	**0**	**0**	**25**

المصدر: المديرية الفرعية لصيانة التجهيزات الطبية والتجهيزات المرافقة

6.1. الموارد المشتركة

- **الماء**: تم حساب تكلفة المتوسطة للماء باحتساب تكلفة الإتاوات الثابتة للاشتراك، تكلفة الكمية المستهلكة، تكلفة التطهير، الرسم على القيمة المضافة، إتاوة التسيير، إتاوة نوعية الماء، إتاوة الاقتصاد،
- **الغاز**: كذلك بالنسبة للغاز تم احتساب تكلفته المتوسطة بإدخال مختلف الضرائب والرسوم.
- **الكهرباء**: تم حساب التكلفة المتوسطة للكهرباء باحتساب التكلفة في حالة الذروة وفي الحالة العادية بكل الرسوم،
- **الوقود**: سعر اللتر معطى على أساس السعر المرجعي المقنن،
- **الاكسجين**: وهو السعر المعروض من طرف المتعامل الاقتصادي (الممون)،
- **الهاتف والانترنت**: بالنسبة لخطوط الهاتف المربوطة بالأنترنت فكانت التكلفة المتوسطة للخط الواحد بناء على تكاليف الاشتراك والاستهلاك خلال سنة.

والجدول الموالي يوضح ذلك:

جدول رقم (11.3): تكلفة الوحدة الواحدة من الموارد المشتركة في المؤسسة خلال سنة 2023

التكاليف المشتركة	الاستهلاك السنوي	تكلفة الوحدة الواحدة (دج)
الماء (متر مكعب)	7019 م^3	62,47
الغاز (متر مكعب)	89649 م^3	8.73
الكهرباء (كيلوواط ساعة)	767552 ك/سا	5.42
الوقود(لتر)	6200 لتر	29.01
الأكسجين(لتر)	65 000 لتر	35.7
الأنترنت والهاتف (خط)	03 خطوط	130 000.00

المصدر: مكتب حساب التكاليف

2.وحدات العمل والأنشطة المحققة في المستشفى خلال سنة2023

1.2. وحدات العمل في المستشفى

تعرف بأنها مقاييس كمية معيارية تستخدم لتمثيل حجم النشاط المنجز في المصلحة خلال فترة زمنية محددة بما يسمح بجمع الاستهلاكات (موارد، ادوية، خدمات، تكاليف مشتركة...)، تحدد كأداة لتحديد معدل الاستهلاك او تكلفة الأنشطة بهدف الوصول الى تكلفة المريض الواحد خلال مدة محددة تستخدم لأهداف القياس، التخطيط، الرقابة واتخاذ القرار.

ويمكن تعريف وحدات العمل بالمستشفى كما في الجدول التالي:

جدول رقم (12.3): يوضع وحدات العمل بالمؤسسة

المصلحة	وحدة العمل	ملاحظة
المصالح الاستشفائية (الطب الداخلي، الجراحة العامة، التوليد، طب الأطفال)	يوم استشفائي	كل المصالح التي تحتوي على سرير استشفاء
تصفية الدم	حصة	في هذه المصلحة وحدة العمل ليست اليوم الاستشفائي رغم توفر المصلحة على سرير استشفاء، حيث يتم على مستوى المصلحة القيام بحصتين لتصفية الدم (صباحية ومسائية) بمعدل 4 ساعات لكل حصة.
الاستعجالات	حزمة	الحزمة هي مجموع الخدمات التي استفادها المريض (تشخيص، إنعاش، وضع تحت المراقبة، علاج،... الخ)
الأشعة	R	أشعة، إيكو، سكانر...
المخبر	B	بيوكياء، ميكروبيولوجي، حقن الدم، ...
جناح العمليات	K	جراحة.
الإدارة	/	/
المصالح الاقتصادية	/	/

المصدر: المديرية الفرعية للمصالح الصحية

2.2. الأنشطة الصحية المحققة خلال سنة 2023

وهي وحدات العمل المحققة خلال سنة 2023 بالمؤسسة وتعد أداة مهمة لصاحب القرار بالمستشفى ومن بين أدوات المحاسبة التحليلية الصحية التي توضح حجم كفاءة الأداء وتحليل التكاليف، يمكن توضيحها في الجدول التالي:

جدول رقم (13.3): يوضح الأنشطة المحققة (المخرجات) في المؤسسة سنة 2023

	الأشعة	المخبر	جناح العمليات	الإدارة	المصالح الاقتصادية	الطب الداخلي	طب الأطفال	مصلحة التوليد	الاستعجالات	الجراحة العامة	تصفية الدم
Unit of Work	R	B	K	NEANT	NEANT	JH	JH	JH	PACKAGE	JH	Séance
وحدة العمل	R	B	K	NEANT	NEANT	يوم استشفائي	يوم استشفائي	يوم استشفائي	حزمة	يوم استشفائي	حصة
عدد وحدات العمل	186 854	4 509 603	122 135	-	-	4 208	3 782	2 395	124 146	2 958	3 018
تكلفة وحدة العمل (دج)	100.43	9.95	577.00	-	-	14 761.73	22 611.45	30 958.85	2 447.33	31 915.49	24 215.67

المصدر: المديرية الفرعية للمصالح الصحية

من خلال الجدول أعلاه نلاحظ ان مصلحة الاستعجالات حققت اعلى عدد مخرجات من خلال استقبال 124 146 مريض خلال السنة تم تقديم لهم خدمات علاجية استعجالية(حزمة) و هو ما تعكسه مصلحتي المخبر و الاشعة كأهم مصالح داعمة لمصلحة الاستعجالات من خلال التشخيص حيث حقق المخبر حجم نشاط عال جدا بـ 603 509 4 وحدة عمل (B) تليه الاشعة بـ 854 186 وحدة عمل (R) و هو ما يدل على اعتماد كلي للمستشفى على هاته المصالح كأقسام مساعدة في تشخيص الامراض، أما في المصالح الاستشفائية فكانت مصلحة الطب الداخلي اكثر مصلحة قدمت خدمات الاستشفاء تليها مصلحة طب الأطفال و التوليد و أخيرا مصلحة الجراحة العامة، فيما حقق مصلحة تصفية الدم و جناح العمليات مخرجات معتبرة.

كذلك نلاحظ اعلى تكلفة لوحدة العمل بمصلحة الجراحة العامة حيث كانت 915.49 31دج لليوم الاستشفائي الواحد تليها مصلحة التوليد بـ 958.85 30لليوم الاستشفائي، مصلحة طلب الأطفال 611.45 22دج ومصلحة الطب الداخلي كأقل تكلفة لليوم الاستشفائي بـ 761.73 14 فيما كانت تكلفة الحصة الواحدة بمصلحة تصفية الدم 215.67 22 دج فيما قدرت تكاليف وحدات العمل بالمصالح المساعدة الأخرى قيم 100.43 دج لوحدة العمل بالأشعة، 9.75 لوحدة العمل بالمخبر و577.00 دج لوحدة العمل بجناح العمليات.

3.تحليل توزيع الميزانية لسنة 2023

تعد الميزانية الإطار المالي الأساسي الذي تحدد من خلاله المؤسسة العمومية للصحة تقديرات الإيرادات والنفقات خلال سنة مالية معينة بهدف تنظيم الموارد وتوجيهها لتحقيق الأهداف المسطرة، وتمثل أداة هامة لتخطيط الإنفاق وضمان التوازن ما بين مستلزمات الاستمرارية في الأداء وجودة الخدمات الصحية المقدمة، كما تعتبر إطار مرجعيا لاتخاذ القرارات.

1.3. إيرادات الميزانية لسنة 2023

تعتبر الإيرادات الأساس الذي تبنى عليه السياسة الإدارية لتسيير المؤسسة الصحية ومؤشرا أساسيا يعبر عن درجة الاستقلالية المالية للمؤسسة والمقدرة على تغطية نفقاتها، والجدول الموالي يوضح توزيع مصادر التمويل حسب مصدر الإيراد للمؤسسة محل الدراسة للسنة المالية 2023 كما في الجدول التالي:

جدول رقم (14.3): توزيع إيرادات المؤسسة للسنة المالية 2023

ا	**الإيرادات**	الاعتماد المالي دج	النسبة
1	مساهمة الدولة	660 900 000.00	85%
2	مساهمة هيئات الضمان الاجتماعي	85 000 000.00	11%
3	مساهمة المؤسسات والهيئات العمومية	0.00	0%
4	إيرادات متحصل عليها من نشاطات المؤسسة	2 250 000.00	0%
5	إيرادات أخرى	0.00	0%
6	أرصدة السنوات المالية السابقة	30 000 000.00	4%
7	إعانة التسيير المتعلقة بالبحث العلمي والتطوير التكنولوجي	0.00	0%
	مجموع الإيرادات	778 150 000.00	100%

المصدر: المديرية الفرعية للمالية والوسائل

من خلال الجدول أعلاه نلاحظ أن مصادر تمويل المؤسسة هي الإعانات الحكومية ممثلة في مساهمة الدولة بنسبة 85% و هيئات الضمان الاجتماعي بنسبة 11% بمجموع يقدر بـ 96 % و هو ما يوضح الاعتماد الكلي على مصادر التمويل العمومية بالإضافة إلى أرصدة السنوات السابقة بنسبة 4% أما الإيرادات الذاتية الناتجة عن نشاطات المؤسسة فهي منخفضة جدا فتكاد تنعدم وهو ما يحد من الاستقلال المالي لها، و بإيرادات إجمالية تساوي 778.15 مليون دج و عليه نستنتج عدم قدرة المؤسسة على رفع إيراداتها بشكل ذاتي ويجب عليها التركيز على استغلال مواردها المتاحة بشكل امثل.

2.3. نفقات المؤسسة خلال السنة المالية 2023

فهم النفقات العمومية في المؤسسة الصحية يعتبر خطوة مهمة لمعرفة طبيعة التكاليف التي تتحملها ومدى قدرتها على ضبط هذه التكاليف وتوزيعها الجيد خاصة في ظل اعتماد المؤسسة في إيراداتها على التمويل من ميزانية الدولة والجدول الموالي يوضح توزيع النفقات في المؤسسة محل الدراسة خلال السنة المالية 2023 كما يلي:

جدول رقم (15.3): توزيع نفقات المؤسسة خلال السنة المالية 2023

طبيعة النفقات	الاعتماد المالي(دج)	النسبة
نفقات المستخدمين	660 280 000.00	% 85
نفقات التسيير	117 870 000.00	% 15
مجموع النفقات	**778 150 000.00**	**% 100**

المصدر: المديرية الفرعية للمالية والوسائل

من خلال الجدول أعلاه نلاحظ أن توجيه نفقات المؤسسة بنسبة 85 % لتغطية نفقات المستخدمين من رواتب ومستحقات الموظفين وهي تمثل الثقل الكبير للميزانية ككل مما يشكل تحديا حقيقيا لمتخذ القرار بالمؤسسة لتخفيضها وتوزيعها الأمثل، ونسبة 15 % موجهة لتغطية نفقات تسيير المصالح ورغم محدوديتها نسبيا مقارنة بنفقات المستخدمين الا نها تمثل النفقات الأكثر مرونة بالنسبة لصاحب القرار لاستغلالها وإعادة توزيعها لتحسين الكفاءة وتقليل الهدر.

1.2.3. نفقات المستخدمين

تمثل الجزء الأكبر من الاعتمادات المخصصة في الميزانية وتشمل كافة التكاليف المرتبطة بالمورد البشري كالرواتب والأجور، المنح والعلاوات، الأعباء الاجتماعية، معاشات حوادث العمل والمساهمات في الخدمات الاجتماعية، تعتبر هذه النفقات مهمة لارتباطها المباشر بوظائف المؤسسة الصحية وضمان استمراريتها، والتي يمكن توضيحها أكثر وفق الجدول الموالي:

جدول رقم (16.3) توزيع نفقات المستخدمين لسنة 2023

ا	**نفقات المستخدمين**	الاعتماد المالي دج	النسبة %
1	مرتبات نشاط المستخدمين المرسمين والمتربصين والمتعاونين	184201753.23	% 28
2	التعويضات والمنح المختلفة	284487423.67	% 43
3	مرتبات نشاط المقيمين، الداخليين والخارجيين	0.00	% 0
4	مرتبات المستخدمين المتعاقدين	57066404.14	% 9
5	الأعباء الاجتماعية للمستخدمين المرسمين والمتربصين والمعاونين	107452329.29	% 16
6	الأعباء الاجتماعية للمقيمين، الداخليين والخارجيين	0.00	% 0
7	الأعباء الاجتماعية للمستخدمين المتعاقدين	14126300.43	% 2
8	معاشات الخدمة للأضرار الجسدية وربع حادث العمل	2445789.24	% 0
9	المساهمات في الخدمات الاجتماعية	10500000.00	% 2
	مجموع نفقات المستخدمين	**660280000.00**	100%

المصدر: المديرية الفرعية للمالية والوسائل

من خلال الجدول أعلاه نلاحظ أن نفقات المستخدمين في المؤسسة محل الدراسة تأخذ منها المنح و التعويضات النسبة الأكبر و التي تزيد عن 43 % من إجمالي كتلة الأجور، تليها رواتب الموظفين المرسمين و المتربصين بنسبة 28% فيما تبقى نفقات المستخدمين المتعاقدين و الأعباء الاجتماعية في مستويات اقل و غياب كلي لنفقات المقيمين، و عليه نستنتج محدودية التوظيف المرن بالإضافة إلى تمحور النفقات في مواد يصعب تقليصها مباشرة و يجب على صاحب القرار أن يأخذ بعين الاعتبار التوازن بين الميزانية المتاحة و جودة الخدمة الصحية.

2.2.3. نفقات التسيير

وهي مجموع النفقات التي تصرفها المؤسسة لاستمرارية نشاطاتها اليومية وتشمل النفقات المتعلقة بالمواد الاستهلاكية، الأدوية، الإطعام، الصيانة، النقل، اللوجستيك ونفقات التكوين، حيث تعد نفقات ذات طابع عادي ومتكرر مما يجعل التحكم فيها أمرا مهما لصاحب القرار لترشيد النفقات في المؤسسة الصحية، حيث بلغت 117870000.00 كميزانية تسيير المصالح في المؤسسة بالإضافة الى مبلغ 1000000000.00دج مخصص لاقتناء الادوية والمواد الصيدلانية من الصيدلية المركزية للمستشفيات يكون على عاتق ميزانية وزارة الصحة.

والجدول الموالي يوضح توزيع نفقات التسيير حسب طبيعة النفقة كما يلي:

جدول رقم (17.3): توزيع نفقات التسيير لسنة 2023

II	نفقات التسيير	الاعتماد المالي دج	النسبة
1	تسديد المصاريف	1100000.00	1%
2	المصاريف القضائية والتعويضات المستحقة على عاتق الدولة	0.00	0%
3	العتاد والأثاث	2432824.10	2%
4	لوازم	5154256.00	4%
5	ألبسة	1206838.50	1%
6	تكاليف ملحقة	8521091.76	7%
7	حظيرة السيارات	4748700.00	4%
8	صيانة وتصليح المنشآت القاعدية	5561603.00	5%
9	مصاريف التكوين وتحسين الأداء، وإعادة التأهيل والتربص للمستخدمين	660000.00	1%
10	المصاريف المرتبطة بالمؤتمرات والملتقيات والتظاهرات العلمية الأخرى	0.00	0%
11	تغذية ومصاريف الإطعام	15468694.00	13%
12	الإيجار	0.00	0%
13	الأدوية، المواد الصيدلانية والمواد الأخرى الموجهة إلى الطب الإنساني والأجهزة الطبية	57525640.44	49%
14	نفقات النشاطات النوعية للوقاية	5271785.82	4%
15	اقتناء وصيانة العتاد الطبي وملحقاته والأدوات الطبية	10218566.38	9%
16	تسديد المصاريف الاستشفاء والكشف لدى المستشفيات العسكرية والهيئات العمومية بعنوان المرضى المحولين الذين لا يعانون من أمراض تحكمها اتفاقية خاصة	0.00	0%
17	نفقات البحث العلمي	0.00	0%
18	النفقات المتعلقة التوأمة بين المستشفيات العمومية للصحة	0.00	0%
19	النفقات المتعلقة بالخدمات المقدمة في إطار اتفاقيات التعاون الطبي	0.00	0%
20	مصاريف التسيير المتعلقة بالبحث العلمي والتطوير التكنولوجي	0.00	0%
	مجموع نفقات التسيير	117870000.00	100%

المصدر: المديرية الفرعية للمالية والوسائل

من خلال الجدول أعلاه نلاحظ توجه نفقات التسيير في المؤسسة الصحية محل الدراسة لتغطية الحاجيات الطبية الأساسية، باستحواذ نفقات الأدوية والمواد الصيدلانية على نسبة 49%، تليها مصاريف التغذية والإطعام بنسبة 13% ثم نفقات اقتناء وصيانة العتاد الطبي بنسبة 9% فيما تسجل باقي البنود نسبة 0% كالبحث العلمي، المؤتمرات، التوأمة والتعاون الطبي أما باقي النفقات كاللوجستيك فتأخذ نسبا متوسطة، بيانات هذه النفقات تكشف لصاحب القرار إمكانيات ترشيدها لضمان خدمة صحية جيدة.

المبحث الثاني: الجدولة والتخصيص الأمثل للموارد البشرية

في هذا المبحث سوف نركز على مسألتين مهمتين لتحقيق أهداف البرمجة الخطية بأعداد صحيحة من خلال التخصيص الأمثل للموارد البشرية وجدولة عمل التمريض.

المطلب الأول: التخصيص الأمثل للموارد البشرية

يعتبر التخصيص الأمثل للموارد البشرية في المؤسسات الاستشفائية عملية استراتيجية تهدف الى توزيع الكفاءات الطبية والشبه طبية والإدارية نحو المصالح والأقسام لتحقيق اقصى فعالية وبأقل التكاليف الممكنة.

وتعد البرمجة الخطية بأعداد صحيحة الصرفة (pure integer linear programming) أداة مهمة لتحقيق التخصيص الأمثل من خلال تحديد الانحراف بين التخصيص الحالي والتخصيص الأمثل مما يسمح بتحديد الموارد الفائضة والتي تعاني من العجز وبالتالي إعادة توجيهها لضمان استغلال كل مورد بشري لتحقيق اقصى طاقة إنتاجية بأقل تكلفة ممكنة وهو ما سوف نحاول تطبيقه.

1.الصياغة الرياضية لدالة الهدف والقيود

1.1. فرضيات النموذج

- إمكانية إعادة توزيع الموارد البشرية بين المصالح بشرط توفر التخصص وتلبية الحد الأدنى لكل مصلحة،
- نفترض ثبات جودة الخدمة وأن تدنية التكاليف لن يؤثر بالسلب على جودة الخدمات المقدمة.

حيث:

2.1. المؤشرات

i : تمثل أنواع الموارد البشرية $(i = 1, \dots, 9)$،

j : تمثل المصالح في المستشفى $(j = 1, \dots, 11)$.

3.1. المعلمات

C_{ij} : التكلفة السنوية للوحدة الواحدة من المورد i في المصلحة j،

α_{ij} : تكلفة زيادة وحدة واحدة من المورد i في المصلحة j،

β_{ij} : تكلفة تخفيض وحدة واحدة من المورد i في المصلحة j،

U_{ij} : الحد الأقصى المسموح به للمورد i في المصلحة j،

L_{ij} : الحد الأدنى المسموح به للمورد i في المصلحة j.

4.1. متغيرات القرار

X_{ij} : تمثل عدد الوحدات المخصصة من المورد i في المصلحة j،

d^{+}_{ij} : تمثل عدد الوحدات الممكن زيادتها من المورد i في المصلحة j،

d^{-}_{ij} : تمثل عدد الوحدات الممكن تخفيضها من المورد i في المصلحة j،

حيث:

- X_{1j} : عدد الأطباء الأخصائيين في مصلحة j ،
- X_{2j} : عدد الأطباء العامون في المصلحةj ،
- X_{3j} : عدد النفسانيين في المصلحة j،
- X_{4j} : عدد المخبريين في المصلحة j،
- X_{5j} : عدد القابلات في المصلحة j،
- X_{6j} : عدد الممرضين في الصحة العمومية في مصلحة j،
- X_{7j} : عدد مساعدي التمريض في مصلحة j،
- X_{8j} : عدد الإداريين في مصلحة j،
- X_{9j} : عدد العمال المهنيين في مصلحة j.

والجدول الموالي يوضح معنى المؤشر j لكل مصلحة:

الجدول رقم (18.3) يوضح معنى المؤشر j لكل مصلحة.

j	اسم المصلحة
1	الطب الداخلي
2	طب الأطفال
3	التوليد
4	الاستعجالات
5	الجراحة العامة
6	تصفية الدم
7	الأشعة
8	المخبر
9	جناح العمليات
10	الإدارة
11	المصالح الاقتصادية

5.1. دالة الهدف

يهدف النموذج إلى الوصول إلى التخصيص الأمثل للموارد البشرية في المستشفى من خلال إعادة توزيع الموارد الحالية مع إمكانية الزيادة أو التخفيض في بعض الموارد في ظل قيود مالية تشغيلية ومنطقية.

$$MIN\ Z = \sum_{i=1}^{9}\sum_{j=1}^{11} C_{ij}X^{cur}{}_{ij} + \alpha_{ij}d^{+}{}_{ij} + \beta_{ij}d^{-}{}_{ij}$$

6.1. القيود

- **قيد ربط التخصيص الحالي بالتخصيص الجديد**

هذا القيد يحدد العلاقة بين التخصيص الحالي للموارد والتخصيص المحسن وذلك من خلال تحديد حجم التغيير المطلوب (بالزيادة أو النقصان):

$$X_{ij} = X^{cur}{}_{ij} + \alpha_{ij}d^{+}{}_{ij} - \beta_{ij}d^{-}{}_{ij}$$

- **قيد الحدود الأعلى والأدنى**

يضمن أن التخصيص النهائي يقع ضمن الحدود الدنيا والحدود القصوى المسموح بها للمورد i في المصلحة J

$$X_{ij} \leq U_{ij}$$
$$X_{ij} \geq L_{ij}$$

- **قيود الحد الأعلى للتوظيف**

يضمن هذا القيد أن إجمالي الزيادة (التوظيف) لجميع الأقسام لن تتجاوز الحد الأقصى المسموح به سنويا لكل نوع من الموارد.

$$\sum_{j=1}^{11} d^{+}{}_{ij} \leq MAX_REC$$

- **قيود الحد الأعلى التسريح**

يضمن هذا القيد أن إجمالي التخفيض(التسريح) لجميع الأقسام لن تتجاوز الحد الأقصى المسموح به سنويا لكل نوع من الموارد.

$$\sum_{j=1}^{11} d^{-}_{ij} \leq MAX_LIC$$

- **قيود تغطية ساعات العمل اللازمة**

كل المصالح j تحتاج عدد معين من ساعات العمل على مدار السنة من مورد بشري معين i (طبيب مختص، طبيب عام، ممرض ...) ولضمان تغطية كل ساعات العمل المطلوبة يجب تخصيص عدد كافي من هذا المورد دون تجاوز الحد الأقصى لعدد ساعات العمل القانونية في الجزائر (40 ساعة أسبوعيا للموظف (المورد i).

h_i : الحد الأقصى القانوني لساعات العمل السنوية لكل مورد من النوع i،

D_{ij} : عدد ساعات العمل المطلوب تغطيتها بالمورد i في المصلحة *j* في السنة.

$$X_{ij} * h_i \geq D_{ij} \quad \forall \ (i = 1, \dots 9) \ / \ (j = 1, \dots 11)$$

مثال:

- عدد ساعات العمل المطلوب تغطيتها بالأطباء الأخصائيين في مصلحة الجراحة العامة هي 24 ساعة عمل،
- عدد أيام السنة = 365 يوم،
- الحد الأقصى لساعات العمل القانونية في السنة لكل موظف: 40 ساعة *(52 أسبوع – عطلة سنوية 4 أسابيع) = 1920.

- **قيد الميزانية**

$$\sum_{i=1}^{9} \sum_{j=1}^{11} C_{ij} X_{ij} \leq budg$$

2.الحل الأمثل

بعد الصياغة الرياضية للنموذج وتحديد متغيرات القرار، دالة الهدف وقيود النموذج، تم الانتقال إلى مرحلة الحل بهدف الحصول على التخصيص الأمثل للموارد البشرية في مختلف مصالح المؤسسة، حيث تم ذلك باستخدام:

- لغة البرمجة PYTHON مع مكتبة PULP المتخصصة في نمذجة وحل مشاكل البرمجة الخطية والبرمجة الخطية بأعداد صحيحة داخل بيئة التطوير Jupyter Notebook ويعتمد في عملية الحل على المحلل solver coin-or branch and cut المفتوح المصدر.
- الاعتماد على خوارزمية التفريع والتحديد Branch and Bound وهي الخوارزمية الأكثر استخداما لحل مسائل البرمجة الخطية بأعداد صحيحة من خلال تفريع المسألة إلى شجرة الحلول المحتملة ثم استبعاد الفروع غير الجيدة وفق حدود دنيا وعليا تحسب في كل مرحلة، حيث تضمن هذه الخوارزمية الحصول على الحل الأمثل الدقيق مع تقليل زمن الحل الذي كان 0.0937 ثانية.

وكانت القيمة المثلى لدالة الهدف تساوي: **106,99 912 652دج**

أما متغيرات القرار المثلى فكانت كما في الجدول الموالي:

الجدول رقم (19.3): التخصيص الأمثل للموارد البشرية

المصالح/الموارد	الأطباء الأخصائيين	الأطباء العامون	النفسانيين	المخبريين	القابلات	الممرضون	مساعدو التمريض	الإداريين	العمال المهنيون	المجموع
الطب الداخلي	5	5	1	0	0	10	10	0	5	36
طب الأطفال	5	5	1	0	0	18	10	0	5	44
مصلحة التوليد	5	5	1	0	19	14	10	0	5	59
مصلحة الاستعجالات	0	19	1	0	0	34	14	0	10	78
الجراحة العامة	5	5	1	0	0	13	10	0	5	39
تصفية الدم	2	2	1	0	0	8	8	0	2	23
الاشعة	5	0	0	0	0	18	0	0	2	25
المخبر	1	0	0	19	0	0	0	0	2	22
جناح العمليات	5	0	0	0	0	35	14	0	10	64
الإدارة	0	0	0	0	0	0	0	34	3	37
المصالح الاقتصادية	0	2	0	0	0	3	0	9	75	89
المجموع	33	43	6	19	19	153	76	43	124	516

المصدر: إعداد الطالب بالاعتماد على نتائج الحل

يبين الجدول أعلاه التوزيع الجديد للموارد البشرية على مستوى مختلف المصالح الصحية للمؤسسة قيد الدراسة، بعد تطبيق نموذج البرمجة الخطية بأعداد صحيحة الصرفة الذي يهدف إلى التخصيص الأمثل للموارد البشرية في ظل ميزانية محدودة من خلال تخصيص أكثر كفاءة وتحديد مكامن العجز والفائض.

1.2. تحليل نتائج الحل الإجمالية

الجدول رقم (20.3): المقارنة بين القيمة الاجمالية الحالية والمثلى للموارد البشرية

	القيمة الحالية	القيمة المثلى	الفرق
العدد الإجمالي للمستخدمين	506	516	10
التكلفة الكلية	641 659 743.60 دج	652 912 106.99 دج	11 252 363.39 دج

المصدر: إعداد الطالب بالاعتماد على نتائج الحل

من خلال الجدول أعلاه يتضح أن الحل الأمثل اظهر وجوب زيادة إجمالي عدد المستخدمين بـ **(10)** لتحقيق التوزيع الأمثل والذي يضمن تحقيق الحد الأدنى من متطلبات تغطية جميع المصالح بأقل تكلفة إجمالية ممكنة **(652 912 106.99 دج)**، وهذا ما يؤكد أن التوزيع الحالي يعاني من نقص في بعض الموارد وجب إعادة توزيعها أو توظيف جديد لتلبية متطلبات سير المصالح بالكفاءة والجودة المطلوبة.

كما تثبت قيمة دالة الهدف أن التخصيص الحالي كان غير فعال وأن التوزيع الأمثل يمكنه تحقيق اقصى استغلال ممكن للموارد مع ضمان الامتثال لكل قيود الخدمة.

2.2. تحليل التخصيص الأمثل حسب فئات الموارد البشرية

وهذا من خلال تحديد التغيرات الاستراتيجية المطلوبة في كل فئة من فئات الموارد البشرية مما يوجه متخذ القرار إلى التوظيف أو إعادة التوزيع.

1.2.2. الفئات (الوظائف) التي تحتاج إلى توظيف

يمكن حصرها في الجدول التالي:

الجدول رقم (21.3): العجز في الموارد البشرية

الموارد البشرية	**التوزيع الحالي**	**التوزيع الأمثل**	الفرق	النسبة
الأطباء الأخصائيين	32	33	1+	%3.12
الأطباء العامون	33	43	10+	%30.30
النفسانيين	1	6	5+	% 600
مساعدو التمريض	57	76	19+	%33.33
العمالي المهنيين	123	124	1+	%0.81

المصدر: إعداد الطالب بالاعتماد على نتائج الحل

الجدول أعلاه يوضح الموارد البشرية المطلوبة والتي يتوجب سدها حيث كانت فئة النفسانيين الفئة الأعلى نسبة زيادة مقدرة بـ 600 % تليها فئة مساعدو التمريض بنسبة زيادة قدرها 33.33 %ثم فئة الأطباء العامون بنسبة 30.30 % مما يشير إلى الفئات الأكثر نقصا تليها فئة الأطباء الأخصائيين بنسبة 3.12 % ثم العمال المهنيين بنسبة ضئيلة مقدرة بـ 0.81 %.

تظهر هذه النتائج الفئات التي يجب على متخذ القرار بالمؤسسة التركيز عليها في قرارات التوظيف المستقبلية لضمان تحقيق القيود وبالتالي التوزيع الأمثل للموارد البشرية أي انه يجب اتخاذ قرار توظيف 5 نفسانيين، 19 مساعد تمريض، 7 أطباء عامون و1 طبيب أخصائي و1 عامل مهني مما يمثل قرارا استراتيجيا موجها مبنى على مخرجات النموذج.

2.2.2. الفئات (الوظائف) التي تحتاج إلى تسريح

الجدول الموالي يوضح اهم الموارد التي يجب تسريحها:

الجدول رقم (22.3): الفائض في الموارد البشرية

الموارد البشرية	**التوزيع الحالي**	**التوزيع الأمثل**	الفرق	النسبة
المخبريين	25	19	6-	% 24
القابلات	25	19	6-	% 24
الممرضون	160	153	7-	%4.37
الإداريين	47	43	4-	%13.95

المصدر: إعداد الطالب بالاعتماد على نتائج الحل

اظهر حل النموذج إمكانية تحسين التوزيع وتقليل العدد المطلوب مما يحرر الوظائف حيث كانت القابلات والمخبريين بأعلى نسبة تخفيض بـ 24 % تليها فئة الإداريين بنسبة 13.95 % ثم الممرضين بنسبة 4.7%.

مما سبق يتضح من جدول الحل الأمثل لمتخذ القرار بالمؤسسة العمومية الاستشفائية محل الدراسة رؤية كمية دقيقة لاماكن العجز و الفائض في الموارد البشرية مما يسمح له اتخاذ قرارات مبنية على معطيات حقيقية حيث أن التوزيع المقترح في النموذج يوضح المصالح التي تعاني من العجز و يقدم خيارات لإعادة التوزيع من خلال اقتراح تخفيض دون الإخلال بالحدود الدنيا المطلوبة لتغطية الخدمات الصحية، كما يمكن اعتماد النموذج للمساعدة في إعداد المخطط السنوي لتسيير الموارد البشرية أو عند إعادة النظر في تنظيم المصالح حيث يوضح نسب الموارد البشرية اللازمة لكل فئة وظيفية و كل مصلحة بما يسمح بتحقيق نشاطاتها وفق المتطلبات الضرورية.

كما تظهر هذه النتائج وجود فائض في التوزيع الحالي لهذه الفئات مما يستوجب إعادة استغلالها حيث يمكن تسريح 6 قابلات 6 مخبريين 7 ممرضين و4 إداريين واستغلال هذه المناصب لسد العجز في فئات أخرى مثل مساعدي التمريض لخفض التكاليف وهذا دون المساس بجودة الخدمة الصحية الدنيا.

3.2. تحليل التخصيص الأمثل حسب المصالح الصحية

وهذا لتوضيح تأثير النموذج على التوزيع الداخلي بين الأقسام، مما يعكس أولويات الجودة ومتطلبات تشغيل المصالح.

1.3.2. المصالح(الأقسام) ذات العجز

ويمكن توضيحها في الجدول التالي:

الجدول رقم (23.3): المصالح التي تحتاج موارد بشرية إضافية

الموارد البشرية	التوزيع الحالي	التوزيع الأمثل	الفرق
طب الأطفال	31	44	13+
مصلحة التوليد	48	59	11+
الجراحة العامة	33	39	6+
مصلحة تصفية الدم	16	23	7+
المخبر	18	22	4+
جناح العمليات	57	64	7+

المصدر: إعداد الطالب بالاعتماد على نتائج الحل

اظهر النموذج حاجة المصالح الموضحة في الجدول أعلاه إلى تدعيم بالموارد البشرية لضمان تلبية الحد الأدنى:

حيث كان العجز الأكبر بمصلحة طب الأطفال ب 13 مستخدم مما يشير إلى أن المصلحة كانت تعاني من نقص حاد في المستخدمين لتلبية متطلباته الدنيا، تليها مصلحة التوليد بعجز مقدر بـ 11 مستخدم تليها مصلحة تصفية الدم وجناح العمليات بعجز مقدر بـ 7 مستخدمين ثم المخبر ثم مصلحة الجراحة العامة بـ 6 مستخدمين وأخيرا المخبر بـ 4 مستخدمين.

توكد هذه النتائج أن النموذج يحول الموارد بشكل مباشر إلى المصالح الصحية الحرجة لسد العجز الحاد مما يساعد متخذ القرار في ضمان الجاهزية للأقسام الحيوية مثل الأطفال والتوليد.

2.3.2. المصالح(الأقسام) ذات الفائض

ويمكن توضيحها في الجدول التالي:

الجدول رقم (24.3): المصالح التي تحتاج تخفيض موارد بشرية

الموارد البشرية	التوزيع الحالي	التوزيع الأمثل	الفرق
الطب الداخلي	38	36	2-
مصلحة الاستعجالات	89	78	11-
الأشعة	30	25	5-
الإدارة	38	37	1-
المصالح الاقتصادية	108	89	19-

المصدر: إعداد الطالب بالاعتماد على نتائج الحل

من خلال الجدول أعلاه يتضح أكبر فائض بالمصالح الاقتصادية بما يقدر ب 19 مستخدم تليها مصلحة الاستعجالات ب 11 والأشعة بـ 5 ثم الطب الداخلي 2 والإدارة 1.

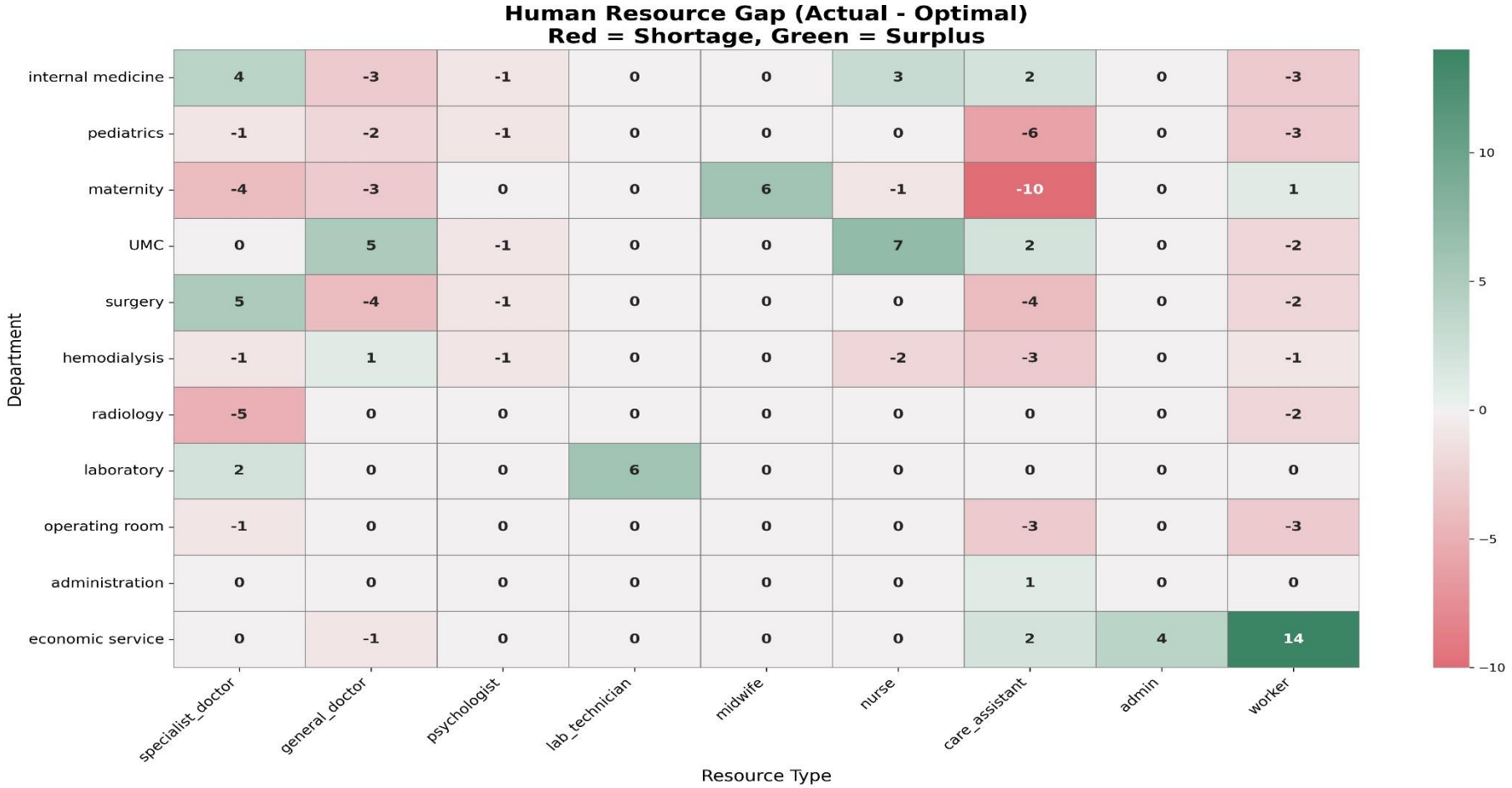
إن النموذج يلزم بتخفيض التخصيص في هذه المصالح مما سيساعد متخذ القرار على تحويلها إلى المصالح الأخرى الأكثر حاجة حيث تعتبر المصالح الاقتصادية اهم مصلحة لإعادة التوزيع حيث يمكن نقل 19 مستخدم لسد العجز في المصالح الأخرى

4.2. تحليل متغيرات التغيير (d^-_{ij} و d^+_{ij})

لتحديد فجوات التغيير في المتغيرات تم إعداد خريطة حرارية توضح نتائج نموذج البرمجة الخطية بأعداد صحيحة الصرفة المطبقة للإدارة الموارد البشرية بالمؤسسة بهدف تحليل الفروقات بين التوزيع الحالي والتوزيع الأمثل الذي يحقق أدنى تكلفة إجمالية ممكنة.

وفيما يلي خريطة حرارية توضح الفجوات بين الموارد البشرية الحالية والمثلى.

الشكل رقم (1.3): خريطة حرارية توضح الفجوات بين أعداد الموارد البشرية الحالية والمثلى



المصدر: مخرجات برمجية Python بالاعتماد على الملحق رقم (3)

من خلال الشكل أعلاه نلاحظ ما يلي:

- الأرقام تمثل الفجوة بين التوزيع الحالي–التوزيع الأمثل (actuel–optimal)
- الخلايا الخضراء تعني أن التوزيع الحالي يحتوي على فائض من الموارد مقارنة بالتوزيع الأمثل أي أن النموذج يوصي بتخفيض بمقدار هذا العدد حيث تشير الأرقام الموجبة إلى الفائض.
- الخلايا الحمراء تعني أن التوزيع الحالي يعاني نقص في الموارد مقارنة بالوضع الأمثل أي أن النموذج يوصي بزيادة بمقدار هذا العدد وتشير الأرقام السالبة على العجز.
- الخلايا البيضاء والمساوية للصفر (0) تعني أن التوزيع الحالي يطابق تماما التوزيع الأمثل المقترح.

1.4.2. تحليل الفائض

نحاول التركيز في هذا الجزء على اهم المتغيرات التي يوصي النموذج بتقليلها وهي:

- ✓ العمال المهنيين بالمصالح الاقتصادية: وهو أكبر فائض حيث يوصي النموذج بخفض 14 عاملا مهنيا في هذه المصلحة بحيث يمكن استغلالها في المصالح الأخرى،
- ✓ الممرضين بمصلحة الاستعجالات: فائض كبير في عدد الممرضين مما يشير إلى إمكانية نقل 7 ممرضين إلى مصالح المستشفى الأخرى،
- ✓ القابلات بمصلحة التوليد: فائض مقدر بـ 7 قابلات يوصي النموذج بإعادة التوزيع واستغلال المناصب في جهة أخرى،
- ✓ المخبريين في المخبر: فائض مقدر بـ 6 مخبريين وجب إعادة استغلالهم،
- ✓ الأطباء العامون بمصلحة الاستعجالات: فائض في عدد الأطباء العامون مما يوصي النموذج بوجوب نقل 6 أطباء عامون إلى مصالح المستشفى الأخرى،
- ✓ وباقي الموارد الفائض موضحة في الخريطة الحرارية.

2.4.2. تحليل العجز

هذا الجزء يتم تحديد اهم المتغيرات التي يوصي النموذج بزيادتها وهي:

- ✓ مساعدو التمريض في مصلحة التوليد: وهو أكبر نقص حيث يوصي النموذج بزيادة 10 مساعدي تمريض إلى مصلحة التوليد،

- ✓ مساعدو التمريض في مصلحة طب الأطفال: حيث يوصي النموذج بزيادة 06 مساعدي تمريض الى مصلحة طب الأطفال،
- ✓ الأطباء الأخصائيين في مصلحة الأشعة: حيث يظهر نقص حاد في هذا المتغير وبالتالي يتوجب توظيف 5 أطباء مختصين في الأشعة لتقديم خدمات صحية جيدة،
- ✓ الأطباء الأخصائيين بمصلحة التوليد: كذلك في هذه المصلحة الحيوية يظهر نقص كبير في عدد الأطباء الأخصائيين الذين يتوجب توظيفهم في المصلحة والذي يقدر عددهم بـ 4 أطباء.

الخريطة أعلاه توفر نظرة سريعة على اهم قرارات التغيير الأساسية $(d^{+}_{ij}$ و $d^{-}_{ij})$ التي توضح:

- انه يجب أن تكون الأولوية في التوظيف للأطباء الأخصائيين خاصة الأشعة والتوليد وكذا مساعدي التمريض في مصالح التوليد وطب الأطفال،
- يمكن للمؤسسة أن تحقق توزيعات مثلى فورية من خلال تقليل عدد العمال المهنيين بالمصالح الاقتصادية ومخبريين في المخبر مثلا وإعادة توزيعها بين المصالح لتحقيق وفرات آنية.

5.2. تحليل الحساسية

من اجل تقييم مدى استقرار الحل الأمثل لإعادة تخصيص الموارد البشرية اتجاه التغيرات المحتملة في المعطيات خاصة الحدود الدنيا والعليا، قيود التوظيف والتسريح، ساعات العمل والميزانية، يهدف هذا التحليل إلى تحديد القيود الأكثر تأثيرا (القيود الملزمة) والهوامش المتاحة في القيود الغير ملزمة بما يوفر منهجا علميا لمتخذ القرار في تعديد السياسات أو اختبار سيناريوهات بديلة دون الحاجة لبناء نموذج جديد في كل مرة، وهذا بالاعتماد على بيانات الملحق رقم (3).

1.5.2. حساسية دالة الهدف

سعر الظل هو مقدار التغير في قيمة دالة الهدف عن عند زيادة الطرف الأيمن لقيد معين بوحدة واحدة مع ثبات باقي المعطيات.

في نموذجنا سعر الظل يساوي 0 في كل القيود سواء الملزمة أو غير الملزمة و بما أننا أما مشكلة برمجة خطية بأعداد صحيحة صرفة فان مفهوم التغير لا يعمل بنفس الطريقة مقارنة بالبرمجة الخطية العادية لان المتغيرات تتغير أرقاما صحيحة و لا تقبل الكسور و عليه لا يمكن اعتماده في التحليل لاتخاذ قرارات توظيف جديد مثلا، و عليه وجب اعتماد أسلوب تحليل السيناريوهات من خلال تعديل

قيود الطرف الأيمن خاصة للقيود الملزمة و إعادة الحل لكل سيناريو مقارنة الحلول من حيث قيمة دالة الهدف و التغيرات في متغيرات القرار و حالة القيود.

2.5.2. حساسية الطرف لثاني للقيود

1.2.5.2. قيود الانطلاق من التوزيع الحالي

تمثل القيود من C1 إلى C99 قيود الانطلاق من التوزيع الحالي للموارد البشرية وهي قيود ملزمة وأن أي تغيير في قيم الطرف الأيمن لها سيؤدي إلى تغير مباشر في فضاء الحل وبالتالي التوزيع الأمثل.

2.2.5.2. قيود الحد الأعلى للموارد البشرية

تمثل القيود من C100 إلى C198 حدود عليا للموارد البشرية حيث تظهر النتائج قيود ملزمة مستغلة بالكامل وقيود أخرى غير ملزمة تتضمن موارد فائضة.

- **قيود غير ملزمة (سعات فائضة)**

مثلا القيد: C100

لدينا قيمة الطرف الأيمن للقيد RHS=9، القيمة المثلى LHS=5، SLACK =4

وهذا يعني أن النموذج يستغل 5 وحدات فقط من أصل 9 متاحة أي أن هناك سعة فائضة قدرها 4 وحدات وبالتالي يمكن تخفيض الحدود العليا من 9 وحدات إلى 5 دون أن يتغير الحل الأمثل بينما الزيادة فوق الحدود العليا لن تقدم أي إضافة.

- **قيود ملزمة (مستغلة بصفة كاملة)**

مثلا القيد: C160، لدينا قيمة الطرف الأيمن للقيد RHS=8، القيمة المثلى LHS=8، SLACK =0.

في هذه الحالة يستغل النموذج كل الوحدات المتاحة بالضبط ولا توجد سعات فائضة، حيث أن أي خفض في قيم الطرف الأيمن سيجبر النموذج على تغيير قيم المتغيرات وتقليص أعداد الموارد وهو ما يؤثر على التغطية وأن أي زيادة ترفع من التكاليف في دالة الهدف.

3.2.5.2. قيود الحد الأدنى للموارد البشرية

تمثل القيود من C199 إلى C297

- **قيود غير ملزمة (سعات فائضة اعلى من الحد الأدنى)**

مثلا القيد: C199، لدينا قيمة الطرف الأيمن للقيد RHS=2، القيمة المثلى LHS=5، SLACK =−3.

وهذا يعني أن النموذج يعمل فوق الحد الأدنى المطلوب 3بـ وحدات وعليه يمكن تخفيض القيمة الحالية إلى القيمة المثلى في حدود الفارق (3 وحدات) دون أن يتأثر الحل الأمثل لان عدد المستخدمين اعلى من الحل الأدنى أصلا وعليه يمكن مراجعة الحدود الدنيا دون تأثير على الحل الأمثل.

- **قيود ملزمة (العمل عند الحد الأدنى بالضبط)**

مثلا القيد: C226، لدينا قيمة الطرف الأيمن للقيد RHS=1، القيمة المثلى LHS=1، SLACK =0.

في هذه القيود يعمل النموذج عن الحد الأدنى بالضبط وعليه أي زيادة ستجبر النموذج على زيادة المستخدمين مما يرفع من التكاليف أو يغير خطة التوزيع والتخفيض يؤثر على جودة الخدمة.

4.2.5.2. قيود الحد الأقصى للتوظيف

تمثل القيود من C298 إلى C306 وهي تمثل الحدود العليا للتوظيف المسموح به حسب كل فئة وظيفية.

- **قيود غير ملزمة (سعات فائضة)**

مثلا القيد: C298، لدينا قيمة الطرف الأيمن للقيد RHS=14، القيمة المثلى LHS=12، SLACK=2.

النموذج استغل 12 منصب من أصل 14 ممكنة حيث عناك 2 مناصب غير مستغلة وعليه يمكن تخفيض القيمة الحالية دون أن يتأثر الحل الأمثل لأنه لم يستعمل تلك السعات الفائضة.

- **قيود ملزمة (مستغلة كليا)**

مثلا القيد: C299، لدينا قيمة الطرف الأيمن للقيد RHS=13، القيمة المثلى LHS=13، SLACK=0.

في هذا القيد النموذج استغل كامل المناصب المتاحة للتوظيف حيث ان أي تخفيض في قيم الطرف الأيمن سيجبر النموذج على تقليل عدد التوظيفات في تلك الفئة مما قد يؤثر على تغطية ساعات العمل او الحدود الدنيا للموارد.

5.2.5.2. قيود الحد الأدنى للتوظيف

تمثل القيود من C307 إلى C315 وهي تمثل الحدود العليا للتسريح المسموح به حسب كل فئة وظيفية.

- **قيود غير ملزمة (سعات فائضة)**

مثلا القيد: C307، لدينا قيمة الطرف الأيمن للقيد RHS=8، القيمة المثلى LHS=6، SLACK =2.

النموذج استغل 6 منصب من أصل 8 ممكنة للتسريح حيث هناك 2 باقية أي انه يمكن تخفيض الحدود القصوى للتسريح في حدود 2 منصب دون التأثير على الحل الأمثل.

- **قيود ملزمة (مستغلة كليا)**

مثلا القيد: C312، لدينا قيمة الطرف الأيمن للقيد RHS=10، القيمة المثلى LHS=10، SLACK=0.

في هذا القيد النموذج استغل الحد الأقصى للتسريح حيث أن أي تخفيض في قيم الطرف الأيمن سيجبر النموذج على الإبقاء أكبر عدد من المستخدمين في تلك الفئة مما قد يرفع التكلفة.

6.2.5.2. قيود التغطية بساعات العمل

تمثل القيود من C316 إلى C414 وتمثل الحدود الدنيا ساعات العمل المطلوبة في كل مورد بكل مصلحة.

- **قيود غير ملزمة (تغطية اعلى من الحد الأدنى)**

مثلا القيد: C316، لدينا قيمة الطرف الأيمن للقيد RHS=8760، القيمة المثلى LHS=9600، SLACK =−480.

وهذا يعني وجود 480 ساعة كفائض في ساعات العمل المقدمة مقارنة بالحد الأدنى المطلوب وعليه يمكن تخفيض الحد الأدنى دون أن يجبر النموذج على تغيير الحل الأمثل لان القيمة الحالية اعلى بكثير من المثلى.

- **قيود ملزمة (العمل عند الحد الأدنى بالضبط)**

مثلا القيد: C323، لدينا قيمة الطرف الأيمن للقيد RHS=1920، القيمة المثلى LHS=1920، SLACK =0.

وهذا يعني توفير ساعات عمل مساوية تماما للحد الأدنى المطلوب دون أي فائض ويكون النموذج حساسا لأي زيادة في القيم الحالية إذ سيتطلب مزيدا من ساعات العمل بينما أي تخفيض يقلل التغطية دون المستوى الحالي.

7.2.5.2. قيد الميزانية

القيد C416: وهو يمثل قيد الميزانية الكلية للموارد البشرية، لدينا قيمة الطرف الأيمن للقيد =RHS 660,280,000.00، القيمة المثلى 647,285,925.29 =LHS، SLACK = 12,994,074.71.

أي أن الحل الأمثل يستعمل 98.03 % من الميزانية المتاحة ويبقى هامش مالي قدره 1.97 % وهو قيد غير ملزم حيث انه يمكن أن ترتفع التكاليف بمقدار 13 مليون دج زيادة دون أن يتأثر قيد الميزانية وهذا يدل على أن قيود التغطية والحدود الدنيا هي التي تؤثر على الحل الأمثل لكن أي تخفيض في الميزانية عن التكلفة المنفقة في الحل الأمثل يجبر النموذج على تعديل التخصيص أو تقليل التوظيف أو تخفيض قيود ساعات العمل ذات الفائض الكبير.

المطلب الثاني: جدولة عمل التمريض

تعتبر الموارد البشرية التمريضية الركيزة الأساسية التي تقوم عليها الخدمات الصحية المستمرة في المستشفيات حيث تضمن مرافقة المريض طيلة تواجده في المستشفى دون انقطاع، إدارة هذه الموارد تعد تحديا بالغ التعقيد لجدولتها فهذه العملية لا تقتصر على مجرد توزيع ساعات العمل فقط بل تهدف الى التوازن من خلال توفير خدمات علاجية دائمة بكفاءة وفعالية.

تبرز هذه المشكلة في ان أي خلل في التوازن سواء نقص التغطية خلال فترات الذروة او سوء توزيع الممرضين خلال المناوبات يؤدي مباشرة الى تدني جودة الخدمات الصحية وزيادة الضغط على الطواقم التمريضية مما يستلزم البحث عن إيجاد حلول للمشكلة بأساليب علمية لتحقيق الكفاءة في تقديم خدمات تمريضية خاصة بمصالح الاستعجالات التي تتميز بتدفق عال ومتغير للمرضى.

2. النمذجة الرياضية للمشكلة

يعد الاحتياج الفعلي من الموارد البشرية أمرا مهما لضمان جودة الرعاية الصحية والاستجابة الفعالة للطلب المتغير على الخدمات الاستعجالية خاصة في أوقات الذروة.

وعليه ونهدف إلى الوصول إلى العدد الأمثل من الممرضين لكل مناوبة في مصلحة الاستعجالات بالمؤسسة محل الدراسة خلال سنة 2023 حيث تم الاعتماد على بيانات متوسط وصول المرضى على مدار 24 ساعة، مقسمة إلى 8 فترات مدة كل منها 3 ساعات بالإضافة إلى تقدير الوقت اللازم للخدمات التمريضية حسب درة خطورة حالة المريض.

والجدول الموالي يوضح أنماط توزيع وصول المرضى على مدار 24 ساعة

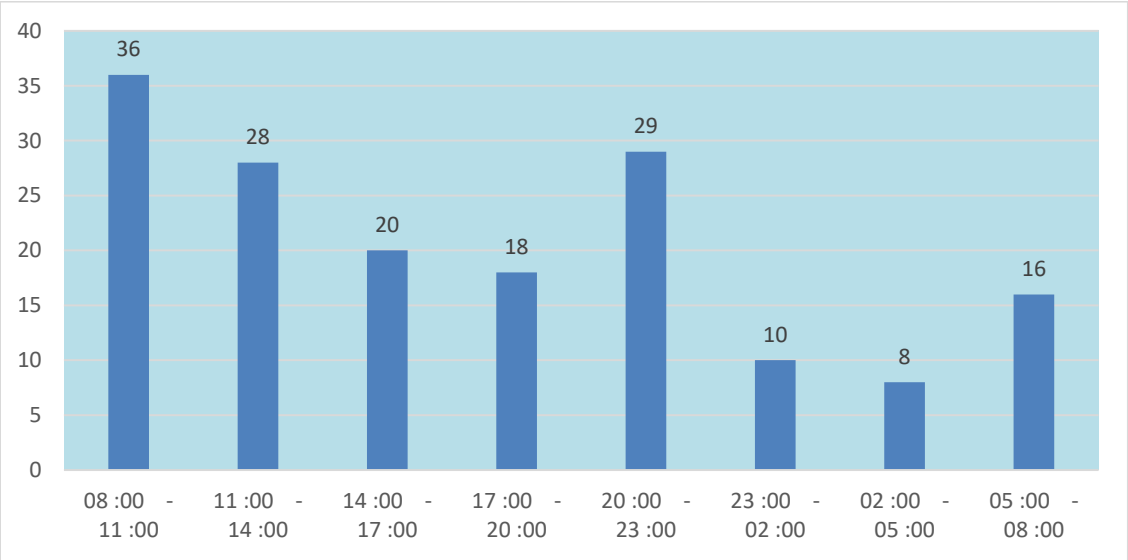
الجدول رقم (25.3): توزيع تدفق المرضى على مدار اليوم

الفترة الزمنية	متوسط عدد المرضى	النسبة%
08 :00 - 11 :00	36	21,82
11 :00 - 14 :00	28	16,97
14 :00 - 17 :00	20	12,12
17 :00 - 20 :00	18	10,91
20 :00 - 23 :00	29	17,58
23 :00 - 02 :00	10	6,06
02 :00 - 05 :00	8	4,85
05 :00 - 08 :00	16	9,70
المجموع اليومي	165	100

المصدر: المديرية الفرعية للمصالح الصحية

حيث يظهر الجدول تباينا واضحا في معدلات وصول المرضى خلال اليوم حيث يبلغ العدد الإجمالي اليومي إلى 165 مريض في المتوسط، والشكل الموالي يبرز ذلك:

الشكل رقم (2.3): متوسط تدفق المرضى على مصلحة الاستعجالات خلال اليوم



المصدر: إعداد الطالب بالاعتماد على الجدول رقم (18.3)

من خلال الجدول نلاحظ أن مصلحة الاستعجالات تسجل اعلى معدلات الوصول خلال الفترة الصباحية بـ 36 مريض تليها فترة ذروة مسائية بـ 29 مريض وتعتبر الفترة **(00: 02-00: 05)** كأقل فترة لتوافد المرضى وهو ما يتطلب رعاية تمريضي متوافقة مع حجم الطلب المتغير.

ينقسم نظام العمل المعتمد بمصلحة الاستعجالات بالمؤسسة محل الدراسة إلى مناوبتين تغطيان اليوم كاملا (24 ساعة)، وهو ما يوضحه الجدول التالي:

الجدول رقم (26.3): فترات المناوبة في قسم الاستعجالات

المناوبة	التقسيم الزمني للمناوبة	الممرضين المخصصين
مناوبة نهارية	08 :00 - 17 :00	9 ممرضين
مناوبة ليلية	17 :00 - 08 :00	7 ممرضين
المجموع	24 ساعة	16 ممرض

المصدر: المديرية الفرعية للمصالح الصحية

تقدير متطلبات الرعاية التمريضية

لتحديد العبء التمريضي المطلوب تم الاعتماد على تصنيف المرضى إلى ثلاث فئات حسب درجة الخطورة وتقدير الوقت اللازم للخدمات التمريضية لكل فئة كما هو محدد في الجدول:

الجدول رقم (27.3) وقت الخدمة التمريضية حسب درجة خطورة الحالة

درجة الخطورة	متوسط الوقت المطلوب (دقيقة)
منخفضة	10
متوسطة	20
عالية	45

المصدر: اعداد الطالب

تم تصنيف المرضى الوافدين على مصلحة الاستعجالات بناء على درجة الخطورة حيث كانت النتائج:

- 20 %من إجمالي المرضى احتاجوا إلى خدمات تمريضية منخفضة،
- 40 %من إجمالي المرضى احتاجوا إلى خدمات تمريضية متوسطة،
- 40% من إجمالي المرضى احتاجوا إلى خدمات تمريضية عالية.

بناء على تحليل تدفق المرضى وتصنيف درجة الخطورة تم حساب أعباء العمل التمريضي بالدقائق لكل فترة ومن ثم احتساب العدد اللازم من الممرضين لكل فترة وهو ما يلخصه الجدول التالي:

الجدول رقم (28.3): تقدير عبء العمل التمريضي والاحتياج للممرضين

الفترات الزمنية	عدد المرضى	متوسط المرضى / ساعة	إجمالي وقت الرعاية المطلوب(دقيقة)	العدد اللازم من الممرضين
08 :00 - 11 :00	36	12	336	6
11 :00 - 14 :00	28	10	280	5
14 :00 - 17 :00	20	7	196	4
17 :00 - 20 :00	18	6	168	3
20 :00 - 23 :00	29	10	280	5
23 :00 - 02 :00	10	4	112	2
02 :00 - 05 :00	8	3	84	2
05 :00 - 08 :00	16	6	168	3

المصدر: من إعداد الطالب بالاعتماد على بيانات مصلحة الاستعجالات

حيث أنه يتم حساب العدد اللازم من الممرضين خلال ساعة عمل باتباع خطوتين أساسيتين:

1. حساب الرعاية التمريضية اللازمة خلال ساعة (بالدقائق):

يتم حساب وقت الرعاية التمريضية المطلوبة بالدقائق في الساعة الواحدة بناء على تصنيف المرضى حسب درجة الخطورة (منخفضة، متوسطة، عالية).

- الرعاية اللازمة خلال ساعة:(متوسط عدد المرضى) (رعاية منخفضة 20%* *10د) +(رعاية متوسطة 40%* 20د) +(رعاية مكثفة 40%*45 د.)

2. حساب العدد اللازم من الممرضين المطلوب في الساعة عن طريق قسمة إجمالي وقت الرعاية اللازم بالدقائق على عدد الدقائق في الساعة(60دقيقة):

العدد اللازم من الممرضين:(الرعاية التمريضية اللازمة خلال ساعة(بالدقائق) / 60 دقيقة)

3. بناء النموذج الرياضي

لحل مشكلة الجدولة المثلى للممرضات سوف نستخدم نموذج البرمجة الخطية بأعداد صحيحة (Integer linear programming) حيث تسعى إدارة المؤسسة إلى تقليل العدد الإجمالي للممرضات مع ضمان تلبية الحد الأدنى من الاحتياجات التمريضية خلال كل فترة زمنية.

يستند النموذج إلى تحليل دورة عمل يومية مدتها 24 ساعة مقسمة إلى 8 فترات زمنية متساوية مدة كل منها 3 ساعات، وبما أن المناوبات في مصلحة الاستعجالات مقسمة إلى فترتين حيث انه يمكن أن تتضمن المناوبات ممرضات من فترات زمنية مختلفة مثلا المناوبة من (00: 08–00: 17) يمكن أن تتضمن على ممرضات من الفترة (00: 08–00: 11) والفترة (00: 11–00: 14) والفترة (–00: 17 00: 14).

1.3. متغيرات القرار

تعرف متغيرات القرار X_j على أنها عدد الممرضين اللذين يبدؤون العمل في الفترة الزمنيةj وهي أعداد صحيحة غير سالبة

$$X_j \in \{0, 1, 2, \dots\} \quad j = 1, 2, \dots, 8$$

2.3. دالة الهدف

تهدف إدارة المستشفى إلى تقليل العدد الإجمالي للممرضين المجدولين خلال اليوم مع ضمان تلبية الاحتياجات التمريضية خلال جميع الفترات الزمنية، وعليه يمكن صياغة دالة الهدف على النحو التالي:

$$\min z = \sum_{j=1}^{8} X_j$$

حيث تمثل Z العدد الكلي للممرضين المطلوبين لتغطية العمل في اليوم الواحد

3.3. القيود

قيود تلبية الطلب خلال الفترات الزمنية (الحد الأدنى من الممرضين اللازم)

يجب أن تكون عدد الممرضين المتاحين في كل فترة زمنية أكبر من أو يساوي الحد الأدنى المطلوب لتلك الفترة.

الفترة : **(00: 08–00: 11)**	$X1 \geq 6$
الفترة : **(00: 11–00: 14)**	$X1 + X2 \geq 5$
الفترة : **(00: 14–00: 17)**	$X1 + X2 + X3 \geq 4$
الفترة : **(00: 17–00: 20)**	$X4 \geq 3$
الفترة : **(00: 20–00: 23)**	$X4 + X5 \geq 5$
الفترة : **(00: 23–00: 02)**	$X4 + X5 + X6 \geq 2$
الفترة : **(00: 02–00: 05)**	$X4 + X5 + X6 + X7 \geq 2$
الفترة : **(00: 05–00: 08)**	$X4 + X5 + X6 + X7 + X8 \geq 3$

عدم السالبية

$$X_j \geq 0 \quad X_j \; integer \; / j = 1, 2, \ldots, 8$$

4. الحل الأمثل

تم حل نموذج البرمجة الخطية بأعداد صحيحة باستخدام البرنامج الجاهز **WIN QSB** (Windows) Quantitative Systems for Business) هو برنامج حاسوبي متكامل لتحليل وحل مشاكل البحث العملياتي (Operations Research) وإدارة الأعمال.) عن طريق خوارزمية التفريع والتحديد BRANCH-AND-BOUND ALGORITHM حيث تم الوصول إلى الحل الأمثل.

استنادا إلى جدول الحل الأمثل للنموذج الرياضي بالملحق رقم (2) التوصل إلى التوزيع الأمثل للممرضات والذي يحقق هدف تقليل العدد الإجمالي للممرضات.

قيمة دالة الهدف المثلى:

- العدد الكلي الأمثل للممرضات المطلوب جدولتهم هو Z=11 ممرضة،
- قيم متغيرات القرار المثلى:
  - $X_1 = 6$ (عدد الممرضين الذين يبدؤون العمل في الفترة j=1)،
  - $X_4 = 3$ (عدد الممرضين الذين يبدؤون العمل في الفترة j=4)،
  - $X_5 = 2$ (عدد الممرضين الذين يبدؤون العمل في الفترة j=5)،
  - بينما كانت قيم المتغيرات الأخرى $X_j = 0 \ / \ j = 2,3,6,7,8$ مساوي للصفر.

يمثل هذا الحل الحد الأدنى من الممرضين اللازمين لمصلحة الاستعجالات لضمان تلبية متطلبات الرعاية الصحية التمريضية خلال اليوم.

كما تم تقليل العدد الإجمالي الممرضين من 16 ممرض وهو العدد المحدد سابقا بالطريقة اليدوية لمتخذ القرار إلى 11 ممرض فقط باستخدام النموذج.

وهذا يشير إلى أن الحل الأمثل يتطلب تشغيل 11 ممرض فقط خلال اليوم من خلال جدولة بداية المناوبات في الفترات 1 و4 و5 دون الحاجة إلى تشغيل ممرضين إضافيين مما يعكس قدرة النموذج على تحقيق هدف التدنية مع احترام قيود تغطية الطلب.

يمثل هذا التخفيض توفيرا بنسبة 31.25 % في متطلبات التوظيف اليومية مما يؤدي إلى خفض مباشر وكبير في التكاليف التشغيلية لمصلحة الاستعجالات بالمؤسسة محل الدراسة.

5.تحليل نتائج النموذج الثنائي

1.5. الموارد المستغلة بشكل كامل

وهي المتغيرات التي تم استغلال طاقاتها التشغيلية بالكامل ويكون الفائض فيها مساويا للصفر (X1، X4،X5):

القيدc1: قيد نشط: سعر الظل الموجب 1 يعني أن أي زيادة بوحدة واحدة في الحد الأدنى المطلوب لهذه الفترة سيؤدي إلى زيادة مباشرة في دالة الهدف بمقدار 1 وهذا يمثل التكلفة الحدية لزيادة الطلب في هذه

الفترة مما يشير إلى أن التغطية التمريضية خلال هذه الفترة هي مورد نادر وله تأثير مباشر على التكلفة الكلية لمصلحة الاستعجالات.

القيد c4: قيد نشط: على الرغم من أن هذا القيد نشط (الفائض يساوي 0) فان سعر الظل يساوي 0 مما يشير إلى تأثر الحل الأمثل في حالة التغيير وهذا يعني انه يجب عدم تخفيض الطرف الأيمن له

القيد c5: قيد نشط: مماثل للقيد الأول سعر الظل يساوي 1 يعني أن أي زيادة بوحدة واحدة في الحد الأدنى المطلوب لهذه الفترة سيؤدي إلى زيادة مباشرة في دالة الهدف بمقدار 1 وهنا يجب على متخذ القرار الموازنة بين متطلبات الجودة وبين التكلفة الإضافية المباشرة التي تفرضها هذه الزيادة.

2.5. الموارد غير المستغلة بشكل كامل

وهي المتغيرات التي يكون الفائض فيها أكبر من الصفر مما يدل على وجود تغطية تمريضية تزيد عن الحد الأدنى المطلوب.

أما بالنسبة المتغيرات التالية (X2,X3, X6 ,X7,X8) والتي بها نقص لان القيمة الفائضة أكبر من الصفر.

أما سعر الظل لهذه الموارد (X2,X3,X4 X6 ,X7,X8) يساوي الصفر مما يؤكد أن تلبية متطلبات الطلب في الفترات لا تضيف أي تكلفة حدية في النموذج، وهذا يعني أي زيادة في عدد وحدات المورد لا تؤدي إلى أي زيادة في قيمة دالة الهدف، أي أن المورد غير نادر.

بما أن سعر الظل هو صفر فهذا يعني أن المورد (متطلبات التمريض في تلك الفترة) ليس مورد نادرا ويمكن زيادة أو تخفيض الحد الأدنى لمتطلبات الطلب في هذه الفترات ضمن الحدود الموضحة في الملحق رقم (2) دون التأثير على قيمة دالة الهدف المثلى أو زيادة التكاليف الكلية.

إن الفائض الموجود في هذه الفترات هو ناتج عن استمرارية عمل الممرضين الذين يبدؤون مناوبتهم في فترات سابقة وحرجة c1 وc5 وليس ناتج عن ممرضين جدد.

ويشير هذا إلى أن متخذ القرار بمصلحة الاستعجالات يمكنه الاستفادة من هذه التغطية الفائضة في التكفل بالتغيرات غير المتوقعة أو الحالات الطارئة دون الحاجة لجدولة ممرضين إضافيين أو زيادة التكلفة.

المبحث الثالث: التخصيص الأمثل للموارد التشغيلية الاستشفائية

تعد عملية تخصيص الموارد في المؤسسات العمومية الاستشفائية من بين اهم القضايا الإدارية والاقتصادية نظرا لطبيعة الموارد وشحها والطلب المتزايد على الخدمات الصحية، وعلى هذا الأساس وجب الانتقال من التسيير التقليدي لهذه الموارد الى التسيير العقلاني بالاعتماد على الأساليب الكمية كالبرمجة الخطية بأعداد صحيحة وتكمن أهمية هذا الأسلوب الرياضي في قدرته على التعامل مع الموارد الغير قابلة للتجزئة مما يسمح بالتخصيص الأمثل لها وتحديد التغيرات الممكنة بأقل تكاليف ممكنة.

المطلب الأول: صياغة الإشكالية وبناء النموذج الرياضي

من خلال المطلب سوف نحاول تكويل المشكلة الى شكل نموذج رياضي قابل للحل والتطبيق والتعميم كما يلي:

1. الصياغة النظرية والرياضية للنموذج

1.1. الإشكالية

تتمثل المشكلة الأساسية التي تواجه متخذ القرار في المؤسسة الصحية في كيفية إيجاد التوليفة المثلى من الموارد التي تضمن اعلى كفاءة تشغيلية بأقل التكاليف الممكنة دون الاخلال بالاستقرار التنظيمي للمؤسسة وعليه سوف نحاول إيجاد التخصيص الأمثل للموارد المتاحة من خلال تدنية التكاليف الإجمالية للمستشفى مع المحافظة على الأقل على الخدمات المقدمة انطلاقا من الوضع الحالي والبحث عن التغيرات الممكنة (بالزيادة او بالنقصان) باستخدام البرمجة الخطية بأعداد صحيحة.

2.1. المتغيرات

لدينا:

- المتغيرات المستعملة خلال السنة: $(i = 10, \dots, 32)$،
- المصالح الصحية: $(j = 1, \dots, 11)$.

حيث:

- **التغذية**
  - X_{10j} : عدد الوجبات المقدمة للمرضى في المصلحة j،
  - X_{11j} : عدد الوجبات المقدمة لمستخدمي المناوبة في المصلحة j.

- **المواد الصيدلانية**

- X_{12j} : عدد وحدات العمل المغطاة بالأدوية في المصلحة j،
- X_{13j} : عدد وحدات العمل المغطاة بالمحاليل الوريدية في المصلحة j،
- X_{14j} : عدد وحدات اللقاح في المصلحة j،
- X_{15j} : عدد وحدات العمل المغطاة بالمطهرات في المصلحة j،
- X_{16j} : عدد وحدات العمل المغطاة بالضمادات في المصلحة j،
- X_{17j} : عدد وحدات العمل المغطاة بالمستهلكات الطبية في المصلحة j،
- X_{18j} : عدد الوحدات العمل المغطاة بأفلام التصوير الطبي في المصلحة j،
- X_{19j} : عدد الوحدات العمل المغطاة بالمفاعلات المخبرية في المصلحة j.

- **اللوازم المختلفة**

- X_{20j} :عدد الحزم الضرورية من لوازم المكتب المخصصة للمصلحة j،
- X_{21j} :عدد الحزم الضرورية من الأفرشة المخصصة للمصلحة j،
- X_{22j} : عدد الحزم الضرورية من مواد التنظيف المخصصة للمصلحة j،
- $X_{23\ j}$: عدد البدلات المخصصة للمستخدمين في المصلحة j،
- X_{24j} :عدد الوحدات من العتاد الطبي في المصلحة j،
- X_{25j} :عدد الوحدات من العتاد غير الطبي في المصلحة j.

- **أشغال الصيانة**

- X_{26j} :عدد تدخلات الصيانة الوقائية في المصلحة j.

- **التكاليف المشتركة**

- $X_{27\ j}$: عدد الوحدات (متر مكعب) من الماء في المصلحة j،
- $X_{28\ j}$: عدد الوحدات (متر مكعب) من الغاز في المصلحة j،
- $X_{29\ j}$: عدد الوحدات (كيلوواط ساعي) من الكهرباء في المصلحة j،
- $X_{30\ j}$:عدد الوحدات (لتر) من الوقود في المصلحة j،
- $X_{31\ j}$: عدد الوحدات (لتر) من الأكسجين في المصلحة j،
- $X_{32\ j}$: عدد الوحدات (خط) من الهاتف و الأنترنت في المصلحة j.

3.1. الصيغة الرياضية لدالة الهدف

الهدف الأساسي لهذا النموذج هو إيجاد التخصيص الأمثل للموارد الذي يحدد التكلفة الكلية الفعالة لكل قرار تتخذه إدارة المستشفى، من خلال تدنية اجمالي التكاليف الناتجة عن ثلاث عوامل وهي التكلفة التشغيلية الحالية، تكلفة الزيادة، تكلفة التخفيض.

$$MIN\ Z = \sum_{i,j} (C_{ij}X^{cur} + \alpha_{ij}d^{+}_{ij} + \beta_{ij}d^{-}_{ij})$$

حيث:

4.1. المعلمات

C_{ij} : التكلفة السنوية للوحدة الواحدة من المورد i في المصلحة j،

X^{cur}_{ij} : تمثل عدد الوحدات الحالية المخصصة من المورد i في المصلحة j،

α_{ij} : تكلفة زيادة وحدة واحدة من المورد i في المصلحة j،

β_{ij} : تكلفة تخفيض وحدة واحدة من المورد i في المصلحة j،

U_{ij} : الحد الأقصى المسموح به للمورد i في المصلحة j،

L_{ij} : الحد الأدنى المسموح به للمورد i في المصلحة j.

5.1. متغيرات القرار

X_{ij} : تمثل عدد الوحدات المثلى المخصصة من المورد i في المصلحة j،

d^{+}_{ij} : تمثل عدد الوحدات الممكن زيادتها من المورد i في المصلحة j،

d^{-}_{ij} : تمثل عدد الوحدات الممكن تخفيضها من المورد i في المصلحة j.

6.1. القيود

- **قيد ربط التخصيص الحالي بالتخصيص الجديد (الانطلاق من الوضح الحالي)**

هذا القيد يحدد العلاقة بين التخصيص الحالي للموارد والتخصيص الأمثل وذلك من خلال تحديد حجم التغيير المطلوب (بالزيادة أو النقصان).

$$X_{ij} = X^{cur}_{ij} + \alpha_{ij}d^{+}_{ij} - \beta_{ij}d^{-}_{ij}$$

مع قيم $\alpha_{ij} \leq \beta_{ij}$ لتفادي التخفيض.

- **قيد الحدود الأعلى والأدنى**

يضمن أن التخصيص النهائي يقع ضمن الحدود الدنيا والحدود القصوى المسموح بها للمورد i في المصلحة j،

$$X_{ij} \geq L_{ij}$$

الحد الأدنى للمورد (L_{ij}) يمثل اقل عدد من الوحدات من المورد i يجب ان تظل موجود بالمصلحة j لضمان سير المصالح.

$$X_{ij} \leq U_{ij}$$

الحد الاقصى للمورد (U_{ij}) يعبر عن الطاقة الاستعابية القصوى للمصلحة j من المورد i وهو ما يمنع النموذج من تخصيص موارد أكثر مما تسمح به قدرة استيعاب المصلحة.

- **قيود التغير النسبي**

يعني عدم السماح للنموذج بأن يزيد او ينقص عدد الموارد بأكثر من حد معين (10% مثلا) عن الوضع الحالي وذلك لضمان استقرار العمل التشغيلي للمستشفى ومنع التغيرات الكبيرة.

$$X_{ij} \geq (1 + 0.1)X^{cur}{}_{ij}$$
$$X_{ij} \leq (1 - 0.1)X^{cur}{}_{ij}$$

حيث يهدف صاحب القرار بالمؤسسة محل الدراسة الى التكفل بأكبر عدد من المرضى بأقل التكاليف الممكنة، وهذا من خلال رفع عدد الوحدات من الوجبات الغذائية والموارد الصيدلانية والصيانة للتكفل بأكبر عدد ممكن من المرضى كاستراتيجية للتأهب ضد الأوبئة او التغيرات المفاجئة في الوضع الصحي، مع خفض النفقات غير المباشرة بالمريض كتغذية المستخدمين وتكاليف اللوازم المختلفة والموارد المشتركة لترشيد الاستهلاك وتخفيض التكاليف غير الضرورية أو إعادة توجيهها للتكفل باحتياجات المرضى.

- **قيود الميزانية**

$$\sum_{i,j} C_{ij}X_{ij} \leq Budget$$

وهو الحد المالي الاقصى المتاح للمستشفى لتغطية التكاليف التشغيلية لمختلف الموارد على مستوى المصالح.

- **قيود عدم السالبية**

$$d^{-}{}_{ij} \ , \ d^{+}{}_{ij} \ , \ X_{ij} \geq 0$$

2.النموذج الرياضي

1.2. دالة الهدف

$$\boldsymbol{MIN\ Z = \sum_{i,j} (C_{ij} X^{cur} + \alpha_{ij} d^{+}_{ij} + \beta_{ij} d^{-}_{ij})}$$

$$\forall\ (i = 10,..,,32)\ \ (j = 1, \dots, 11)$$

2.2. القيود

سوف نحاول وضع مثال لكل قيد كما يلي:

1.2.2. قيود التغذية

تغذية المرضى

مثال: تغذية المرضى بمصلحة الجراحة العامة.

عدد الوجبات التي يحتاجها المريض في وحدة العمل (يوم استشفائي) بمصلحة الجراحة العامة هي 3 وجبات (فطور، غداء، عشاء) .

- **قيد الانطلاق من الوضع الحالي**

$$X_{ij} = X^{cur}{}_{ij} + d^{+}{}_{ij} - d^{-}{}_{ij}$$

$$X_{ij} - d^{+}{}_{ij} + d^{-}{}_{ij} = X^{cur}{}_{ij}$$

$$X_{10\,5} - d^{+}{}_{10\,5} + d^{-}{}_{10\,5} = 8874$$

للبحث عن القيمة المثلى انطلاقا من القيمة الحالية والتغيرات بالزيادة او النقصان.

- **قيود تلبية الحد الأدنى لتغذية المرضى**

عدد وحدات العمل (يوم استشفائي) الدنيا بمصلحة الجراحة العامة خلال السنة، يجب أن تغطي عدد الوجبات المقدمة للمرضى على الأقل احتياجات المرضى خلال السنة.

$$\boldsymbol{X_{10\,5} \geq 1023}$$

يجب ألا تقل عدد الوجبات المقدمة للمرضى عن كامل احتياجات المرضى خلال السنة بمصلحة الجراحة العامة عن 1023 وجبة في السنة.

- **قيود الطاقة الاستيعابية القصوى**

الطاقة الاستيعابية القصوى للمصلحة: عدد وحدات العمل (الأيام الاستشفائية) الممكنة في المصلحة j خلال السنة وبالتالي لا يمكن أن تزيد عدد الوجبات عن الطاقة القصوى.

عدد وحدات العمل بالطاقة القصوى هو (24 سرير استشفائي) * عدد أيام السنة (365) = **8760** مع 3 وجبات لكل مريض في اليوم يكون الحد الأقصى 26280 وجبة خلال السنة.

$$X_{10\,5} \leq 26280$$

يجب ألا تزيد عدد الوجبات المقدمة في مصلحة الجراحة العامة خلال السنة الطاقة الاستيعابية القصوى أي عن (26280 وجبة) في السنة.

- **قيد التغير النسبي**

$$X_{10\,5} \geq (1 + 0.1)X^{cur}{}_{10\,5}$$
$$X_{10\,5} \geq (1 + 0.1)8874$$

يعني انه يجب ان لا تقل عدد الوحدات من الوجبات الغذائية عن الحد الحالي مضاف اليه نسبة زيادة قدرها 10% عن الحد الحالي للتكفل بأكبر عدد ممكن من المرضى كاستراتيجية للتأهب ضد الأوبئة او التغيرات المفاجئة في الوضع الصحي.

تغذية المستخدمين

مثال: تغذية المستخدمين بمصلحة الجراحة العامة، عدد الوجبات التي يحتاجها الموظف في اليوم هي 2 بمصلحة الجراحة العامة.

- **قيد الانطلاق من الوضع الحالي**

$$X_{ij} = X^{cur}{}_{ij} + d^{+}{}_{ij} - d^{-}{}_{ij}$$
$$X_{ij} - d^{+}{}_{ij} + d^{-}{}_{ij} = X^{cur}{}_{ij}$$
$$X_{11\,5} - d^{+}{}_{11\,5} + d^{-}{}_{11\,5} = 1460$$

- **قيود الحد الأدنى**

يجب تغطية عدد الوجبات الدنيا اللازمة سنويا للتكفل بتغذية المستخدمين في مصلحة الجراحة العامة

$$X_{11\,5} \geq 1022$$

- **قيود الحد الاقصى**

يجب ان لا تزيد عدد الوجبات سنويا للتكفل بتغذية المستخدمين في مصلحة الجراحة العامة

$$X_{11\,5} \leq 1898$$

- **قيد التغير النسبي**

$$X_{11\,5} \leq (1 - 0.1)X^{cur}{}_{11\,5}$$
$$X_{11\,5} \leq (1 - 0.1)8874$$

يعني انه يجب ان لا تزيد عدد الوحدات من الوجبات الغذائية المقدمة للمستخدمين بنسبة قدرها 90 % عن الحد الحالي كاستراتيجية لترشيد النفقات واستغلالها للتكفل بأكبر عدد ممكن من وحدات ذات العلاقة المباشرة بالمريض.

2.2.2.قيود المواد الصيدلانية

مثال: عدد الوحدات المغطاة بحزمة الادوية في مصلحة الجراحة العامة.

- **قيد الانطلاق من الوضع الحالي**

$$X_{12\,5} - d^{+}_{12\,5} + d^{-}_{12\,5} = 2958$$

للبحث عن القيمة المثلى من الوحدات المغطاة بالأدوية في مصلحة الجراحة العامة انطلاقا من القيمة الحالية والتغيرات بالزيادة او النقصان.

- **شرط التغطية الدنيا بالأدوية**

يجب تغطية المصلحة بالحد الأدنى المطلوب حسب عدد وحدات العمل (يوم استشفائي) بالأدوية.

$$X_{12\,5} \geq 2070$$

هذا القيد يمثل الحد الأدنى الواجب تغطيته، حيث يجب أن تكون جميع وحدات العمل الاستشفائية الفعلية (يوم استشفائي) في مصلحة الجراحة العامة مغطاة بالأدوية مما يضمن استمرارية الخدمات الطبية وبالتالي عدم حدوث أي نقص في التموين بالأدوية للمرضى.

- **شرط عدم تجاوز القدرة الاستيعابية للمصلحة**

وبالتالي لا يمكن أن تزيد عدد وحدات العمل الاستشفائية المغطاة بالأدوية في مصلحة الجراحة العامة عن:

$$X_{12\,5} \leq 8760$$

هذا القيد يمثل الحد الأقصى الممكن أي لا يمكن أن يتجاوز استهلاك الدواء الطاقة الاستيعابية القصوى.

- **قيد التغير النسبي**

$$X_{12\,5} \geq (1 + 0.1)X^{cur}_{12\,5}$$
$$X_{12\,5} \geq (1 + 0.1)2958$$

يعني انه يجب ان لا تقل عدد وحدات العمل الاستشفائية المغطاة دوائيا بمصلحة الجراحة العامة عن نسبة زيادة قدرها 10% زيادة عن الحد الحالي للتكفل بأكبر عدد ممكن من المرضى كاستراتيجية للتأهب ضد الأوبئة او التغيرات المفاجئة في الوضع الصحي.

3.2.2. قيود اللوازم

قيود اللوازم المكتبية

مثال: عدد الحزم من اللوازم المكتبية في مصلحة الجراحة العامة.

- **قيد الانطلاق من الوضع الحالي**

$$X_{20\,5} - d^{+}_{20\,5} + d^{-}_{20\,5} = 12$$

للبحث عن القيمة المثلى من الوحدات المغطاة بالأدوية في مصلحة الجراحة العامة انطلاقا من القيمة الحالية والتغيرات بالزيادة او النقصان.

- **قيود عدم تجاوز الحد الاقصى**

$$X_{20\,5} \leq 16$$

يضع هذا القيد حدا اعلى للاستهلاك أي انه يجب أن تحصل مصلحة الجراحة العامة على 16 حزمة على الأكثر من اللوازم المكتبية خلال سنة 2023.

- **قيود ضمان الحد الأدنى للخدمة**

$$X_{20\ 5} \geq 8$$

يضمن هذا القيد حدا أدنى للاستهلاك أي انه يجب أن تحصل مصلحة الجراحة العامة على 08 حزم على الأقل من اللوازم المكتبية خلال السنة لضمان توفر الأساسيات اللازمة للعمل اليومي.

يجب ألا تزيد عدد الحزم المقدمة للمصلحة عن حزمة كل 23 يوم أي (16 حزمة سنويا) كحد اقصى، وألا يقل عدد الحزم عن حزمة كل 36 يوم بمجموع 8(حزم سنويا) كحد أدنى، حيث أن سعر الحزمة يختلف من مصلحة لأخرى.

- **قيد التغير النسبي**

$$X_{20\ 5} \leq (1 - 0.1)12$$

يعني انه يجب ان لا تزيد عدد الوحدات من حزمة اللوازم المكتبية بنسبة قدرها 90 % من الحد الحالي كاستراتيجية لترشيد النفقات واستغلالها للتكفل بأكبر عدد ممكن من وحدات ذات العلاقة المباشرة بالمريض.

الأفرشة

مثال: الحزم من الافرشة في مصلحة الجراحة العامة.

- **قيد الانطلاق من الوضع الحالي**

$$X_{21\,5} - d^{+}_{21\,5} + d^{-}_{21\,5} = 24$$

للبحث عن القيمة المثلى من الوحدات من الافرشة في مصلحة الجراحة العامة انطلاقا من القيمة الحالية (24 حزمة من الافرشة) والتغيرات بالزيادة او النقصان.

- **قيود ضمان الحد الأدنى للخدمة**

$$X_{21\,5} \geq 16$$

أي ضمان تخصيص ما لا يقل عن 16 حزمة سنويا كأدنى حد لتلبية الحاجيات الأساسية بمصلحة الجراحة العامة.

- **قيود عدم تجاوز الحد الأقصى**

$$X_{21\,5} \leq 32$$

لضمان عدم تجاوز عدد الحزم الموزعة في مصلحة الجراحة العامة عن 32 حزمة في السنة على الأكثر.

- **قيد التغير النسبي**

$$X_{21\,5} \leq (1 - 0.1)12$$

يعني انه يجب ان لا تزيد عدد الوحدات من حزمة الافرشة بنسبة قدرها 90 % عن الحد الحالي كاستراتيجية لترشيد النفقات.

مواد التنظيف

مثال: الحزم من مواد التنظيف في مصلحة الجراحة العامة.

- **قيد الانطلاق من الوضع الحالي**

$$X_{22\,5} - d^{+}_{22\,5} + d^{-}_{22\,5} = 12$$

للبحث عن القيمة المثلى من الوحدات من مواد التنظيف في مصلحة الجراحة العامة انطلاقا من القيمة الحالية (12 حزمة من مواد التنظيف) والتغيرات بالزيادة او النقصان.

- **قيود عدم تجاوز الاستهلاك الأقصى**

$$X_{22\,5} \leq 16$$

يعني هذا القيد أنه يجب ألا تزيد عدد الحزم من مواد التنظيف المخصصة لمصلحة الجراحة العامة عن 16 حزمة خلال السنة.

- **قيود ضمان الحد الأدنى للخدمة**

$$X_{22\ 5} \geq 8$$

يعني هذا القيد انه يجب أن تحصل كل مصلحة على ما لا يقل عن 08 حزم من مواد التنظيف خلال السنة لضمان توفر اللوازم اللازمة للعمل اليومي.

- **قيد التغير النسبي**

$$X_{22\ 5} \leq (1 - 0.1)12$$

يعني انه يجب ان لا تزيد عدد الوحدات من حزمة مواد التنظيف بمصلحة الجراحة العامة بنسبة قدرها 90 % من الحد الحالي كاستراتيجية لترشيد النفقات.

قيود الألبسة

مثال: الحزم من الالبسة في مصلحة الجراحة العامة.

- **قيد الانطلاق من الوضع الحالي**

$$X_{23\ 5} - d^{+}_{23\ 5} + d^{-}_{23\ 5} = 12$$

للبحث عن القيمة المثلى من الوحدات من مواد التنظيف في مصلحة الجراحة العامة انطلاقا من القيمة الحالية (12 حزمة من الالبسة) والتغيرات بالزيادة او النقصان.

- **قيود ضمان الحد الأدنى للخدمة**

$$X_{23\ 5} \geq 21$$

يعني هذا القيد أنه يجب ألا تزيد عدد البدلات المخصصة لمصلحة الجراحة العامة عن 21 بدلة خلال السنة.

- **قيود عدم تجاوز الحد الأقصى**

$$X_{23\ 5} \leq 41$$

أي ضمان ألا تزيد عدد البدلات عن العدد الإجمالي الأقصى للمستخدمين بمصلحة الجراحة العامة.

- **قيد التغير النسبي**

$$X_{223\ 5} \leq (1 - 0.1)31$$

يعني انه يجب ان لا تزيد عدد الوحدات من حزمة الالبسة بمصلحة الجراحة العامة بنسبة قدرها 90 % من الحد الحالي كاستراتيجية لترشيد النفقات.

العتاد الطبي

مثال: الوحدات من العتاد الطبي في مصلحة الطب الداخلي $(i = 24\ ,\ j = 1)$.

- **قيد الانطلاق من الوضع الحالي**

$$\boldsymbol{X_{24\ 1} - d^{+}_{24\ 1} + d^{-}_{24\ 1} = 2}$$

للبحث عن القيمة المثلى من الوحدات من التجهيزات الطبية في مصلحة الطب الداخلي انطلاقا من القيمة الحالية (2 جهاز) والتغيرات بالزيادة او النقصان.

- $\boldsymbol{X_{24\,j}}$: عدد الوحدات من العتاد طبي في مصلحة j،
- $\boldsymbol{N_{k\,j}}$: قيمة تمثل العدد المخصص من العتاد الطبي k للمصلحة j.

- **قيد الحد الأقصى**

لا يمكن أن تزيد الكميات المشترات عن الحد الأقصى الممكن.

$$\boldsymbol{X_{24\ 1} \leq \sum_{k=1}^{7} N_{k\,1}}$$

$$\boldsymbol{X_{24\ 1} \leq 3}$$

- **قيد الحد الأدنى المطلوب:**

لا يمكن أن تقل الكميات المشترات عن الحد الادنى المطلوب وهذا لغرض تجديد حد أدنى من العتاد سنويا.

$$\boldsymbol{X_{24\ 1} \geq 1}$$

- **قيد التغير النسبي**

$$\boldsymbol{X_{24\,5} \leq (1 - 0.1)2}$$

يعني انه يجب ان لا تزيد عدد الوحدات من التجهيزات غير الطبية بمصلحة الطب الداخلي بنسبة قدرها 90 % من الحد الحالي كاستراتيجية لترشيد النفقات.

العتاد غير الطبي

مثال: الوحدات من العتاد غير الطبي في مصلحة الطب الداخلي $(i = 25\ ,\ j = 1)$.

- **قيد الانطلاق من الوضع الحالي**

$$\boldsymbol{X_{25\ 1} - d^{+}_{25\ 1} + d^{-}_{25\ 1} = 2}$$

للبحث عن القيمة المثلى من الوحدات من التجهيزات غير الطبية في مصلحة الطب الداخلي انطلاقا من القيمة الحالية (2 جهاز غير طبي) والتغيرات بالزيادة او النقصان.

X_{25j} :عدد الوحدات من العتاد غير الطبي في مصلحة j،

G_{Lj} : قيمة تمثل العدد المخصص من العتاد غير الطبي L للمصلحة j.

- **قيد الحد الأدنى**

لا يمكن أن تزيد الكميات المشترات عن الاحتياجات المطلوبة.

$$X_{25\ 1} \leq \sum_{k=1}^{6} G_{Lj}$$

$$X_{25\ 1} \leq 2 * 1 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0$$

$$X_{25\ 1} \leq 2$$

- **قيد الحد الأدنى المطلوب**

لا يمكن أن تقل الاعداد المشترات عن الحد الادنى المطلوب وهذا لغرض تجديد حد أدني من العتاد سنويا.

$$X_{25\ 1} \geq 1$$

- **قيد التغير النسبي**

$$X_{25\ 5} \leq (1 - 0.1)2$$

يعني انه يجب ان لا تزيد عدد الوحدات من التجهيزات غير الطبية بمصلحة الطب الداخلي بنسبة قدرها 90 % من الحد الحالي كاستراتيجية لترشيد النفقات.

4.2.2. قيود الصيانة

مثال: عدد تدخلات الصيانة الوقائية في المصالح الاقتصادية $(i = 26\ ,\ j = 11)$.

- **قيد الانطلاق من الوضع الحالي**

$$X_{26\ 1} - d^{+}_{26\ 1} + d^{-}_{26\ 1} = 25$$

للبحث عن القيمة المثلى من عدد تدخلات الصيانة في المصالح الاقتصادية انطلاقا من القيمة الحالية (25 تدخل) والتغيرات بالزيادة او النقصان.

- X_{26j} عدد تدخلات الصيانة الوقائية في المصلحة j.
- M_{pj}: قيمة تمثل عدد التدخلات السنوية لصيانة العتاد p في المصلحة j.

- **قيد الحد الأدنى المطلوب**

لا يمكن أن تقل عدد التدخلات عن العدد المطلوب.

$$X_{26\ 11} \geq \sum_{p=1}^{7} M_{Lj}$$

$$X_{26\ 11} \geq 9 + 4 + 1 + 1 + 1 + 1$$

$$X_{26\ 11} \geq 17$$

قيد الحد الاقصى الممكن

لا يمكن أن تزيد عدد التدخلات عن العدد المطلوب.

$$X_{26\ 11} \leq 33$$

قيد التغير النسبي.

$$X_{26\ 11} \geq (1 + 0.1)X^{cur}{}_{26\ 11}$$

$$X_{26\ 11} \geq (1 + 0.1)25$$

يعني انه يجب ان لا تقل عدد تدخلات الصيانة الوقائية عن نسبة زيادة قدرها 10% زيادة عن الحد الحالي لتفادي الاعطاب المفاجئة التي تكون عواقبها وخيمة على الخدمة الصحية وبالتالي المريض مباشرة.

5.2.2. قيود الموارد المشتركة

مثال: عدد الوحدات (لتر) من الماء بمصلحة الطب الداخلي.

- **قيد الانطلاق من الوضع الحالي**

$$X_{27\ 1} - d^{+}{}_{27\ 1} + d^{-}{}_{27\ 1} = 580$$

للبحث عن القيمة المثلى من عدد الوحدات من الماء بمصلحة الطب لداخلي انطلاقا من القيمة الحالية (25 تدخل) والتغيرات بالزيادة او النقصان.

- **قيود الحد الاقصى**

لضمان عدم تجاوز الاستهلاك الاقصى من الماء بمصلحة الطب الداخلي.

$$X_{27\ 1} \leq 754$$

- **قيود الحد الأدنى**

لضمان الحد الأدنى من استهلاك الموارد المشتركة مع ضمان الحد الأدنى من الخدمات.

$$X_{27\ 1} \geq 406$$

- **قيد التغير النسبي**

$$X_{27\ 1} \leq (1 - 0.1)2$$

يعني انه يجب ان لا تزيد عدد الوحدات المستهلكة من الماء بمصلحة الطب الداخلي بنسبة قدرها 90 % من الحد الحالي كاستراتيجية لترشيد النفقات محاربة التبذير.

6.2.2. قيود الميزانية

مجموع الإنفاق على **المواد الصيدلانية** لا يمكن أن يزيد على المبلغ المخصص لذلك.

$$\sum_i \sum_j \boldsymbol{C_{ij}X_{ij}} \leq \mathbf{162\ 797\ 426.26} \quad \forall\ (i = 12, \dots, 19)\ \ (j = 1, \dots, 11)$$

مجموع الإنفاق على **الموارد التشغيلية** الأخرى على جميع المصالح لا يمكن أن يزيد على السقف المحدد ضمن الميزانية.

$$\sum_i \sum_j \boldsymbol{C_{ij}X_{ij}} \leq \mathbf{55072574,18} \quad \forall\ (i = 10{,}11{,}26, \dots, 32)\ \ (j = 1, \dots, 11)$$

$$X_{i\,j} \geq 0 \quad \forall\ (i = 10, \dots, 29{,}32)\ \ (j = 1, \dots, 11)\ \ and\ \ integer$$

$$X_{i\,j} \geq 0 \quad \forall\ (i = 30{,}31)\ \ (j = 1, \dots, 11)\ \ and\ \ continous$$

المطلب الثاني: عرض وتحليل نتائج النموذج الرياضي

سوف نحاول في هذا المطلب عرض النتائج وتحليلها كما يلي:

1.نتائج الحل الأمثل للنموذج

أظهرت نتائج الحل أن النموذج بلغ حالة **الحل الأمثل (Optimal Solution)** وهو ما يدل على أن النموذج قابل للحل وأن القيود المفروضة لا تتضمن تناقضا يمنع إيجاد حل، حيث بلغت القيمة المثلى لدالة الهدف:

$$\mathbf{Z} = 232972489{,}8$$

$$\sum \boldsymbol{C_{ij}X_{ij}} = 212323403{,}7$$

$$\sum \boldsymbol{\alpha_{ij}d^{+}_{ij}} = 16993924$$

$$\sum \boldsymbol{\beta_{ij}d^{-}_{ij}} = 3655162{,}04$$

حيث تشير النتيجة إلى نجاح النموذج في الوصول إلى أفضل قيمة ممكنة لدالة الهدف وهي (232972489,8) ضمن مجموعة القيود، كما يؤكد الوصول على الحل الأمثل سلامة الصياغة الرياضية للنموذج.

تم التوصل إلى الحل الأمثل في زمن حسابي بلغ **0.1729 ثانية** رغم احتواء النموذج على عدد كبير من المتغيرات **(253متغير)** و **(1014 قيد)** ويعكس هذا الزمن الحسابي المنخفض كفاءة الصياغة الرياضية، ويؤكد إمكانية تطبيق النموذج في بيئات واقعية تتطلب سرعة في دعم عملية اتخاذ القرار.

والجدول الموالي يمثل القيم المثلى لمتغيرات الحل:

الجدول رقم (29.3): التخصيص الأمثل للموارد التشغيلية الاستشفائية

المتغيرات	الطب الداخلي	طب الأطفال	مصلحة التوليد	الاستعجالات	الجراحة العامة	تصفية الدم	الأشعة	المخبر	جناح العمليات	الإدارة	المصالح الاقتصادية	المجموع
10	13886	12481	7904	7227	9761	3320	0	0	0	0	0	**54579**
11	1314	1314	4599	7227	1314	1971	657	657	10512	657	280	**30502**
12	4629	4161	2635	136561	3254	3320	0	0	134349	0	0	**288909**
13	4629	4161	2635	136560	3254	3320	205540	4960563	134349	0	0	**5455011**
14	0	0	660	150	0	0	0	0	0	0	0	**810**
15	4629	4161	2635	136561	3254	3320	0	0	134349	0	0	**288909**
16	4629	4161	2635	136561	3254	3320	0	0	134349	0	0	**288909**
17	4629	4161	2635	136561	3254	3320	205540	4960563	134349	0	0	**5455012**
18	0	0	0	0	0	0	205540	0	0	0	0	**205540**
19	0	0	0	0	0	0	0	4960563	0	0	0	**4960563**
20	11	11	11	11	11	11	11	11	8	11	11	**118**
21	22	18	23	7	22	7	0	0	4	0	0	**103**
22	11	11	11	11	11	8	11	11	11	11	11	**118**
23	29	21	35	77	21	11	12	21	39	0	71	**337**
24	2	3	2	2	0	5	1	2	0	0	0	**17**
25	2	2	5	4	2	4	0	0	0	49	4	**72**
26	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	27	**29**
27	522	607	562	1241	321	501	204	445	955	412	585	**6355**
28	6665	7762	7182	15846	4107	6407	2607	5116	12209	5267	7479	**80647**
29	57060	66455	61481	135672	35161	54850	22313	43797	104518	45109	64037	**690453**
30	460,91	416,89	496,62	1095,91	284,02	443,05	180,23	353,77	844,25	364,37	517,27	**5457,30**
31	4832,10	5627,70	5206,50	11489,40	2977,65	4644,90	1889,55	3708,90	8851,05	3820,05	5422,95	**58470,75**
32	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2	**3**

المصدر: إعداد الطالب بالاعتماد على الملحق رقم (04)

يبين الجدول أعلاه القيم المثلى لمتغيرات القرار عبر مصالح المستشفى، وهي تمثل التوزيع الأمثل للموارد التشغيلية في ظل قيد ميزانية محددة بالاعتماد على نموذج البرمجة الخطية بأعداد صحيحة المختلطة (MILP) وقد مكن النموذج تحديد مستويات التخصيص التي تحقق أفضل قيمة لدالة الهدف في ظل القيود المالية والتشغيلية المعتمدة.

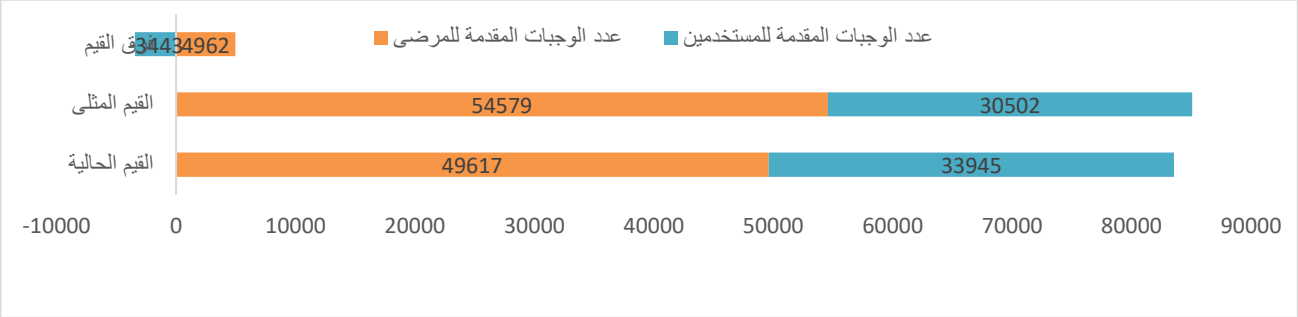
هذه القيم تمثل قرارات تشغيلية يقترحها النموذج لتحقيق التوازن بين المتطلبات والأولويات، الأمر الذي يسمح لمتخذ القرار بتوجيه الموارد نحو النشاطات ذات الأثر الأكبر على الأداء العام للمؤسسة وهو ما يبرز دور النموذج كأداة دعم القرار وترشيد النفقات وتحسين كفاءة التخصيص.

2.تحليل النتائج حسب الموارد

بناء على النتائج المحصل عليها يمكننا التطرق بالتفصيل لأثر النموذج على كل الموارد بالتفصيل كما يلي:

1.2.التغذية

الشكل رقم (3.3): المقارنة بين الوضع الحالي والأمثل لمتغيرات التغذية



المصدر: مخرجات برنامج EXCEL اعتمادا على نتائج الحل

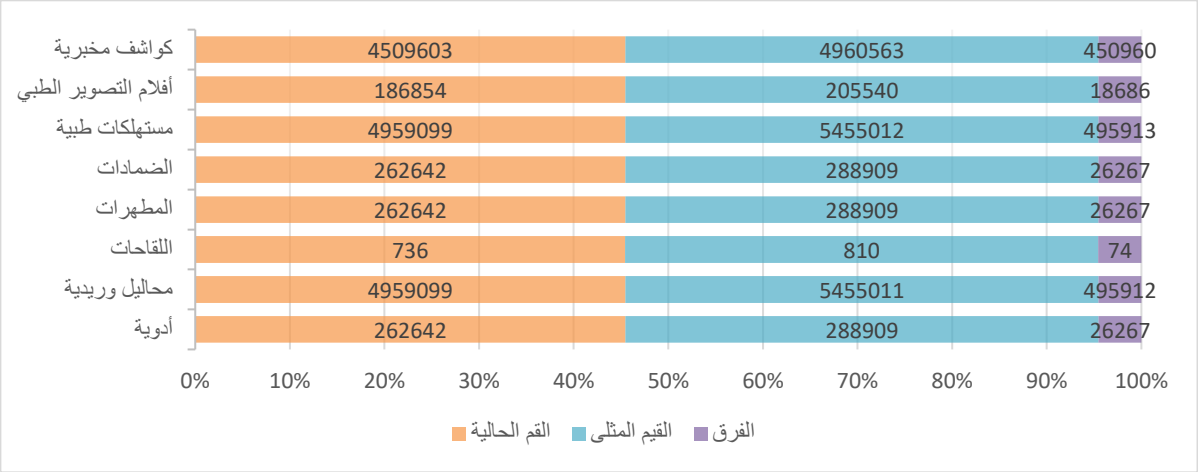
من خلال الشكل أعلاه يتضح انه بالمقارنة بين الحالة الحالية والحل الأمثل يتبين أن الحالة الحالية لا تحقق الاستخدام الأمثل للموارد، بحيث يقترح النموذج إعادة تخصيص الموارد من خلال:

- زيادة وجبات المرضى بمقدار 4962 وجبة.
- تخفيض وجبات المستخدمين بمقدار 3443 وجبة.

بما يحقق توزيعا أفضل ضمن حدود الميزانية والقيود التشغيلية، ومنه النموذج يعطي أولوية اعلى للمتغيرات ذات الأثر المباشر على الخدمات الصحية للمريض.

2.2.المواد الصيدلانية

الشكل رقم (4.3): المقارنة بين الوضع الحالي والأمثل لمتغيرات المواد الصيدلانية



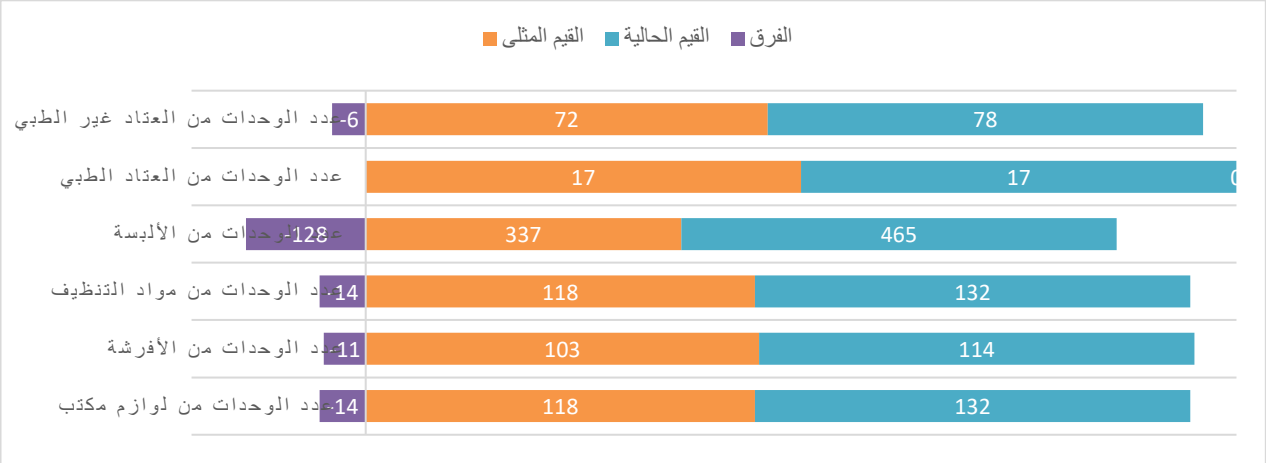
المصدر: مخرجات برنامج EXCEL اعتمادا على نتائج الحل الامثل

من خلال الشكل يتضح أن نتائج الحل الأمثل أن الحالة الحالية للمواد الصيدلانية اقل من المستوى المطلوب في جميع المواد مع فجوات واضحة نسبيا في المستهلكات الطبية (495913) والمحاليل الوريدية (495912) والكواشف (450960) ...، مما يشير إلى ضرورة إعادة تخطيط التخصيص وفق أولويات واضحة لضمان استمرارية الخدمات الصحية وتحقيق الكفاءة المثلى للموارد واستغلالها في تغطية كل الأيام الاستشفائية بالمواد الصيدلانية اللازمة.

يعكس التباين بين الوضع الحالي والأمثل إلى أن النموذج أعطى أولوية اعلى لهذه المواد ضمن دالة الهدف نظرا لأهميتها وتأثيرها المباشر على المريض وأي نقص فيها سيكون له تأثير على الخدمات الصحية وعليه وجب إعادة التخطيط وتوجيه التخصيص المعتمد على النموذج مما يضمن الاستغلال الأمثل للموارد المتاحة وتحقيق التوازن بين الطلب وتوفر المواد الصيدلانية.

3.2.اللوازم المختلفة

الشكل رقم (5.3): المقارنة بين الوضع الحالي والأمثل لمتغيرات اللوازم المختلفة

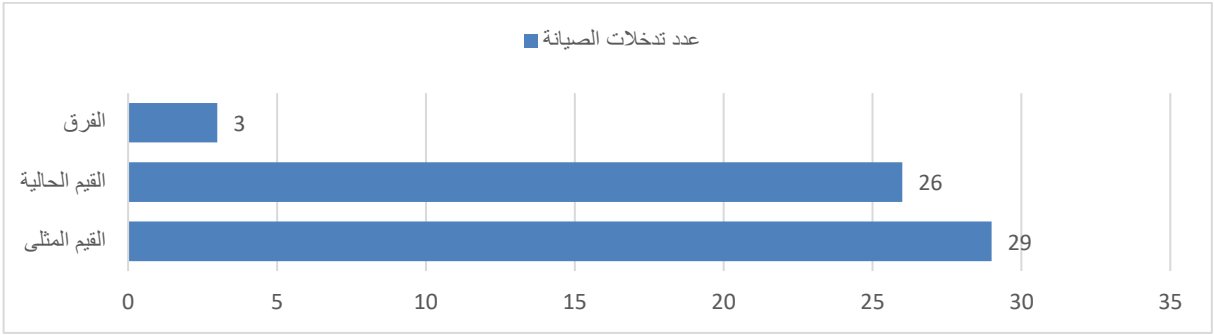


المصدر: مخرجات برنامج EXCEL اعتمادا على نتائج الحل

من خلال الشكل أعلاه يتضح أن الحل الأمثل للنموذج اظهر تساوي القيم المثلى مع القيم الحالية فيما يخص العتاد الطبي، وتجاوزها للقيم المثلى في كل اللوازم التشغيلية الأخرى والتي يمكن استغلالها بإعادة تخصيصها أو توجيه الميزانية الخاصة بها لتشغيل موارد أخرى ذات علاقة مباشرة بالخدمات الصحية الأدوية والمستلزمات الصيدلانية.

4.2.الصيانة

الشكل رقم (6.3): المقارنة بين الوضع الحالي والأمثل لمتغيرات الصيانة

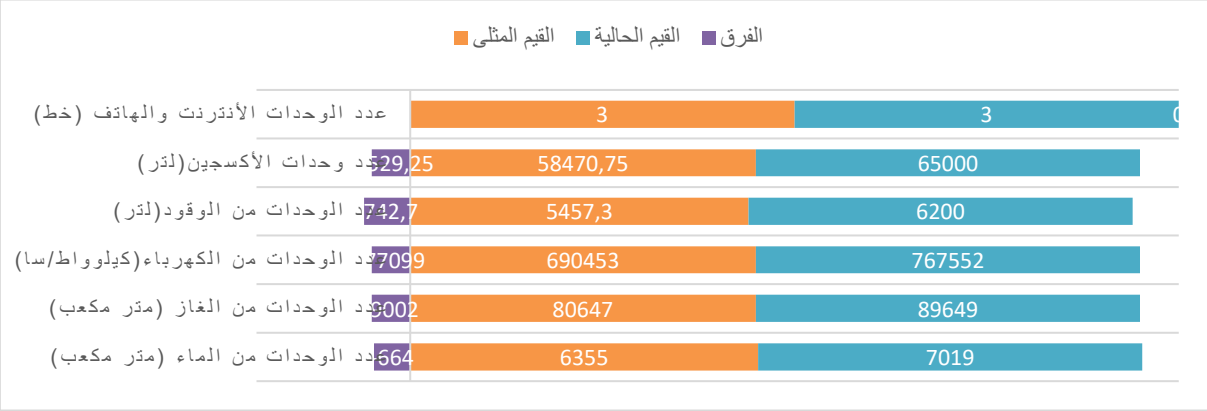


المصدر: مخرجات برنامج EXCEL اعتمادا على نتائج الحل

الشكل أعلاه يوضح أن الحل الأمثل للنموذج اظهر تجاوز القيم المثلى للقيم الحالية مما يستوجب سد العجز الخاص بالصيانة نظرا لأهميتها في سير مصالح المؤسسة وتأثيرها الكبير على جودة الخدمة الصحية.

5.2.الموارد المشتركة

الشكل رقم (7.3): المقارنة بين الوضع الحالي والأمثل لمتغيرات الموارد المشتركة



المصدر: مخرجات برنامج EXCEL اعتمادا على نتائج الحل

من خلال الشكل أعلاه نلاحظ من نتائج الحل الأمثل أن مستويات الاستهلاك الحالية لمختلف الموارد المشتركة التشغيلية تفوق القيم المثلى خاصة استهلاك الكهرباء والغاز والأكسجين وهو ما يعكس إمكانية كبيرة لترشيد الموارد وتحسين كفاءة استخدامها في ظل الميزانية المحدودة دون التأثير على استمرارية وجودة الخدمات الصحية.

3.دراسة التغيرات حسب المصالح

فيما يلي سواف نحاول ابراز اهم التغيرات حسب المصالح كما يلي:

1.3.الاستعجالات وجناح العمليات

تركزت الزيادة بشكل كبير في المواد الصيدلانية حيث يتضح ارتفاع التغطية لوحدات العمل في مصلحة الاستعجالات وجناح العمليات بمقدار (12415+) وجناح العمليات (12214+) وعليه فإن هاتين المصلحتين تستحوذان على معظم الزيادة الاجمالية تقريبا في تغطية المواد الصيدلانية على مستوى

المؤسسة، وهذا يدل على كونهما مصالح ذات أولوية عالية، وأي نقص فيها يؤدي إلى اختلال مباشر في تقديم الخدمات العلاجية والجراحية.

2.3.الأشعة والمخبر

في المصالح التشخيصية المساعدة يتضح اتجاه مباشر لتدعيم المتغيرات المتعلقة بالتشخيص حيث ارتفعت عدد وحدات المغطاة بأفلام التصوير الطبي بمقدار (18686+) وفي المخبر ارتفعت عدد الوحدات المغطاة بالمفاعلات المخبرية بمقدار (450960+) وهو ما يعني انها متغيرات حاسمة لاستمرارية الخدمة مما يبرر توجيه جزء معتبر من الموارد نحو هاته المصالح.

4.3.المصالح السريرية (الطب الداخلي، الأطفال، التوليد، تصفية الدم)

في هذه المصالح جاءت الزيادة في الموارد العلاجية بمعدل 10 % تقريبا مع تخفيض متوازن في اللوازم المختلفة والموارد المشتركة، وهذا يشير الى ان النموذج يسعى لتحقيق تحسين في الخدمات داخل المصالح الصحية دون خلق اختلالات كبيرة ي إعادة التخصيص.

5.3.الإدارة والمصالح الاقتصادية

بالنسبة لهاتين المصلحتين تركزت القرارات على ترشيد اللوازم المختلفة والموارد المشتركة في ظل غياب الموارد الصيدلانية والعلاجية حسب دورها الإداري واللوجستي.

و عليه من خلال المقارنة بين الوضع الحالي و الحل الأمثل نلاحظ ان النموذج يوجه إعادة تخصيص الموارد نحو مدخلات ذات صلة مباشرة بالمريض، اذ سجلت اكبر الزيادات في الادوية، المستهلكات الطبي، المحاليل الوريدية، المفاعلات المخبرية و أفلام التصوير الطبي بينما تركزت التخفيضات في اللوازم المختلفة و الموارد المشتركة كالكهرباء و الغاز والوقود ووجبت المستخدمين، و هو ما يبرز دور نموذج البرمجة الخطية بأعداد صحيحة في الرعاية الصحية التي تهدف الى تحسين مستوى الخدمة ضمن قيود الموارد المتاحة عبر ترشيد الموارد ذات التأثير غير المباشر بالخدمة الصحية وإعادة توجيها نحو المتغيرات ذات التأثير الأعلى على المريض.

4.تحليل الحساسية:

في البرمجة الخطية العادية (المتغيرات المستمرة) أسعار الظل مستمدة من النموذج المقابل اما في البرمجة بأعداد صحيحة فإن منطقة الحلول ليست محدبة بل هي عبارة عن نقاط منفصلة، وعليه سوف نحاول تحليل الفجوات وتحديد حدود الحل الأمثل.

يمكن تلخيص نتائج التحليل في الجدول التوضيحي التالي:

فئة القيود	مجال القيود	الفائض/العجز (Slack/surplus)
الانطلاق من الوضع الحالي	(c1–c253)	صفر (0)
الطاقة الاستيعابية القصوى	(c254–c506)	موجب (+)
الحد الأدنى المطلوب	(c506–c770)	سالب (–)
التغيرات النسبية	(c770–c1012)	صفر (0)
ميزانية المواد الصيدلانية	C1013	موجب (+)
ميزانية الموارد الاخرى	C1014	صفر (0)

من خلال الجدول نستنتج:

- توفر طاقة احتياطية قصوى تسمح بالتوسع،
- الأداء الفعلي يتجاوز الحد الأدنى مما يعكس جودة الخدمة،
- التزام صارم بالتغيرات النسبية لضمان توازن تخديم الخدمات الصحية بفعالية،
- الميزانية المرصودة للمواد الصيدلانية تفوق الاحتياج الحالي،
- استنفاذ كامل للميزانية المخصصة للموارد الأخرى وأي زيادة فيها سيحسن الأداء.

ويمكن تحليل القيود كما يلي:

1.4.قيود الانطلاق من الوضع الحالي:

- **قيود ذات سعر ظل صفري(c1-c220)**

وهي قيود هيكلية في المستشفى تمثل التوزيع الحالي للموارد.

- **قيود ذات سعر ظل غير صفري(c221-c231)**

تؤثر هذه القيود بشكل مباشر وحساس على ميزانية المستشفى حيث ان زيادة وحدة واحدة في الطرف الأيمن لهذه القيود سيؤدي الى زيادة في التكاليف بمقدار 58.02 دج، فإذا تمكنت إدارة المستشفى من تقليل الطرف الأيمن لهذه القيود فإنها ستحقق توفيرا ماليا بهذا المقدار لكل وحدة.

- **قيود ذات سعر ظل غير صفري(c232-c242)**

كل وحدة إضافية تفرض في هذه القيود ترفع التكاليف بمقدار 71.4 دج ويجب على صانع القرار في المستشفى التركيز على هذه القيود لأنها من بين الموارد المؤثرة في التكلفة.

2.4.قيود الطاقة الاستيعابية القصوى(c254-c506)

نلاحظ وجود قيم إيجابية كبيرة في عمود الفجوة (Slack) لغالبية القيود فعلى سبيل المثال:

- **القيد c254** يمتلك فجوة مقدارها 12394 وحدة عمل حيث استخدمت 13886 وحدة فقط من أصل طاقة قصوى 26280 وحدة.

أي ان المستشفى يمتلك موارد غير مستغلة بالكامل، والنموذج لم يضطر لاستنفاذ كامل الموارد لان الاحتياجات الفعلية (الحدود الدنيا) تم تحقيقها بتكلفة اقل.

- **القيد c414 والقيد 436** تبلغ الفجوة فيهما 0 حيث تمثل هذه الموارد حدود حرجة للمستشفى وأي اصافة على هذه الموارد تحديد سيجبر النموذج على البحث عن حل بديل قد يكون أكثر تكلفة.

3.4.قيود الحد الأدنى المطلوب

في قيود الحد الأدنى تعني قيمة الفجوة (Slack) المقدار الذي تجاوز به المستشفى الحد الأدنى التشغيلي، مثلا:

القيد c507: الحد الأدنى المطلوب هو 8836 وحدة عمل بينما القيمة الفعلية المحققة هي 13886 وحدة و هذا يعني ان المستشفى يعمل بإنتاجية اعلى من الحد الأدنى بمقدار 5050 وحدة عمل، و منه فالمستشفى لا يكتفي بالحد الأدنى من وحدات العمل المطلوبة للمورد بل يتوسع لتحقيق التوازن بين التكاليف و الطلب الفعلي.

القيد c650 و القيد c658: نلاحظ ان القيمة الفعلية تساوي تماما الحد الأدنى المطلوب حيث تمثل الوحدات الأساسية التي يعمل بها المستشفى عند حافة الحد الأدنى بالضبط و أي انخفاض في وفرة هذه الموارد سيؤدي الى عدم القدرة على الوفاء بالحدود التشغيلية المطلوبة.

4.4.قيود التغير النسبي

نلاحظ ان اغلبية القيود بقيمة فجوة (Slack=0) تساوي 0، وهذا يعني أن النموذج مقيد تماما بالنسب التي وضعت وان أي محاولة لتغيير النسب لتوزيع الموارد سيؤدي مباشرة الى تغيير في التكلفة الاجمالية لدالة الهدف.

وبعض القيود ظهرت فيها فجوات مثل:

القيد c781: القيم الفعلية 329 والحد الاقصى 280 بفجوة مقدارها 49.

هذه الموارد، المستشفى يقدم فيها كميات اعلى من الحد الأدنى المطلوب نسبيا.

كما نلاحظ ان التكاليف الدنيا المحققة مرتبطة ارتباطا مباشرة بالحفاظ على مستوى الخدمات الصحية ويمنع انحراف سياسة المستشفى نحو تقديم خدمات صحية منخفضة التكلفة فقط على حساب الخدمات الأساسية الأخرى.

5.4.قيود الميزانية

قيد ميزانية الموارد الصيدلانية (c1013)

نلاحظ انه قيد غير فعال حيث الميزانية المتاحة كانت (425.82 797 162دج) بينما كان الانفاق الفعلي (829.50 250 157دج) بفجوة فائضة Slack مقدرة بـ(596.32 546 5 دج).

ومنه فالمستشفى نجح في تغطية كافة احتياجاته من الموارد الصيدلانية مع تحقيق وفر مالي يتجاوز 5.5 مليون دج وهذا يشير الى ان الميزانية المرصودة كانت فائضة بما يكفي لتغطية الطلب.

قيد ميزانية الموارد الأخرى(c1014)

نلاحظ ان القيد فعال حيث ان الميزانية المتاحة كانت (574.18 072 55دج) وهو مساوي تماما لمبلغ الانفاق الفعلي، وعليه يعتبر القيد الأكثر حساسية في النموذج ككل حيث ان المستشفى استهلك ميزانية الموارد الأخرى بالكامل.

كما نلاحظ تباين واضح في كفاءة المخصصات الميزانياتية سجل قيد المواد الصيدلانية وفرا قدره 5.5 مليون دج، بينما قيد الموارد الاخرى ظهر كقيد حرج استنفذ كل الميزانية المخصصة، وهذا يعني ان الخطط لتطوير الخدمات المعتمدة على هذه الميزانية ستصطدم بعقبة التغطية المالية مما يستوجب إعادة توجيه الفائض من ميزانية الموارد الصيدلانية لتغطية العجز المحتمل او التوسع في قيد الموارد الأخرى.

خلاصة الفصل

جاء هذا الفصل لترجمة الإطار النظري والمنهجي لموضوع الدراسة إلى دراسة تطبيقية ميدانية بهدف اختبار الفرضيات البحث على المشاكل الواقعية وقد تم اختيار المؤسسة العمومية الاستشفائية بتابلاط كنموذج لإجراء الدراسة حيث تم التركيز على مشاكل تخصيص الموارد البشرية والتشغيلية بغرض تدنية التكاليف الاستشفائية والاستغلال الأمثل للموارد المتاحة.

تم تطوير ثلاث نماذج برمجة خطية بأعداد صحيحة من جدولة عمل التمريض وإيجاد التوليفة المثلى للموارد البشرية والتشغيلية بأقل التكاليف الممكنة مع التقيد بجميع القيود القانونية الإدارية والطبية الخاصة بالمؤسسة.

حيث أكدت الدراسة التطبيقية على فعالية النموذج كأداة لدعم القرار حيث أسفرت عن تحقيق فائض في الميزانية مقارنة بالطريقة التقليدية المتبعة في المؤسسة دون المساس بجودة الخدمة الصحية أو مستوى التغطية.

بشكل عام برهنت الدراسة التطبيقية في المؤسسة محل الدراسة على الأثر الإيجابي والكبير لتوظيف أدوات بحوث العمليات وتحديدا البرمجة الخطية بالأعداد صحيحة في مواجهة التحديات المعقدة لإدارة الموارد في القطاع الصحي العمومي وتؤكد النتائج أن الحلول المثلى المستخلصة من النموذج تتجاوز بكثير الحلول المعتمدة على الخبرة الشخصية لمتخذ القرار والطرق اليدوية.

الخاتمة العامة

الخاتمة العامة

هدفت هذه الدراسة إلى محاولة الإجابة عن إشكالية رئيسية متمثلة في مدى تأثير استعمال البرمجة الخطية بأعداد صحيحة في اتخاذ القرارات بالمؤسسة العمومية الاستشفائية بتابلاط، من خلال تسليط الضوء على أهمية هذا الأسلوب في دعم عملية اتخاذ القرار داخل المؤسسة الخدمية، وبالخصوص الصحية الذي يتميز بتعدد القيود وتعقد العلاقات بين عناصره، تم السعي في هذا البحث إلى الربط بين الجانب النظري والجانب العملي من خلال بناء نموذج برمجة خطية بأعداد صحيحة لتدنية التكاليف وتحقيق الاستخدام الأمثل للموارد المتاحة.

من خلال جانب نظري تضمنه الفصل الأول، حيث تم معالجة التطور التاريخي والمفاهيم الأساسية لعملية اتخاذ القرار بمختلف مراحلها والعوامل المؤثرة فيها والتطرق لاهم الأساليب الكمية التي تدعمها وإبراز دور المنهج الكمي في بيئات العمل الحديثة لا سيما التي تتميز ببيانات متعددة الأبعاد وتتطلب قرارات مبنية على أسس علمية دقيقة.

أما الفصل الثاني فتم تخصيصه للجانب النظري للبرمجة الخطية بأعداد صحيحة من حيث المفاهيم، أنواع النماذج، طرق الصياغة الرياضية وخوارزميات الحل المختلفة الدقيقة، التقريبية والهجينة والتي تجمع بين الدقة والكفاءة الحسابية، وإبراز التطور الكبير الذي عرفته تقنيات الأمثلية في العقود الأخيرة مما يجعلها كأداة فعالة لدعم اتخاذ القرارات في المؤسسات.

أما الفصل الثالث حيث تم بناء ثلاث نماذج برمجة خطية بأعداد صحيحة في المؤسسة العمومية الاستشفائية بتابلاط مع مراعاة القيود المرتبطة بالموارد البشرية، المادية و المالية في ظل قدرة استيعابية محدودة، من خلال نموذج جدولة عمل التمريض، نموذج التخصيص الأمثل للموارد البشرية و نموذج تدنية التكاليف الاستشفائية، تم اختبار النموذج باستخدام بيانات فعلية لسنة 2023، و مقارنته بالأسلوب المعتمد في المؤسسة و قد أظهرت النتائج المتحصل عليها أن اعتماد نموذج البرمجة الخطية بأعداد صحيحة مكن من تحقيق تخفيض ملموس في التكاليف الاستشفائية الإجمالية دون الإخلال بمستوى الخدمات الصحية المقدمة كما اظهر النموذج مرونة في التعامل مع التغيرات في الطلب و الموارد مما يبرز فعاليته كأسلوب لاتخاذ القرار.

نتائج الدراسة

من خلال التحليل النظري والتطبيقي لموضوع الدراسة تم التوصل لإثبات فرضيات الدراسة مما يمكننا من استنتاج مجموعة من النتائج العلمية والعملية تبرز أهمها في:

- ✓ انعدام الاعتماد على الأساليب العلمية الكمية في المؤسسة محل الدراسة في عمليات اتخاذ القرارات والتخطيط والتسيير ومعالجة مشاكل التخصيص الأمثل للموارد وتقليل التكاليف.
- ✓ تم بناء نماذج رياضية دقيقة باستخدام البرمجة الخطية بأعداد صحيحة تعكس واقع المشاكل المدروسة وتلبي احتياجات متخذي القرار.
- ✓ النتائج المستمدة من حل نماذج البرمجة الخطية بأعداد صحيحة أكثر واقعية في التعامل مع قيود الأعداد الصحيحة مقارنة بالبرمجة الخطية العادية.
- ✓ اظهرت نماذج البرمجة الخطية بأعداد صحيحة المستخدمة في المؤسسة محل الدراسة التوليفة المثلى من الموارد التي تقلل التكاليف إلى أدنى حد ممكن وبالتالي تساهم في تحسين عملية اتخاذ القرار.
- ✓ تأكيد أهمية البرمجة الخطية بأعداد صحيحة في اتخاذ القرارات بحيث تسمح بصياغة دقيقة للمشكلات الواقعية التي تتضمن متغيرات من طبيعة الأعداد الصحيحة (integer) وهو ما يجعلها أكثر تمثيلا للقرارات الإدارية والاقتصادية.
- ✓ إبراز أهمية الصياغة الرياضية الدقيقة للقيود والمعاملات إذ تبين أن جودة النموذج مرتبط مباشرة بمدى دقة البيانات ومدى قدرتها على تمثيل الواقع.
- ✓ فعالية النماذج الكمية في تحقيق الكفاءة الاقتصادية حيث اظهر النموذج المطبق على المؤسسة العمومية الاستشفائية بتابلاط انخفاضا ملموسا في التكاليف مقارنة بالأسلوب المعتمد المبني على القدرة الذاتية والخبرة في التسيير.
- ✓ إظهار القدرة الكبيرة للبرمجة الخطية بأعداد صحيحة في التعامل مع بيئة متعددة القيود مما يجعلها وسيلة مثالية يمكن استخدامها لتخصيص الموارد وتدنية التكاليف في المؤسسات الصحية.
- ✓ اظهرت النماذج إمكانية تخفيض النفقات دون المساس بمستوى الخدمات الصحية او زيادته والأداء العام للمؤسسة الصحية أي تحقيق التوازن بين الكفاءة التشغيلية وجودة الخدمات المقدمة.
- ✓ بينت الدراسة أن تطبيق النماذج الكمية لا سيما البرمجة الخطية بأعداد صحيحة لا يقتصر على المؤسسات التجارية والصناعية بل يمتد ليشمل القطاع الخدماتي الصحي الذي يحتاج إلى قرارات

دقيقة توازن بين الكفاءة الاقتصادية والمسؤولية الاجتماعية مما يعزز ثقافة اتخاذ القرار المبني على التحليل العلمي الموضوعي ويقلل من تأثير التقدير الشخصي والعشوائية في التسيير.

الاقتراحات والتوصيات

من خلال النتائج المتحصل عليها في دراستنا، يمكننا تقديم التوصيات والاقتراحات التالية:

- ✓ تطبيق نموذج البرمجة الخطية بأعداد صحيحة على مشكلات قرارية جديدة في المستشفيات كإدارة سلاسل الإمداد الخاصة بالأدوية بشكل ديناميكي وتحسين مسار تدفق المرضى من الدخول حتى الخروج.
- ✓ إجراء دراسات مقارنة من خلال تطبيق النموذج على عدة مستشفيات ذات أحجام وتخصصات مختلفة للحصول على أفضل النماذج القابلة للتعميم.
- ✓ تعميم استعمال أدوات بحوث البرمجة الخطية بأعداد صحيحة في المؤسسات الصحية الإدارية والاقتصادية لدعم عملية اتخاذ القرار على أسس علمية كمية دقيقة.
- ✓ دعم سياسات التحول الرقمي في المستشفيات لجمع بيانات دقيقة ومتناسقة ومحينة تمكن من بناء نماذج كمية جيدة وقابلة للتحديث الدوري.
- ✓ إدراج نظام دعم قرار مبني على الأساليب الكمية ضمن نظام الملف الإلكتروني للمريض (DEM) تعزيزا للرقمنة بقطاع الصحة في الجزائر.

الأفاق المستقبلية للدراسة

من خلال الدراسة النظرية لموضوع البرمجة الخطية بأعداد صحيحة ومدى قدرته على المساعدة على اتخاذ القرار والنتائج المحصلة من دراسة الحالة يمكن اقتراح بعض المواضيع المهمة في المجال:

- ✓ بناء نماذج برمجة خطية بأعداد صحيحة في ظل ظروف عدم اليقين قادرة على التعامل مع متغيرات عشوائية كالتغير المستمر في توافد المرضى، تغير أسعار الأدوية والمعدات الطبية، عبر دمج توزيعات احتمالية واقعية، أو نماذج تتحمل أسوأ السيناريوهات دون التأثير على الكفاءة خاصة في الأزمات الصحية الغير متوقعة كالأوبئة.

- ✓ دراسة إمكانية تطوير نموذج متكامل لإدارة منظومة صحية كاملة يربط بين مختلف المؤسسات والمراكز الصحية لتحسين توزيع الموارد والمرضى وتدنية التكاليف على شكل شبكة يساهم في ترشيد القرار في القطاع ككل.
- ✓ بناء نماذج امثليه متعددة الأهداف تأخذ بعين الاعتبار تدنية التكلفة، تحسين جودة الخدمات الصحية رضا المرضى وكفاءة استخدام الموارد.
- ✓ دمج تقنيات الذكاء الاصطناعي والتعلم الآلي مع البرمجة الخطية بأعداد صحيحة لتحسين أداء الخوارزميات وتطوير نماذج هجينة تعطي حلول أكثر كفاء ودقة.

قائمة المصادر والمراجع

قائمة المصادر والمراجع باللغة العربية:

- إبراهيم نائب، و إنعام باقية. (2015). *نظرية القرارات نماذج وأساليب كمية محوسبة* (الإصدار 2). عمان: دار وائل للنشر والتوزيع.
- إبراهيم موسى عبد الفتاح. (2006). *مقدمة في بحوث العمليات نماذج وتطبيقات*. الزقازيق: المكتبة العلمية.
- أحمد بن عبد الرحمان الشميري، عبدالرحمن بن أحمد هيجان، و بشرى بنت بدير المرسى غنام. (2014). *مبادئ إدارة الأعمال الأساسيات والاتجاهات الحديثة* (الإصدار 10). الرياض: العبيكان للنشر.
- أحمد عبد إسماعيل الصفار، و ماجدة عبد اللطيف محمد التميمي. (2007). *بحوث العمليات تطبيقات على الحاسوب* (الإصدار 1). عمان: دار المناهج للنشر والتوزيع.
- أحمد يوسف دودين. (2015). *إدارة التغيير والتطوير التنظيمي* (الإصدار 1). عمان: دار اليازوري العلمية للنشر والتوزيع.
- أسماء بركان. (2017). دور نظام المعلومات الإدارية في ترشيد القرار بالمؤسسة. *مجلة التنمية وإدارة الموارد البشرية، 3*(9)، 136-157.
- إسماعيل محمود علي الشرقاوي. (2016). *إدارة الأعمال من منظور اقتصادي* (الإصدار 1). عمان: دار غيداء للنشر والتوزيع.
- أشرف سلطان. (2019). *الأساليب الكمية في مجال الإدارة*. الاسكندرية: كلية التجارة.
- العامري العامري، و طاهر محسن منصور الغالبي. (2008). *الإدارة والأعمال* (الإصدار 2). عمان: دار وائل للنشر والتوزيع.
- العيد بوزارة. (2014). الأدوات المساعدة على اتخاذ القرار وإشكالية ترتيب المعايير، أطروحة دكتوراه. كلية العلوم الاقتصادية و التجارية وعلوم التسيير، الجزائر: جامعة الجزائر3.
- اليمين فالته. (2006). *بحوث العمليات* (المجلد 1). الجزائر: ايتراك للطباعة والنشر والتوزيع.

- أمل أحمد طعمة. (2010). *اتخاذ القرار والسلوك الإداري* (الإصدار 2). عمان: ديبونو للطباعة والنشر والتوزيع.
- جمال الدين لعويسات. (2005). *الإدارة وعملية اتخاذ القرار*. الجزائر: دار هومة للطباعة والنشر والتوزيع.
- جمال بشير اوهيبة. (28–29 نوفمبر , 2020). خوارزمية جينية بلغة R لحل نماذج البائع المتجول. طرابلس، ليبيا: المؤتمر الدولي الثالث للعلوم التقنية (ICST 2020).
- جهاد صياح بني هاني، نازم محمود ملكاوي، و فالح عبد القادر الحوري. (2013). *تطبيقات بحوث العمليات في إدارة الأعمال* (الإصدار 1). عمان: دار الحامد للنشر والتوزيع.
- حسن ياسين طعمة. (2010). *نظرية اتخاذ القرارات أسلوب كمي تحليلي* (الإصدار 1). عمان: دار صفاء للنشر والتوزيع.
- حسين القاضي، و خلف مطر الجراد. (2005). *بحوث العمليات*. سوريا: منشورات جامعة دمشق.
- حسين بلعجوز. (2017). *المدخل لنظرية القرار* (الإصدار 2). الجزائر: ديوان المطبوعات الجامعية.
- خالد قاشي. (2015). *نظام المعلومات التسويقية مدخل اتخاذ القرار* (الإصدار 1). عمان: دار اليازوري لنشر والتوزيع.
- خليل محمد حسن الشماع، و كاظم حمود خضير. (2007). *نظرية المنظمة* (الإصدار 3). عمان: دار المسيرة للنشر و التوزيع و الطباعة.
- دلال صادق الجواد، و حميد ناصر الفتال. (2008). *بحوث العمليات*. دار اليازوريي العلمية للنشر و التوزيع.
- رابح بوقرة. (2009). *بحوث العمليات*. الاسكندرية: مؤسسة شباب الجامعة.
- رشيق رفيق مرعي، و فتحي خليل حمدان. (1996). *مقدمة في بحوث العمليات* (الإصدار 1). عمان: دار وائل للنشر.

- رعد حسن الصرن. (2004). *نظريات الإدارة والأعمال* (الإصدار 1). دمشق: دار الرضا للنشر.
- ريتشارد برونسون. (2004). *نظريات ومسائل في بحوث العمليات* (الإصدار 2). (حسن حسني الغباري، المترجمون) مصر: الدار الدولية للاستثمارات الثقافية.
- زيد تميم البلخي. (2007). *أساسيات نظرية المباريات*. الرياض: النشر العلمي والمطابع.
- زيد تميم البلخي، و لطفي عبد القادر تاج. (2011). *البرمجة العددية نماذج وطرق الحل*. الرياض: النشر العلمي والمطابع.
- سعد غالب ياسين. (2006). *نظم مساندة القرارات* (الإصدار 1). عمان: دار المناهج للنشر والتوزيع.
- سليم بطرس جلدة. (2009). *أساليب اتخاذ القرارات الإدارية الفعالة* (الإصدار 1). عمان: دار الراية للنشر والتوزيع.
- سليمان محمد مرجان. (2002). *بحوث العمليات* (الإصدار 1). بن غازي: دار الكتب الوطنية.
- سنان الموسوي. (2004). *الإدارة المعاصرة الأصول والتطبيقات* (الإصدار 5). عمان: دار مجدلاوي للنشر والتوزيع.
- سهيلة عبد الله سعيد. (2007). *الجديد في الأساليب الكمية وبحوث العمليات* (الإصدار 1). عمان: دار الحامد للنشر والتوزيع.
- سيد صابر تعلب. (2011). *نظم ودعم اتخاذ القرارات الإدارية* (الإصدار 1). عمان: دار الفكر ناشرون وموزعون.
- صالح محرز. (2022). واقع ومعوقات تطبيق الأساليب الكمية ودورها في ترشيد القرارات في المؤسسة الصناعية دراسة حالة شركة إسمنت تبسة. *مجلة الأفاق للدراسات الاقتصادية، 7*(2)، 205-224.
- صالح مهدي محسن العامري، و عواطف إبراهيم الحداد. (2009). *تطبيقات بحوث العمليات في الإدارة* (الإصدار 1). عمان: إثراء للنشر والتوزيع.

- صالح مهدي محسن العامري، و عواطف إبراهيم الحداد. (2009). *تطبيقات بحوث العمليات في الإدارة* (الإصدار 1). عمان: إثراء للنشر والتوزيع.
- صباح الدين بقجة جي. (2007). *بحوث العمليات*. سوريا: منشورات جامعة دمشق.
- صهيب كمال الأغا، و محمود عبد المجيد عساف. (2015). *الإدارة والتخطيط التربوي نماذج وتطبيقات عملية* (الإصدار 1). عمان: الجنادرية للنشر والتوزيع.
- طارق عبد الحميد البدري. (2002). *أساسيات في علم إدارة القيادة*. عمان: دار الفكر للطباعة والنشر والتوزيع.
- طارق البدري. (2002). *أساسيات في علم إدارة القيادة* (الإصدار 1). عمان: دار الفكر للطباعة والنشر والتوزيع.
- طارق عبد الرؤوف عامر، و إيهاب عيسى المصري. (2016). *صناعة واتخاذ القرار* (الإصدار 1). القاهرة: مؤسسة طيبة للنشر والتوزيع.
- عبد الكريم دحو. (2009). أثر استخدام الأساليب الكمية في تحسين فعالية اتخاذ القرارات دحو عبد الكريم، أثر استخدام الأساليب الكمية في تحسين فعالية اتخاذ القرارات " مع التطبيق على بعض المؤسسات الصناعية والخدمية بولاية تيارت(أطروحة دكتوراه). كلية العلوم الاقتصادية والتجارية وعلوم التسيير، قسم علوم التسيير، الجزائر: جامعة الجزائر 3.
- عبد الله عبد الله السنفي، و منصور محمد اسماعيل العريقي. (2012). *الإدارة* (الإصدار 3). صنعاء: جامعة العلوم والتكنولوجيا.
- عبد الله الحسيني. (2011). *قصة الإدارة والإدارة في الإسلام* (الإصدار 1). القاهرة: المكتبة الأكاديمية.
- عثمان مداحي . (2018). أهمية ودور المعلومات في اتخاذ القرارات. *مجلة الإدارة والتنمية للبحوث والدراسات*(13)، 234-244.
- عدنان ماجد عبد الرحمن بري. (2002). *النمذجة والمحاكاة*. الرياض: جامعة الملك سعود.

- علي حسين علي، و عبد الحسين مؤيد. (1999). *نمذجة القرارات الإدارية* (الإصدار 1، المجلد 1). عمان: دار اليازوري العلمية للنشر والتوزيع.
- علي محمد عبد الوهاب. (1982). *مقدمة في الإدارة*. الرياض: معهد الإدارة العامة.
- علي خلف حجا جحة. (2004). *إتخاذ القرارات الادارية*. عمان: قنديل للنشر و التوزيع.
- علي عباس. (2014). *أساسيات علم الإدارة* (الإصدار 8). عمان: دار المسيرة للنشر والتوزيع والطباعة.
- علي مكيد. (2015). *بحوث العمليات وتطبيقاتها الاقتصادية* (المجلد 1). الجزائر: ديوان المطبوعات الجامعية.
- عمار عوابدي . (2003). *نظرية القرارات الإدارية بين علم الإدارة العامة والقانون الإداري*. الجزائر: دار هومة.
- عمر وصفي عقيلي. (2007). *الإدارة المعاصرة التخطيط–التنظيم–الرقابة*. عمان: دار زهران للنشر والتوزيع.
- عيسى حيرش. (2012). *الأساليب الكمية في الإدارة* (الإصدار 24). عين مليلة الجزائر: دار الهدى للنشر والطباعة والتوزيع.
- عيماد معوشي. (2022). سلاسل ماركوف واستخداماتها للتنبؤ بمعدل البطالة في الجزائر للفترة: 2007–2018. *مجلة الأكاديمية للدراسات الاجتماعية والإنسانية، 14*(2)، 148–157.
- فاروق عيده فليه، و محمد عبد المجيد السيد. (2005). *السلوك التنظيمي في إدارة المؤسسات التعليمية* (الإصدار 1). عمان: دار المسيرة.
- فتحي خليل حمدان، و رشيق رفيق مرعي. (2004). *مقدمة في بحوث العمليات* (الإصدار 4). عمان: دار وائل للنشر والتوزيع.
- فتحي خليل حمدان. (2009). *بحوث العمليات مع تطبيقات باستخدام الحاسوب* (الإصدار 1). عمان: دار وائل للنشر.

- فتيحة بلحاج. (2017). الأسس النظرية والعلمية في اتخاذ القرار. *المجلة الجزائرية للعولمة و السياسات الاقتصادية، 1*(7)، 269-284.
- فؤاد مزاري، و أحمد بوسهمين. (2017). نماذج صفوف الانتظار كمدخل لتحليل أداء الخدمة العمومية. *مجلة المؤشر للدراسات الاقتصادية، 1*(1)، 30-45.
- كاسر نصر منصور. (2000). *نظرية القرارات الإدارية مناهج وطرائق كمية* (الإصدار 1). عمان: دار ومكتبة الحامد للنشر والتوزيع.
- كامل بربر. (1996). *الإدارة عملية ونظام* (الإصدار 1). بيروت: المؤسسة الجامعية للدراسات والنشر والتوزيع.
- كريم منصور غازي. (2015). *مبادئ الادارة* (الإصدار 1). الاسكندرية: الناشر مكتبة الوفاء القانونية.
- لحسن عبد الله باشيوة. (2011). *بحوث العمليات*. عمان: دار اليازوري العلمية للنشر والتوزيع.
- لطيفة بوكليخة. (2021). نظرية الشبكات كأداة استراتيجية لدعم اتخاذ القرار في مؤسسة دراسة حالة مؤسسة URBAT TELEMCEN. *مجلة التكامل الاقتصادي، 9*(1)، 337-350.
- محمد الطراونة، و سليمان عبيدات. (2009). *مقدمة في بحوث العمليات* (الإصدار 1). عمان: دار المسيرة للنشر والتوزيع.
- محمد الفاتح محمود بشير المغربي. (2016). *أصول الإدارة والتنظيم* (الإصدار 1). عمان: دار الجنان للنشر والتوزيع.
- محمد الفاتح محمود بشير المغربي. (2017). *الأساليب الكمية في إدارة الأعمال* (الإصدار 1). عمان: دار الجنان للنشر والتوزيع.
- محمد جمال عبد الله . (2014). *إدارة التغيير والتطوير التنظيمي* (الإصدار 1). عمان: دار المعتز للنشر والتوزيع.

- محمد فاتح المغربي. (2018). *بحوث العمليات في المحاسبة* (الإصدار 1). القاهرة: الأكاديمية الحديثة للكتاب الجامعي.
- محمود العبيدي، و مؤيد عبد الحسين الفضل. (2004). *بحوث العمليات وتطبيقاتها في إدارة الأعمال*. (الإصدار 1). عمان: الوراق للنشر والتوزيع.
- محمود سلمان العميان. (2010). *السلوك التنظيمي في منظمات الأعمال* (الإصدار 5). عمان: دار وائل للنشر والتوزيع، عمان.
- مفيدة يحياوي . (2014). *التقنيات الكمية في إدارة الأعمال*. عمان: دار اليازوري العلمية للنشر والتوزيع.
- منال أحمد البارودي. (2015). *الطرق الإبداعية في حل المشكلات واتخاذ القرارات* (الإصدار 1). القاهرة: المجموعة العربية للتدريب والنشر، القاهرة.
- منعم زمزير الموسوي. (2009). *بحوث العمليات مدخل علمي لاتخاذ القرارات* (الإصدار 1). عمان: دار وائل للنشر والتوزيع.
- مؤيد عبد الحسين الفضل. (2004). *الأساليب الكمية نماذج خطية وتطبيقاتها في تخطيط الإنتاج* (الإصدار 1). عمان: دار مجدلاوي للنشر والتوزيع.
- ناصر نور الدين عبد اللطيف، و محمد محمود حسن البابلي. (2013). *بحوث العمليات في المحاسبة*. الاسكندرية: دار التعليم الجامعي للطباعة والنشر والتوزيع.
- نعيم إبراهيم الظاهر. (2009). *أساسيات الإدارة المبادئ والتطبيقات الحديثة* (الإصدار 1). عمان: دار عالم الكتب الحديث.
- نواف كنعان. (2007). *اتخاذ القرارات الإداريةبين النظرية والتطبيق* (الإصدار 1). عمان: دار الثقافة للنشر والتوزيع.
- نوال عبد الكريم الأشهب. (2015). *اتخاذ القرارات الإدارية أنواعها ومراحلها*. عمان: دار أمجد للنشر والتوزيع.

- وسيم أبو عريش. (2016). *الاتجاهات الحديثة في إدارة الأعمال* (الإصدار 1). عمان: دار خالد اللحياني للنشر والتوزيع.

قائمة المصادر والمراجع باللغة الأجنبية:

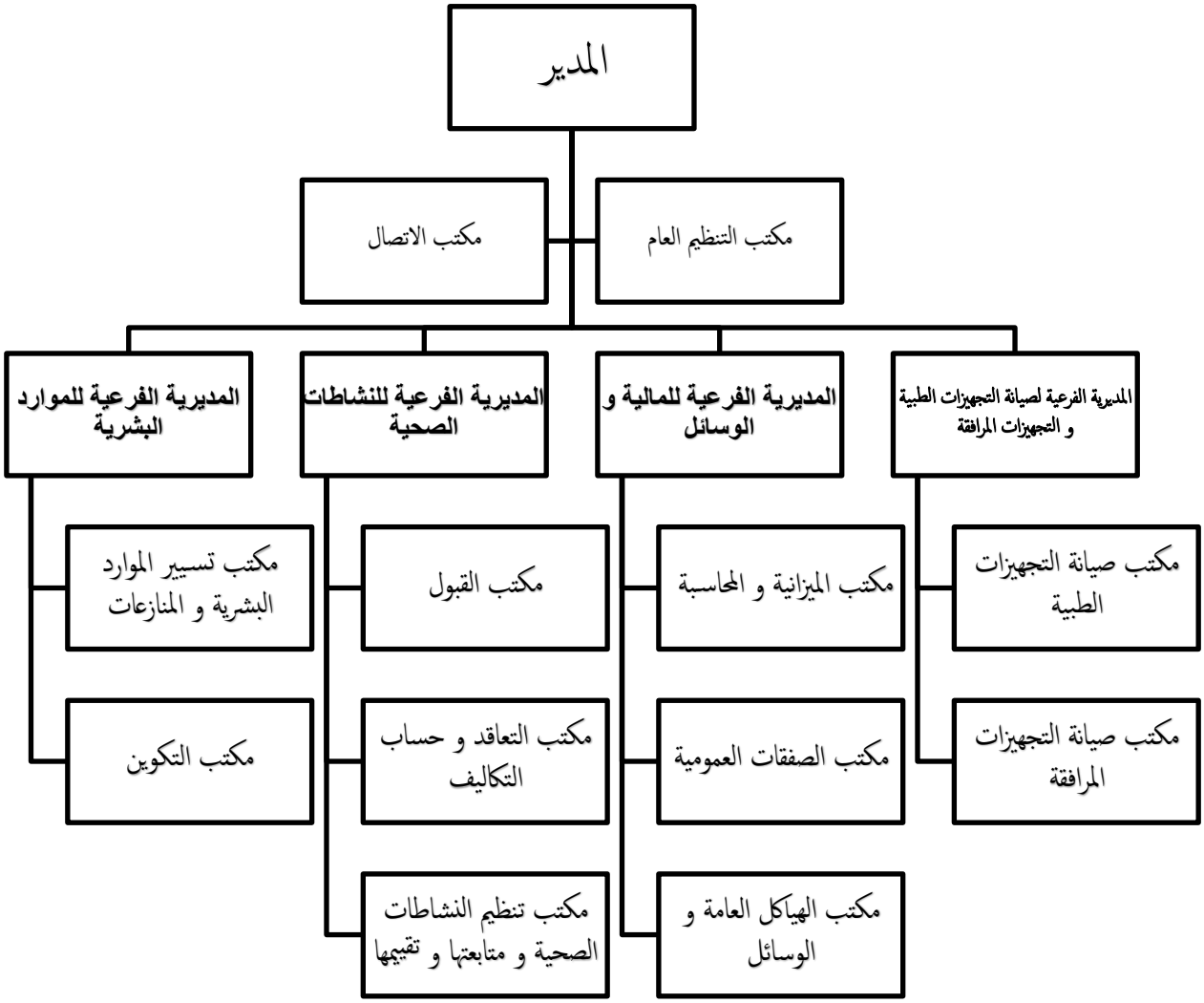
- Kalavathy, S. (2013). *Operations research* (éd. 4). New Delhi: Vikas Publishing House.
- FILALI , A. (2014). la décision stratégiques dans l'entreprise : impact sur l'organisation de l'entreprise économique (thèse doctorat). gestion, telemcen: université de Tlemcen.
- Kalavathy, S. (2002). *Operations research.* Vikas Publishing House.
- Raju, n. (2019). *operations research theory and practice* (éd. 1). USA: rc press.
- Cheema, C. (2011). *Operations Research* (éd. 2). New Delhi: University Science Press.
- rouleau, L. (2007). *théorie des organisations : approches classiques contemporaines et de l'avant-garde.* Québec: Presses de l' Université du Québec.
- Silvano, M., & Toth, P. (1990). *KNAPSACK PROBLEMS Algorithms and Computer Implementations.* England: John Wiley & Sons.
- Ahmia, I. (2019). une nouvelle Metaheuristique pour les problèmes d'optimisation combinatoire: la monarchie metaheuristiaue, thèse doctorat en sciences spécialité recherche opérationnelle mathématique de gestion. alger, algerie: université des sciences et de la technologie houari boumediene .
- BACHELET, V. (1999). Méta heuristiques parallèles hybrides : application au problème d'affection quadratique. Thèse doctorat en informatique. France: université de Lille.
- Bhunia, A. K., Laxminarayan, S., & Shaikh, A. A. (2019). *Advanced optimization and operations research.* Springer.
- Braekers, K., Ramaekers, K., & Van Nieuwenhuyse, I. (2016). The vehicle routing problem: State of the art classification and review. *Computers & industrial engineering* , 300-313.
- Carter, M., Price, C., & Rabadi, G. (2019). *Operations research: a practical introduction* (éd. 2). Crc Press.

- Dantzig, G., & Mukund , N. (1997). *The Linear Programming Problem." Linear Programming: 1: Introduction.* springer.
- Eiselt, H., & Sandblom, C.-L. (2000). *Integer programming and network models.* berlin: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- FERNANDES, S., & LOURENÇO, H. (2007). Hybrids combining local search heuristics with exact algorithms. *In : V Congreso Espanol sobre Metaheurısticas, Algoritmos Evolutivos y Bioinspirados*, 269-274.
- Gupta, P., & Hira, D. (2014). *Operations Research* (éd. 7). New Delhi.
- Hachimi, H. (2013). Hybridations d'algorithmes métaheuristiques en optimisation globale et leurs applications PhD Thesis. Rabat, Maroc: École Mohammadia d'ingénieurs.
- HADRI, A. (2022). Contribution A La Résolution Des Problèmes D'ordonnancement En Temps Réel Dans Un Système De Production De Type Job Shop Thèse Doctorat En Sciences En Génie Industriel. Algerie: Université Batna 2.
- Hillier, F., & Lieberman, G. (2015). *Introduction to operations research* (éd. 9). New York: McGraw-Hill.
- Jünger, M., Liebling, T., Naddef, D., Nemhauser, G., Pulleyblank, W., Reinelt, G., & Wolsey, L. (2009). *50 Years of integer programming 1958-2008: From the early years to the state-of-the-art.* Springer Science & Business Media.
- KARA, I., & BEKTAS, T. (2003). Integer linear programming formulation of the generalized vehicle routing problem In Proc. *Joint International Meeting*, 06-10.
- Mahajan, M. (2010). *operations research* (éd. 2). Delhi: Dhanpat Rai Et Co.
- Munapo, E., & Kumar, S. (2021). *Linear Integer Programming: Theory, Applications* (Vol. 9). Walter de Gruyter GmbH & Co KG.
- Nakhla, M., & Moisdon, J.-C. (2010). *Recherche opérationnelle : Méthodes d'optimisation en gestion.* France: Presses des MINES.
- Plane, j. (2008). *Théorie des organisations* (éd. 3). paris: dunod.
- Raidl, G., & Puchinger, J. (2008). Combining (integer) linear programming techniques and metaheuristics for combinatorial optimization. *Hybrid metaheuristics: Studies in Computational Intelligence (SCI) 114*, 31-62.
- rajagopal, K. (2012). *operations research.* New Delhi: PHI learning private limited.
- Rama, M. (2007). *Operations Reserch* (éd. 2). new Delhi: new age international (p) limited.

- Sefiane, S., & Benbouziane, M. (2012). Portfolio Selection Using Genetic Algorithm. *Journal of Applied Finance & Banking, 2*(4), 143-154.
- Sharma, J. (2017). *Operations Research Theory and Application* (éd. 6). India: Trinity Press.
- Sivarethinamohan, R. (2005). *operations research.* New Delhi: Tata McGraw-hill.
- Taha, H. (2017). *Operations Research An Introduction* (éd. 10). Malysia: Pearson Education.
- Toksari, M. (2016). A hybrid algorithm of Ant Colony Optimization (ACO) and Iterated Local Search (ILS) for estimating electricity domestic consumption: Case of Turkey. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems 78*, 776-782.
- Wagner, H. (1975). *Principles Of Operation Research With Applications To Managerial Decisions* (éd. 2). USA: Prentice Hall International Inc.
- Yifang Li, Y., & Billau, J.-C. (2008). *Le problème du sac à dos*. Récupéré sur https://interstices.info/le-probleme-du-sac-a-dos/ accessed : 27/08/2023.

الملاحق

الملحق رقم(1): الهيكل التنظيمي للمؤسسة



الملحق رقم (2): الحل الأمثل لنموذج جدولة عمل التمريض باستخدام برنامج WINQSB

	Decision Variable	Solution Value	Unit Cost or Profit c[j]	Total Contribution	Reduced Cost	Basis Status	Allowable Min. c[j]	Allowable Max. c[j]
1	X1	6,0000	1,0000	6,0000	0	basic	0	M
2	X2	0	1,0000	0	1,0000	at bound	0	M
3	X3	0	1,0000	0	1,0000	at bound	0	M
4	X4	3,0000	1,0000	3,0000	0	basic	1,0000	M
5	X5	2,0000	1,0000	2,0000	0	basic	0	1,0000
6	X6	0	1,0000	0	1,0000	at bound	0	M
7	X7	0	1,0000	0	1,0000	at bound	0	M
8	X8	0	1,0000	0	1,0000	at bound	0	M
	Objective	Function	(Min.) =	11,0000				
	Constraint	Left Hand Side	Direction	Right Hand Side	Slack or Surplus	Shadow Price	Allowable Min. RHS	Allowable Max. RHS
1	C1	6,0000	>=	6,0000	0	1,0000	5,0000	M
2	C2	6,0000	>=	5,0000	1,0000	0	-M	6,0000
3	C3	6,0000	>=	4,0000	2,0000	0	-M	6,0000
4	C4	3,0000	>=	3,0000	0	0	0	5,0000
5	C5	5,0000	>=	5,0000	0	1,0000	3,0000	M
6	C6	5,0000	>=	2,0000	3,0000	0	-M	5,0000
7	C7	5,0000	>=	2,0000	3,0000	0	-M	5,0000
8	C8	5,0000	>=	3,0000	2,0000	0	-M	5,0000

الملحق (3): نتائج حل نموذج التخصيص الأمثل للموارد البشرية باستخدام برمجية Python

```
============================================================
        MINIMISATION COST IN HOSPITAL: ILP SOLUTION
============================================================
            ## 1. Solver Information and Results
               **Solver Used**: PULP_CBC_CMD
     **Algorithm**: Branch and Bound (due to MIP=True)
            **Solution Time**: 0.0937 seconds
               **Solver Status**: Optimal

              ### Optimal Solution Summary
      **Optimal Objective Value (Z)**: 652,912,106.99

              ### Optimal Decision Variables

| Variable | Optimal Value | Variable Type | Reduced Cost |
|:---|:---|:---|:---|
| x_1_1 | 5 | integer | N/A |
| x_1_2 | 5 | integer | N/A |
| x_1_3 | 5 | integer | N/A |
| x_1_4 | 0 | integer | N/A |
| x_1_5 | 5 | integer | N/A |
| x_1_6 | 2 | integer | N/A |
| x_1_7 | 5 | integer | N/A |
| x_1_8 | 1 | integer | N/A |
| x_1_9 | 5 | integer | N/A |
| x_1_10 | 0 | integer | N/A |
| x_1_11 | 0 | integer | N/A |
| x_2_1 | 5 | integer | N/A |
| x_2_2 | 5 | integer | N/A |
| x_2_3 | 5 | integer | N/A |
| x_2_4 | 19 | integer | N/A |
| x_2_5 | 5 | integer | N/A |
| x_2_6 | 2 | integer | N/A |
| x_2_7 | 0 | integer | N/A |
| x_2_8 | 0 | integer | N/A |
| x_2_9 | 0 | integer | N/A |
| x_2_10 | 0 | integer | N/A |
| x_2_11 | 2 | integer | N/A |
| x_3_1 | 1 | integer | N/A |
| x_3_2 | 1 | integer | N/A |
| x_3_3 | 1 | integer | N/A |
| x_3_4 | 1 | integer | N/A |
| x_3_5 | 1 | integer | N/A |
| x_3_6 | 1 | integer | N/A |
| x_3_7 | 0 | integer | N/A |
| x_3_8 | 0 | integer | N/A |
| x_3_9 | 0 | integer | N/A |
| x_3_10 | 0 | integer | N/A |
| x_3_11 | 0 | integer | N/A |
| x_4_1 | 0 | integer | N/A |
| x_4_2 | 0 | integer | N/A |
| x_4_3 | 0 | integer | N/A |
| x_4_4 | 0 | integer | N/A |
| x_4_5 | 0 | integer | N/A |
| x_4_6 | 0 | integer | N/A |
| x_4_7 | 0 | integer | N/A |
| x_4_8 | 19 | integer | N/A |
| x_4_9 | 0 | integer | N/A |
| x_4_10 | 0 | integer | N/A |
| x_4_11 | 0 | integer | N/A |
| x_5_1 | 0 | integer | N/A |
| x_5_2 | 0 | integer | N/A |
| x_5_3 | 19 | integer | N/A |
| x_5_4 | 0 | integer | N/A |
| x_5_5 | 0 | integer | N/A |
| x_5_6 | 0 | integer | N/A |
| x_5_7 | 0 | integer | N/A |
| x_5_8 | 0 | integer | N/A |
| x_5_9 | 0 | integer | N/A |
| x_5_10 | 0 | integer | N/A |
| x_5_11 | 0 | integer | N/A |
| x_6_1 | 10 | integer | N/A |
| x_6_2 | 18 | integer | N/A |
| x_6_3 | 14 | integer | N/A |
| x_6_4 | 34 | integer | N/A |
| x_6_5 | 13 | integer | N/A |
| x_6_6 | 8 | integer | N/A |
| x_6_7 | 18 | integer | N/A |
| x_6_8 | 0 | integer | N/A |
| x_6_9 | 35 | integer | N/A |
| x_6_10 | 0 | integer | N/A |
| x_6_11 | 3 | integer | N/A |
| x_7_1 | 10 | integer | N/A |
| x_7_2 | 10 | integer | N/A |
| x_7_3 | 10 | integer | N/A |
| x_7_4 | 14 | integer | N/A |
| x_7_5 | 10 | integer | N/A |
| x_7_6 | 8 | integer | N/A |
| x_7_7 | 0 | integer | N/A |
| x_7_8 | 0 | integer | N/A |
| x_7_9 | 14 | integer | N/A |
| x_7_10 | 0 | integer | N/A |
| x_7_11 | 0 | integer | N/A |
| x_8_1 | 0 | integer | N/A |
| x_8_2 | 0 | integer | N/A |
| x_8_3 | 0 | integer | N/A |
| x_8_4 | 0 | integer | N/A |
| x_8_5 | 0 | integer | N/A |
| x_8_6 | 0 | integer | N/A |
| x_8_7 | 0 | integer | N/A |
| x_8_8 | 0 | integer | N/A |
```

x_8_9	0	integer	N/A	d+_4_3	0	integer	N/A
x_8_10	34	integer	N/A	d+_4_4	0	integer	N/A
x_8_11	9	integer	N/A	d+_4_5	0	integer	N/A
x_9_1	5	integer	N/A	d+_4_6	0	integer	N/A
x_9_2	5	integer	N/A	d+_4_7	0	integer	N/A
x_9_3	5	integer	N/A	d+_4_8	0	integer	N/A
x_9_4	10	integer	N/A	d+_4_9	0	integer	N/A
x_9_5	5	integer	N/A	d+_4_10	0	integer	N/A
x_9_6	2	integer	N/A	d+_4_11	0	integer	N/A
x_9_7	2	integer	N/A	d+_5_1	0	integer	N/A
x_9_8	2	integer	N/A	d+_5_2	0	integer	N/A
x_9_9	10	integer	N/A	d+_5_3	0	integer	N/A
x_9_10	3	integer	N/A	d+_5_4	0	integer	N/A
x_9_11	75	integer	N/A	d+_5_5	0	integer	N/A
d+_1_1	0	integer	N/A	d+_5_6	0	integer	N/A
d+_1_2	1	integer	N/A	d+_5_7	0	integer	N/A
d+_1_3	4	integer	N/A	d+_5_8	0	integer	N/A
d+_1_4	0	integer	N/A	d+_5_9	0	integer	N/A
d+_1_5	0	integer	N/A	d+_5_10	0	integer	N/A
d+_1_6	1	integer	N/A	d+_5_11	0	integer	N/A
d+_1_7	5	integer	N/A	d+_6_1	0	integer	N/A
d+_1_8	0	integer	N/A	d+_6_2	0	integer	N/A
d+_1_9	1	integer	N/A	d+_6_3	1	integer	N/A
d+_1_10	0	integer	N/A	d+_6_4	0	integer	N/A
d+_1_11	0	integer	N/A	d+_6_5	0	integer	N/A
d+_2_1	3	integer	N/A	d+_6_6	2	integer	N/A
d+_2_2	2	integer	N/A	d+_6_7	0	integer	N/A
d+_2_3	3	integer	N/A	d+_6_8	0	integer	N/A
d+_2_4	0	integer	N/A	d+_6_9	0	integer	N/A
d+_2_5	4	integer	N/A	d+_6_10	0	integer	N/A
d+_2_6	0	integer	N/A	d+_6_11	0	integer	N/A
d+_2_7	0	integer	N/A	d+_7_1	0	integer	N/A
d+_2_8	0	integer	N/A	d+_7_2	6	integer	N/A
d+_2_9	0	integer	N/A	d+_7_3	10	integer	N/A
d+_2_10	0	integer	N/A	d+_7_4	0	integer	N/A
d+_2_11	1	integer	N/A	d+_7_5	4	integer	N/A
d+_3_1	1	integer	N/A	d+_7_6	3	integer	N/A
d+_3_2	1	integer	N/A	d+_7_7	0	integer	N/A
d+_3_3	0	integer	N/A	d+_7_8	0	integer	N/A
d+_3_4	1	integer	N/A	d+_7_9	3	integer	N/A
d+_3_5	1	integer	N/A	d+_7_10	0	integer	N/A
d+_3_6	1	integer	N/A	d+_7_11	0	integer	N/A
d+_3_7	0	integer	N/A	d+_8_1	0	integer	N/A
d+_3_8	0	integer	N/A	d+_8_2	0	integer	N/A
d+_3_9	0	integer	N/A	d+_8_3	0	integer	N/A
d+_3_10	0	integer	N/A	d+_8_4	0	integer	N/A
d+_3_11	0	integer	N/A	d+_8_5	0	integer	N/A
d+_4_1	0	integer	N/A	d+_8_6	0	integer	N/A
d+_4_2	0	integer	N/A	d+_8_7	0	integer	N/A

d+_8_8	0	integer	N/A	d-_4_2	0	integer	N/A
d+_8_9	0	integer	N/A	d-_4_3	0	integer	N/A
d+_8_10	0	integer	N/A	d-_4_4	0	integer	N/A
d+_8_11	0	integer	N/A	d-_4_5	0	integer	N/A
d+_9_1	3	integer	N/A	d-_4_6	0	integer	N/A
d+_9_2	3	integer	N/A	d-_4_7	0	integer	N/A
d+_9_3	0	integer	N/A	d-_4_8	6	integer	N/A
d+_9_4	2	integer	N/A	d-_4_9	0	integer	N/A
d+_9_5	2	integer	N/A	d-_4_10	0	integer	N/A
d+_9_6	1	integer	N/A	d-_4_11	0	integer	N/A
d+_9_7	2	integer	N/A	d-_5_1	0	integer	N/A
d+_9_8	0	integer	N/A	d-_5_2	0	integer	N/A
d+_9_9	3	integer	N/A	d-_5_3	6	integer	N/A
d+_9_10	0	integer	N/A	d-_5_4	0	integer	N/A
d+_9_11	0	integer	N/A	d-_5_5	0	integer	N/A
d-_1_1	4	integer	N/A	d-_5_6	0	integer	N/A
d-_1_2	0	integer	N/A	d-_5_7	0	integer	N/A
d-_1_3	0	integer	N/A	d-_5_8	0	integer	N/A
d-_1_4	0	integer	N/A	d-_5_9	0	integer	N/A
d-_1_5	5	integer	N/A	d-_5_10	0	integer	N/A
d-_1_6	0	integer	N/A	d-_5_11	0	integer	N/A
d-_1_7	0	integer	N/A	d-_6_1	3	integer	N/A
d-_1_8	2	integer	N/A	d-_6_2	0	integer	N/A
d-_1_9	0	integer	N/A	d-_6_3	0	integer	N/A
d-_1_10	0	integer	N/A	d-_6_4	7	integer	N/A
d-_1_11	0	integer	N/A	d-_6_5	0	integer	N/A
d-_2_1	0	integer	N/A	d-_6_6	0	integer	N/A
d-_2_2	0	integer	N/A	d-_6_7	0	integer	N/A
d-_2_3	0	integer	N/A	d-_6_8	0	integer	N/A
d-_2_4	5	integer	N/A	d-_6_9	0	integer	N/A
d-_2_5	0	integer	N/A	d-_6_10	0	integer	N/A
d-_2_6	1	integer	N/A	d-_6_11	0	integer	N/A
d-_2_7	0	integer	N/A	d-_7_1	2	integer	N/A
d-_2_8	0	integer	N/A	d-_7_2	0	integer	N/A
d-_2_9	0	integer	N/A	d-_7_3	0	integer	N/A
d-_2_10	0	integer	N/A	d-_7_4	2	integer	N/A
d-_2_11	0	integer	N/A	d-_7_5	0	integer	N/A
d-_3_1	0	integer	N/A	d-_7_6	0	integer	N/A
d-_3_2	0	integer	N/A	d-_7_7	0	integer	N/A
d-_3_3	0	integer	N/A	d-_7_8	0	integer	N/A
d-_3_4	0	integer	N/A	d-_7_9	0	integer	N/A
d-_3_5	0	integer	N/A	d-_7_10	1	integer	N/A
d-_3_6	0	integer	N/A	d-_7_11	2	integer	N/A
d-_3_7	0	integer	N/A	d-_8_1	0	integer	N/A
d-_3_8	0	integer	N/A	d-_8_2	0	integer	N/A
d-_3_9	0	integer	N/A	d-_8_3	0	integer	N/A
d-_3_10	0	integer	N/A	d-_8_4	0	integer	N/A
d-_3_11	0	integer	N/A	d-_8_5	0	integer	N/A
d-_4_1	0	integer	N/A	d-_8_6	0	integer	N/A

d_8_7	0	integer	N/A
d_8_8	0	integer	N/A
d_8_9	0	integer	N/A
d_8_10	0	integer	N/A
d_8_11	4	integer	N/A
d_9_1	0	integer	N/A
d_9_2	0	integer	N/A
d_9_3	1	integer	N/A
d_9_4	0	integer	N/A
d_9_5	0	integer	N/A
d_9_6	0	integer	N/A
d_9_7	0	integer	N/A
d_9_8	0	integer	N/A
d_9_9	0	integer	N/A
d_9_10	0	integer	N/A
d_9_11	14	integer	N/A

2. Sensitivity Analysis (Binding Constraints) 📌

Constraint Performance

Constraint	RHS	LHS Value	Sense	Slack/Surplus	Binding Status	Dual Price
c1	9.00	9.00	=	0.00	Binding	0
c2	4.00	4.00	=	0.00	Binding	0
c3	1.00	1.00	=	0.00	Binding	0
c4	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c5	10.00	10.00	=	0.00	Binding	0
c6	1.00	1.00	=	0.00	Binding	0
c7	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c8	3.00	3.00	=	0.00	Binding	0
c9	4.00	4.00	=	0.00	Binding	0
c10	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c11	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c12	2.00	2.00	=	0.00	Binding	0
c13	3.00	3.00	=	0.00	Binding	0
c14	2.00	2.00	=	0.00	Binding	0
c15	24.00	24.00	=	0.00	Binding	0
c16	1.00	1.00	=	0.00	Binding	0
c17	3.00	3.00	=	0.00	Binding	0
c18	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c19	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c20	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c21	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c22	1.00	1.00	=	0.00	Binding	0
c23	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c24	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c25	1.00	1.00	=	0.00	Binding	0
c26	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c27	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c28	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c29	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c30	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c31	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c32	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c33	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0

c34	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c35	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c36	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c37	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c38	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c39	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c40	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c41	25.00	25.00	=	0.00	Binding	0
c42	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c43	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c44	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c45	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c46	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c47	25.00	25.00	=	0.00	Binding	0
c48	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c49	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c50	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c51	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c52	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c53	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c54	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c55	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c56	13.00	13.00	=	0.00	Binding	0
c57	18.00	18.00	=	0.00	Binding	0
c58	13.00	13.00	=	0.00	Binding	0
c59	41.00	41.00	=	0.00	Binding	0
c60	13.00	13.00	=	0.00	Binding	0
c61	6.00	6.00	=	0.00	Binding	0
c62	18.00	18.00	=	0.00	Binding	0
c63	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c64	35.00	35.00	=	0.00	Binding	0
c65	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c66	3.00	3.00	=	0.00	Binding	0
c67	12.00	12.00	=	0.00	Binding	0
c68	4.00	4.00	=	0.00	Binding	0
c69	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c70	16.00	16.00	=	0.00	Binding	0

c71	6.00	6.00	=	0.00	Binding	0
c72	5.00	5.00	=	0.00	Binding	0
c73	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c74	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c75	11.00	11.00	=	0.00	Binding	0
c76	1.00	1.00	=	0.00	Binding	0
c77	2.00	2.00	=	0.00	Binding	0
c78	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c79	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c80	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c81	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c82	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c83	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c84	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c85	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c86	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c87	34.00	34.00	=	0.00	Binding	0
c88	13.00	13.00	=	0.00	Binding	0
c89	2.00	2.00	=	0.00	Binding	0
c90	2.00	2.00	=	0.00	Binding	0
c91	6.00	6.00	=	0.00	Binding	0
c92	8.00	8.00	=	0.00	Binding	0
c93	3.00	3.00	=	0.00	Binding	0
c94	1.00	1.00	=	0.00	Binding	0
c95	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c96	2.00	2.00	=	0.00	Binding	0
c97	7.00	7.00	=	0.00	Binding	0
c98	3.00	3.00	=	0.00	Binding	0
c99	89.00	89.00	=	0.00	Binding	0
c100	9.00	5.00	<=	4.00	Non-Binding	0
c101	7.00	5.00	<=	2.00	Non-Binding	0
c102	7.00	5.00	<=	2.00	Non-Binding	0
c103	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c104	10.00	5.00	<=	5.00	Non-Binding	0
c105	3.00	2.00	<=	1.00	Non-Binding	0
c106	7.00	5.00	<=	2.00	Non-Binding	0
c107	4.00	1.00	<=	3.00	Non-Binding	0

c108	7.00	5.00	<=	2.00	Non-Binding	0
c109	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c110	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c111	7.00	5.00	<=	2.00	Non-Binding	0
c112	7.00	5.00	<=	2.00	Non-Binding	0
c113	7.00	5.00	<=	2.00	Non-Binding	0
c114	30.00	19.00	<=	11.00	Non-Binding	0
c115	7.00	5.00	<=	2.00	Non-Binding	0
c116	3.00	2.00	<=	1.00	Non-Binding	0
c117	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c118	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c119	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c120	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c121	3.00	2.00	<=	1.00	Non-Binding	0
c122	4.00	1.00	<=	3.00	Non-Binding	0
c123	4.00	1.00	<=	3.00	Non-Binding	0
c124	5.00	1.00	<=	4.00	Non-Binding	0
c125	5.00	1.00	<=	4.00	Non-Binding	0
c126	4.00	1.00	<=	3.00	Non-Binding	0
c127	3.00	1.00	<=	2.00	Non-Binding	0
c128	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c129	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c130	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c131	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c132	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c133	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c134	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c135	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c136	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c137	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c138	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c139	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c140	32.00	19.00	<=	13.00	Non-Binding	0
c141	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c142	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c143	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c144	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0

c145	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c146	32.00	19.00	<=	13.00	Non-Binding	0
c147	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c148	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c149	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c150	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c151	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c152	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c153	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c154	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c155	17.00	10.00	<=	7.00	Non-Binding	0
c156	23.00	18.00	<=	5.00	Non-Binding	0
c157	17.00	14.00	<=	3.00	Non-Binding	0
c158	52.00	34.00	<=	18.00	Non-Binding	0
c159	17.00	13.00	<=	4.00	Non-Binding	0
c160	8.00	8.00	<=	0.00	Binding	0
c161	23.00	18.00	<=	5.00	Non-Binding	0
c162	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c163	44.00	35.00	<=	9.00	Non-Binding	0
c164	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c165	4.00	3.00	<=	1.00	Non-Binding	0
c166	15.00	10.00	<=	5.00	Non-Binding	0
c167	12.00	10.00	<=	2.00	Non-Binding	0
c168	12.00	10.00	<=	2.00	Non-Binding	0
c169	20.00	14.00	<=	6.00	Non-Binding	0
c170	10.00	10.00	<=	0.00	Binding	0
c171	9.00	8.00	<=	1.00	Non-Binding	0
c172	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c173	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c174	15.00	14.00	<=	1.00	Non-Binding	0
c175	2.00	0.00	<=	2.00	Non-Binding	0
c176	3.00	0.00	<=	3.00	Non-Binding	0
c177	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c178	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c179	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c180	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c181	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0

c182	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c183	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c184	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c185	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c186	43.00	34.00	<=	9.00	Non-Binding	0
c187	17.00	9.00	<=	8.00	Non-Binding	0
c188	7.00	5.00	<=	2.00	Non-Binding	0
c189	7.00	5.00	<=	2.00	Non-Binding	0
c190	7.00	5.00	<=	2.00	Non-Binding	0
c191	10.00	10.00	<=	0.00	Binding	0
c192	6.00	5.00	<=	1.00	Non-Binding	0
c193	2.00	2.00	<=	0.00	Binding	0
c194	0.00	2.00	>=	-2.00	Non-Binding	0
c195	3.00	2.00	<=	1.00	Non-Binding	0
c196	10.00	10.00	<=	0.00	Binding	0
c197	4.00	3.00	<=	1.00	Non-Binding	0
c198	112.00	75.00	<=	37.00	Non-Binding	0
c199	2.00	5.00	>=	-3.00	Non-Binding	0
c200	2.00	5.00	>=	-3.00	Non-Binding	0
c201	2.00	5.00	>=	-3.00	Non-Binding	0
c202	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c203	2.00	5.00	>=	-3.00	Non-Binding	0
c204	1.00	2.00	>=	-1.00	Non-Binding	0
c205	2.00	5.00	>=	-3.00	Non-Binding	0
c206	1.00	1.00	>=	0.00	Binding	0
c207	2.00	5.00	>=	-3.00	Non-Binding	0
c208	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c209	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c210	2.00	5.00	>=	-3.00	Non-Binding	0
c211	2.00	5.00	>=	-3.00	Non-Binding	0
c212	2.00	5.00	>=	-3.00	Non-Binding	0
c213	15.00	19.00	>=	-4.00	Non-Binding	0
c214	1.00	5.00	>=	-4.00	Non-Binding	0
c215	1.00	2.00	>=	-1.00	Non-Binding	0
c216	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c217	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c218	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0

c219	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c220	2.00	2.00	>=	0.00	Binding	0
c221	1.00	1.00	>=	0.00	Binding	0
c222	1.00	1.00	>=	0.00	Binding	0
c223	1.00	1.00	>=	0.00	Binding	0
c224	1.00	1.00	>=	0.00	Binding	0
c225	1.00	1.00	>=	0.00	Binding	0
c226	1.00	1.00	>=	0.00	Binding	0
c227	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c228	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c229	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c230	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c231	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c232	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c233	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c234	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c235	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c236	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c237	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c238	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c239	15.00	19.00	>=	-4.00	Non-Binding	0
c240	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c241	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c242	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c243	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c244	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c245	15.00	19.00	>=	-4.00	Non-Binding	0
c246	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c247	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c248	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c249	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c250	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c251	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c252	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c253	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c254	9.00	10.00	>=	-1.00	Non-Binding	0
c255	14.00	18.00	>=	-4.00	Non-Binding	0

c256	10.00	14.00	>=	-4.00	Non-Binding	0
c257	30.00	34.00	>=	-4.00	Non-Binding	0
c258	9.00	13.00	>=	-4.00	Non-Binding	0
c259	5.00	8.00	>=	-3.00	Non-Binding	0
c260	14.00	18.00	>=	-4.00	Non-Binding	0
c261	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c262	25.00	35.00	>=	-10.00	Non-Binding	0
c263	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c264	2.00	3.00	>=	-1.00	Non-Binding	0
c265	9.00	10.00	>=	-1.00	Non-Binding	0
c266	3.00	10.00	>=	-7.00	Non-Binding	0
c267	0.00	10.00	>=	-10.00	Non-Binding	0
c268	12.00	14.00	>=	-2.00	Non-Binding	0
c269	5.00	10.00	>=	-5.00	Non-Binding	0
c270	4.00	8.00	>=	-4.00	Non-Binding	0
c271	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c272	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c273	9.00	14.00	>=	-5.00	Non-Binding	0
c274	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c275	0.00	0.00	>=	0.00	Binding	0
c276	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c277	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c278	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c279	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c280	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c281	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c282	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c283	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c284	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c285	24.00	34.00	>=	-10.00	Non-Binding	0
c286	9.00	9.00	>=	0.00	Binding	0
c287	2.00	5.00	>=	-3.00	Non-Binding	0
c288	2.00	5.00	>=	-3.00	Non-Binding	0
c289	4.00	5.00	>=	-1.00	Non-Binding	0
c290	4.00	10.00	>=	-6.00	Non-Binding	0
c291	2.00	5.00	>=	-3.00	Non-Binding	0
c292	1.00	2.00	>=	-1.00	Non-Binding	0

c293	0.00	2.00	>=	-2.00	Non-Binding	0
c294	1.00	2.00	>=	-1.00	Non-Binding	0
c295	6.00	10.00	>=	-4.00	Non-Binding	0
c296	1.00	3.00	>=	-2.00	Non-Binding	0
c297	65.00	75.00	>=	-10.00	Non-Binding	0
c298	14.00	12.00	<=	2.00	Non-Binding	0
c299	13.00	13.00	<=	0.00	Binding	0
c300	16.00	5.00	<=	11.00	Non-Binding	0
c301	5.00	0.00	<=	5.00	Non-Binding	0
c302	5.00	0.00	<=	5.00	Non-Binding	0
c303	12.00	3.00	<=	9.00	Non-Binding	0
c304	28.00	26.00	<=	2.00	Non-Binding	0
c305	2.00	0.00	<=	2.00	Non-Binding	0
c306	18.00	16.00	<=	2.00	Non-Binding	0
c307	15.00	11.00	<=	4.00	Non-Binding	0
c308	8.00	6.00	<=	2.00	Non-Binding	0
c309	1.00	0.00	<=	1.00	Non-Binding	0
c310	7.00	6.00	<=	1.00	Non-Binding	0
c311	7.00	6.00	<=	1.00	Non-Binding	0
c312	10.00	10.00	<=	0.00	Binding	0
c313	8.00	7.00	<=	1.00	Non-Binding	0
c314	8.00	4.00	<=	4.00	Non-Binding	0
c315	15.00	15.00	<=	0.00	Binding	0
c316	8,760.00	9,600.00	>=	-840.00	Non-Binding	0
c317	8,760.00	9,600.00	>=	-840.00	Non-Binding	0
c318	8,760.00	9,600.00	>=	-840.00	Non-Binding	0
c319	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c320	8,760.00	9,600.00	>=	-840.00	Non-Binding	0
c321	2,304.00	3,840.00	>=	-1,536.00	Non-Binding	0
c322	8,760.00	9,600.00	>=	-840.00	Non-Binding	0
c323	1,920.00	1,920.00	>=	0.00	Binding	0
c324	8,760.00	9,600.00	>=	-840.00	Non-Binding	0
c325	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c326	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c327	8,760.00	9,600.00	>=	-840.00	Non-Binding	0
c328	8,760.00	9,600.00	>=	-840.00	Non-Binding	0
c329	8,760.00	9,600.00	>=	-840.00	Non-Binding	0

c330	35,040.00	36,480.00	>=	-1,440.00	Non-Binding	0
c331	8,760.00	9,600.00	>=	-840.00	Non-Binding	0
c332	2,304.00	3,840.00	>=	-1,536.00	Non-Binding	0
c333	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c334	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c335	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c336	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c337	3,480.00	3,840.00	>=	-360.00	Non-Binding	0
c338	1,920.00	1,920.00	>=	0.00	Binding	0
c339	1,920.00	1,920.00	>=	0.00	Binding	0
c340	1,920.00	1,920.00	>=	0.00	Binding	0
c341	1,920.00	1,920.00	>=	0.00	Binding	0
c342	1,920.00	1,920.00	>=	0.00	Binding	0
c343	1,920.00	1,920.00	>=	0.00	Binding	0
c344	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c345	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c346	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c347	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c348	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c349	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c350	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c351	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c352	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c353	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c354	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c355	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c356	35,040.00	36,480.00	>=	-1,440.00	Non-Binding	0
c357	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c358	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c359	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c360	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c361	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c362	35,040.00	36,480.00	>=	-1,440.00	Non-Binding	0
c363	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c364	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c365	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c366	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0

c367	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c368	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c369	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c370	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c371	17,520.00	19,200.00	>=	-1,680.00	Non-Binding	0
c372	26,280.00	34,560.00	>=	-8,280.00	Non-Binding	0
c373	26,280.00	26,880.00	>=	-600.00	Non-Binding	0
c374	61,320.00	65,280.00	>=	-3,960.00	Non-Binding	0
c375	17,520.00	24,960.00	>=	-7,440.00	Non-Binding	0
c376	13,824.00	15,360.00	>=	-1,536.00	Non-Binding	0
c377	26,280.00	34,560.00	>=	-8,280.00	Non-Binding	0
c378	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c379	52,560.00	67,200.00	>=	-14,640.00	Non-Binding	0
c380	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c381	3,840.00	5,760.00	>=	-1,920.00	Non-Binding	0
c382	17,520.00	19,200.00	>=	-1,680.00	Non-Binding	0
c383	17,520.00	19,200.00	>=	-1,680.00	Non-Binding	0
c384	17,520.00	19,200.00	>=	-1,680.00	Non-Binding	0
c385	26,280.00	26,880.00	>=	-600.00	Non-Binding	0
c386	17,520.00	19,200.00	>=	-1,680.00	Non-Binding	0
c387	13,824.00	15,360.00	>=	-1,536.00	Non-Binding	0
c388	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c389	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c390	26,280.00	26,880.00	>=	-600.00	Non-Binding	0
c391	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c392	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c393	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c394	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c395	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c396	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c397	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c398	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c399	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c400	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c401	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c402	65,280.00	65,280.00	>=	0.00	Binding	0
c403	9,600.00	17,280.00	>=	-7,680.00	Non-Binding	0

c404	8,760.00	9,600.00	>=	-840.00	Non-Binding	0
c405	8,760.00	9,600.00	>=	-840.00	Non-Binding	0
c406	8,760.00	9,600.00	>=	-840.00	Non-Binding	0
c407	17,520.00	19,200.00	>=	-1,680.00	Non-Binding	0
c408	8,760.00	9,600.00	>=	-840.00	Non-Binding	0
c409	2,304.00	3,840.00	>=	-1,536.00	Non-Binding	0
c410	2,304.00	3,840.00	>=	-1,536.00	Non-Binding	0
c411	2,304.00	3,840.00	>=	-1,536.00	Non-Binding	0
c412	17,520.00	19,200.00	>=	-1,680.00	Non-Binding	0
c413	1,920.00	5,760.00	>=	-3,840.00	Non-Binding	0
c414	144,000.00	144,000.00	>=	0.00	Binding	0
c415	660,280,000.00	647,285,925.29	<=	12,994,074.71	Non-Binding	0

الملحق رقم (4): نتائج حل نموذج التخصيص الأمثل للموارد التشغيلية باستخدام برمجية Python

```
============================================================
        MINIMISATION COST IN HOSPITAL: ILP SOLUTION
============================================================
            ## 1. Solver Information and Results
               **Solver Used**: PULP_CBC_CMD
     **Algorithm**: Branch and Bound (due to MIP=True)
            **Solution Time**: 0.1614 seconds
               **Solver Status**: Optimal

              ### Optimal Solution Summary
      **Optimal Objective Value (Z)**: 232,972,489.77

              ### Optimal Decision Variables
```

Variable	Optimal Value	Variable Type	Reduced Cost
x_10_1	13,886.00	integer	N/A
x_10_2	12,481.00	integer	N/A
x_10_3	7,904.00	integer	N/A
x_10_4	7,227.00	integer	N/A
x_10_5	9,761.00	integer	N/A
x_10_6	3,320.00	integer	N/A
x_10_7	0.00	integer	N/A
x_10_8	0.00	integer	N/A
x_10_9	0.00	integer	N/A
x_10_10	0.00	integer	N/A
x_10_11	0.00	integer	N/A
x_11_1	1,314.00	integer	N/A
x_11_2	1,314.00	integer	N/A
x_11_3	4,599.00	integer	N/A
x_11_4	7,227.00	integer	N/A
x_11_5	1,314.00	integer	N/A
x_11_6	1,971.00	integer	N/A
x_11_7	657.00	integer	N/A
x_11_8	657.00	integer	N/A
x_11_9	10,512.00	integer	N/A
x_11_10	657.00	integer	N/A
x_11_11	280.00	integer	N/A
x_12_1	4,629.00	integer	N/A
x_12_2	4,161.00	integer	N/A
x_12_3	2,635.00	integer	N/A
x_12_4	136,561.00	integer	N/A
x_12_5	3,254.00	integer	N/A
x_12_6	3,320.00	integer	N/A
x_12_7	0.00	integer	N/A
x_12_8	0.00	integer	N/A
x_12_9	134,349.00	integer	N/A
x_12_10	0.00	integer	N/A
x_12_11	0.00	integer	N/A
x_13_1	4,629.00	integer	N/A
x_13_2	4,161.00	integer	N/A
x_13_3	2,635.00	integer	N/A
x_13_4	136,560.00	integer	N/A
x_13_5	3,254.00	integer	N/A
x_13_6	3,320.00	integer	N/A
x_13_7	205,540.00	integer	N/A
x_13_8	4,960,563.00	integer	N/A
x_13_9	134,349.00	integer	N/A
x_13_10	0.00	integer	N/A
x_13_11	0.00	integer	N/A
x_14_1	0.00	integer	N/A
x_14_2	0.00	integer	N/A
x_14_3	660.00	integer	N/A
x_14_4	150.00	integer	N/A
x_14_5	0.00	integer	N/A
x_14_6	0.00	integer	N/A
x_14_7	0.00	integer	N/A
x_14_8	0.00	integer	N/A
x_14_9	0.00	integer	N/A
x_14_10	0.00	integer	N/A
x_14_11	0.00	integer	N/A
x_15_1	4,629.00	integer	N/A
x_15_2	4,161.00	integer	N/A
x_15_3	2,635.00	integer	N/A
x_15_4	136,561.00	integer	N/A
x_15_5	3,254.00	integer	N/A
x_15_6	3,320.00	integer	N/A
x_15_7	0.00	integer	N/A
x_15_8	0.00	integer	N/A
x_15_9	134,349.00	integer	N/A
x_15_10	0.00	integer	N/A
x_15_11	0.00	integer	N/A
x_16_1	4,629.00	integer	N/A
x_16_2	4,161.00	integer	N/A
x_16_3	2,635.00	integer	N/A
x_16_4	136,561.00	integer	N/A
x_16_5	3,254.00	integer	N/A
x_16_6	3,320.00	integer	N/A
x_16_7	0.00	integer	N/A
x_16_8	0.00	integer	N/A
x_16_9	134,349.00	integer	N/A
x_16_10	0.00	integer	N/A
x_16_11	0.00	integer	N/A
x_17_1	4,629.00	integer	N/A
x_17_2	4,161.00	integer	N/A
x_17_3	2,635.00	integer	N/A
x_17_4	136,561.00	integer	N/A
x_17_5	3,254.00	integer	N/A
x_17_6	3,320.00	integer	N/A
x_17_7	205,540.00	integer	N/A
x_17_8	4,960,563.00	integer	N/A

x_17_9	134,349.00	integer	N/A	x_22_3	11.00	integer	N/A
x_17_10	0.00	integer	N/A	x_22_4	11.00	integer	N/A
x_17_11	0.00	integer	N/A	x_22_5	11.00	integer	N/A
x_18_1	0.00	integer	N/A	x_22_6	8.00	integer	N/A
x_18_2	0.00	integer	N/A	x_22_7	11.00	integer	N/A
x_18_3	0.00	integer	N/A	x_22_8	11.00	integer	N/A
x_18_4	0.00	integer	N/A	x_22_9	11.00	integer	N/A
x_18_5	0.00	integer	N/A	x_22_10	11.00	integer	N/A
x_18_6	0.00	integer	N/A	x_22_11	11.00	integer	N/A
x_18_7	205,540.00	integer	N/A	x_23_1	29.00	integer	N/A
x_18_8	0.00	integer	N/A	x_23_2	21.00	integer	N/A
x_18_9	0.00	integer	N/A	x_23_3	35.00	integer	N/A
x_18_10	0.00	integer	N/A	x_23_4	77.00	integer	N/A
x_18_11	0.00	integer	N/A	x_23_5	21.00	integer	N/A
x_19_1	0.00	integer	N/A	x_23_6	11.00	integer	N/A
x_19_2	0.00	integer	N/A	x_23_7	12.00	integer	N/A
x_19_3	0.00	integer	N/A	x_23_8	21.00	integer	N/A
x_19_4	0.00	integer	N/A	x_23_9	39.00	integer	N/A
x_19_5	0.00	integer	N/A	x_23_10	0.00	integer	N/A
x_19_6	0.00	integer	N/A	x_23_11	71.00	integer	N/A
x_19_7	0.00	integer	N/A	x_24_1	2.00	integer	N/A
x_19_8	4,960,563.00	integer	N/A	x_24_2	3.00	integer	N/A
x_19_9	0.00	integer	N/A	x_24_3	2.00	integer	N/A
x_19_10	0.00	integer	N/A	x_24_4	2.00	integer	N/A
x_19_11	0.00	integer	N/A	x_24_5	0.00	integer	N/A
x_20_1	11.00	integer	N/A	x_24_6	5.00	integer	N/A
x_20_2	11.00	integer	N/A	x_24_7	1.00	integer	N/A
x_20_3	11.00	integer	N/A	x_24_8	2.00	integer	N/A
x_20_4	11.00	integer	N/A	x_24_9	0.00	integer	N/A
x_20_5	11.00	integer	N/A	x_24_10	0.00	integer	N/A
x_20_6	11.00	integer	N/A	x_24_11	0.00	integer	N/A
x_20_7	11.00	integer	N/A	x_25_1	2.00	integer	N/A
x_20_8	11.00	integer	N/A	x_25_2	2.00	integer	N/A
x_20_9	8.00	integer	N/A	x_25_3	5.00	integer	N/A
x_20_10	11.00	integer	N/A	x_25_4	4.00	integer	N/A
x_20_11	11.00	integer	N/A	x_25_5	2.00	integer	N/A
x_21_1	22.00	integer	N/A	x_25_6	4.00	integer	N/A
x_21_2	18.00	integer	N/A	x_25_7	0.00	integer	N/A
x_21_3	23.00	integer	N/A	x_25_8	0.00	integer	N/A
x_21_4	7.00	integer	N/A	x_25_9	0.00	integer	N/A
x_21_5	22.00	integer	N/A	x_25_10	49.00	integer	N/A
x_21_6	7.00	integer	N/A	x_25_11	4.00	integer	N/A
x_21_7	0.00	integer	N/A	x_26_1	0.00	integer	N/A
x_21_8	0.00	integer	N/A	x_26_2	0.00	integer	N/A
x_21_9	4.00	integer	N/A	x_26_3	0.00	integer	N/A
x_21_10	0.00	integer	N/A	x_26_4	0.00	integer	N/A
x_21_11	0.00	integer	N/A	x_26_5	0.00	integer	N/A
x_22_1	11.00	integer	N/A	x_26_6	0.00	integer	N/A
x_22_2	11.00	integer	N/A	x_26_7	2.00	integer	N/A

x_26_8	0.00	integer	N/A	x_31_2	5,627.70	continuous	N/A
x_26_9	0.00	integer	N/A	x_31_3	5,206.50	continuous	N/A
x_26_10	0.00	integer	N/A	x_31_4	11,489.40	continuous	N/A
x_26_11	27.00	integer	N/A	x_31_5	2,977.65	continuous	N/A
x_27_1	522.00	integer	N/A	x_31_6	4,644.90	continuous	N/A
x_27_2	607.00	integer	N/A	x_31_7	1,889.55	continuous	N/A
x_27_3	562.00	integer	N/A	x_31_8	3,708.90	continuous	N/A
x_27_4	1,241.00	integer	N/A	x_31_9	8,851.05	continuous	N/A
x_27_5	321.00	integer	N/A	x_31_10	3,820.05	continuous	N/A
x_27_6	501.00	integer	N/A	x_31_11	5,422.95	continuous	N/A
x_27_7	204.00	integer	N/A	x_32_1	0.00	integer	N/A
x_27_8	311.00	integer	N/A	x_32_2	0.00	integer	N/A
x_27_9	955.00	integer	N/A	x_32_3	0.00	integer	N/A
x_27_10	412.00	integer	N/A	x_32_4	1.00	integer	N/A
x_27_11	585.00	integer	N/A	x_32_5	0.00	integer	N/A
x_28_1	6,665.00	integer	N/A	x_32_6	0.00	integer	N/A
x_28_2	7,762.00	integer	N/A	x_32_7	0.00	integer	N/A
x_28_3	7,182.00	integer	N/A	x_32_8	0.00	integer	N/A
x_28_4	15,846.00	integer	N/A	x_32_9	0.00	integer	N/A
x_28_5	4,107.00	integer	N/A	x_32_10	0.00	integer	N/A
x_28_6	6,407.00	integer	N/A	x_32_11	2.00	integer	N/A
x_28_7	2,607.00	integer	N/A	d+_10_1	1,262.00	integer	N/A
x_28_8	5,116.00	integer	N/A	d+_10_2	1,135.00	integer	N/A
x_28_9	12,209.00	integer	N/A	d+_10_3	719.00	integer	N/A
x_28_10	5,267.00	integer	N/A	d+_10_4	657.00	integer	N/A
x_28_11	7,479.00	integer	N/A	d+_10_5	887.00	integer	N/A
x_29_1	57,060.00	integer	N/A	d+_10_6	302.00	integer	N/A
x_29_2	66,455.00	integer	N/A	d+_10_7	0.00	integer	N/A
x_29_3	61,481.00	integer	N/A	d+_10_8	0.00	integer	N/A
x_29_4	135,672.00	integer	N/A	d+_10_9	0.00	integer	N/A
x_29_5	35,161.00	integer	N/A	d+_10_10	0.00	integer	N/A
x_29_6	54,850.00	integer	N/A	d+_10_11	0.00	integer	N/A
x_29_7	22,313.00	integer	N/A	d+_11_1	0.00	integer	N/A
x_29_8	43,797.00	integer	N/A	d+_11_2	0.00	integer	N/A
x_29_9	104,518.00	integer	N/A	d+_11_3	0.00	integer	N/A
x_29_10	45,109.00	integer	N/A	d+_11_4	0.00	integer	N/A
x_29_11	64,037.00	integer	N/A	d+_11_5	0.00	integer	N/A
x_30_1	460.91	continuous	N/A	d+_11_6	0.00	integer	N/A
x_30_2	416.89	continuous	N/A	d+_11_7	0.00	integer	N/A
x_30_3	496.62	continuous	N/A	d+_11_8	0.00	integer	N/A
x_30_4	1,095.91	continuous	N/A	d+_11_9	0.00	integer	N/A
x_30_5	284.02	continuous	N/A	d+_11_10	0.00	integer	N/A
x_30_6	443.05	continuous	N/A	d+_11_11	0.00	integer	N/A
x_30_7	180.23	continuous	N/A	d+_12_1	421.00	integer	N/A
x_30_8	353.77	continuous	N/A	d+_12_2	379.00	integer	N/A
x_30_9	844.25	continuous	N/A	d+_12_3	240.00	integer	N/A
x_30_10	364.37	continuous	N/A	d+_12_4	12,415.00	integer	N/A
x_30_11	517.27	continuous	N/A	d+_12_5	296.00	integer	N/A
x_31_1	4,832.10	continuous	N/A	d+_12_6	302.00	integer	N/A

d*_12_7	0.00	integer	N/A	d*_17_1	421.00	integer	N/A
d*_12_8	0.00	integer	N/A	d*_17_2	379.00	integer	N/A
d*_12_9	12,214.00	integer	N/A	d*_17_3	240.00	integer	N/A
d*_12_10	0.00	integer	N/A	d*_17_4	12,415.00	integer	N/A
d*_12_11	0.00	integer	N/A	d*_17_5	296.00	integer	N/A
d*_13_1	421.00	integer	N/A	d*_17_6	302.00	integer	N/A
d*_13_2	379.00	integer	N/A	d*_17_7	18,686.00	integer	N/A
d*_13_3	240.00	integer	N/A	d*_17_8	450,960.00	integer	N/A
d*_13_4	12,414.00	integer	N/A	d*_17_9	12,214.00	integer	N/A
d*_13_5	296.00	integer	N/A	d*_17_10	0.00	integer	N/A
d*_13_6	302.00	integer	N/A	d*_17_11	0.00	integer	N/A
d*_13_7	18,686.00	integer	N/A	d*_18_1	0.00	integer	N/A
d*_13_8	450,960.00	integer	N/A	d*_18_2	0.00	integer	N/A
d*_13_9	12,214.00	integer	N/A	d*_18_3	0.00	integer	N/A
d*_13_10	0.00	integer	N/A	d*_18_4	0.00	integer	N/A
d*_13_11	0.00	integer	N/A	d*_18_5	0.00	integer	N/A
d*_14_1	0.00	integer	N/A	d*_18_6	0.00	integer	N/A
d*_14_2	0.00	integer	N/A	d*_18_7	18,686.00	integer	N/A
d*_14_3	60.00	integer	N/A	d*_18_8	0.00	integer	N/A
d*_14_4	14.00	integer	N/A	d*_18_9	0.00	integer	N/A
d*_14_5	0.00	integer	N/A	d*_18_10	0.00	integer	N/A
d*_14_6	0.00	integer	N/A	d*_18_11	0.00	integer	N/A
d*_14_7	0.00	integer	N/A	d*_19_1	0.00	integer	N/A
d*_14_8	0.00	integer	N/A	d*_19_2	0.00	integer	N/A
d*_14_9	0.00	integer	N/A	d*_19_3	0.00	integer	N/A
d*_14_10	0.00	integer	N/A	d*_19_4	0.00	integer	N/A
d*_14_11	0.00	integer	N/A	d*_19_5	0.00	integer	N/A
d*_15_1	421.00	integer	N/A	d*_19_6	0.00	integer	N/A
d*_15_2	379.00	integer	N/A	d*_19_7	0.00	integer	N/A
d*_15_3	240.00	integer	N/A	d*_19_8	450,960.00	integer	N/A
d*_15_4	12,415.00	integer	N/A	d*_19_9	0.00	integer	N/A
d*_15_5	296.00	integer	N/A	d*_19_10	0.00	integer	N/A
d*_15_6	302.00	integer	N/A	d*_19_11	0.00	integer	N/A
d*_15_7	0.00	integer	N/A	d*_20_1	0.00	integer	N/A
d*_15_8	0.00	integer	N/A	d*_20_2	0.00	integer	N/A
d*_15_9	12,214.00	integer	N/A	d*_20_3	0.00	integer	N/A
d*_15_10	0.00	integer	N/A	d*_20_4	0.00	integer	N/A
d*_15_11	0.00	integer	N/A	d*_20_5	0.00	integer	N/A
d*_16_1	421.00	integer	N/A	d*_20_6	0.00	integer	N/A
d*_16_2	379.00	integer	N/A	d*_20_7	0.00	integer	N/A
d*_16_3	240.00	integer	N/A	d*_20_8	0.00	integer	N/A
d*_16_4	12,415.00	integer	N/A	d*_20_9	0.00	integer	N/A
d*_16_5	296.00	integer	N/A	d*_20_10	0.00	integer	N/A
d*_16_6	302.00	integer	N/A	d*_20_11	0.00	integer	N/A
d*_16_7	0.00	integer	N/A	d*_21_1	0.00	integer	N/A
d*_16_8	0.00	integer	N/A	d*_21_2	0.00	integer	N/A
d*_16_9	12,214.00	integer	N/A	d*_21_3	0.00	integer	N/A
d*_16_10	0.00	integer	N/A	d*_21_4	0.00	integer	N/A
d*_16_11	0.00	integer	N/A	d*_21_5	0.00	integer	N/A

d+_21_6	0.00	integer	N/A	d+_25_11	0.00	integer	N/A
d+_21_7	0.00	integer	N/A	d+_26_1	0.00	integer	N/A
d+_21_8	0.00	integer	N/A	d+_26_2	0.00	integer	N/A
d+_21_9	0.00	integer	N/A	d+_26_3	0.00	integer	N/A
d+_21_10	0.00	integer	N/A	d+_26_4	0.00	integer	N/A
d+_21_11	0.00	integer	N/A	d+_26_5	0.00	integer	N/A
d+_22_1	0.00	integer	N/A	d+_26_6	0.00	integer	N/A
d+_22_2	0.00	integer	N/A	d+_26_7	1.00	integer	N/A
d+_22_3	0.00	integer	N/A	d+_26_8	0.00	integer	N/A
d+_22_4	0.00	integer	N/A	d+_26_9	0.00	integer	N/A
d+_22_5	0.00	integer	N/A	d+_26_10	0.00	integer	N/A
d+_22_6	0.00	integer	N/A	d+_26_11	2.00	integer	N/A
d+_22_7	0.00	integer	N/A	d+_27_1	0.00	integer	N/A
d+_22_8	0.00	integer	N/A	d+_27_2	0.00	integer	N/A
d+_22_9	0.00	integer	N/A	d+_27_3	0.00	integer	N/A
d+_22_10	0.00	integer	N/A	d+_27_4	0.00	integer	N/A
d+_22_11	0.00	integer	N/A	d+_27_5	0.00	integer	N/A
d+_23_1	0.00	integer	N/A	d+_27_6	0.00	integer	N/A
d+_23_2	0.00	integer	N/A	d+_27_7	0.00	integer	N/A
d+_23_3	0.00	integer	N/A	d+_27_8	0.00	integer	N/A
d+_23_4	0.00	integer	N/A	d+_27_9	0.00	integer	N/A
d+_23_5	0.00	integer	N/A	d+_27_10	0.00	integer	N/A
d+_23_6	0.00	integer	N/A	d+_27_11	0.00	integer	N/A
d+_23_7	0.00	integer	N/A	d+_28_1	0.00	integer	N/A
d+_23_8	0.00	integer	N/A	d+_28_2	0.00	integer	N/A
d+_23_9	0.00	integer	N/A	d+_28_3	0.00	integer	N/A
d+_23_10	0.00	integer	N/A	d+_28_4	0.00	integer	N/A
d+_23_11	0.00	integer	N/A	d+_28_5	0.00	integer	N/A
d+_24_1	0.00	integer	N/A	d+_28_6	0.00	integer	N/A
d+_24_2	0.00	integer	N/A	d+_28_7	0.00	integer	N/A
d+_24_3	0.00	integer	N/A	d+_28_8	0.00	integer	N/A
d+_24_4	0.00	integer	N/A	d+_28_9	0.00	integer	N/A
d+_24_5	0.00	integer	N/A	d+_28_10	0.00	integer	N/A
d+_24_6	0.00	integer	N/A	d+_28_11	0.00	integer	N/A
d+_24_7	0.00	integer	N/A	d+_29_1	0.00	integer	N/A
d+_24_8	0.00	integer	N/A	d+_29_2	0.00	integer	N/A
d+_24_9	0.00	integer	N/A	d+_29_3	0.00	integer	N/A
d+_24_10	0.00	integer	N/A	d+_29_4	0.00	integer	N/A
d+_24_11	0.00	integer	N/A	d+_29_5	0.00	integer	N/A
d+_25_1	0.00	integer	N/A	d+_29_6	0.00	integer	N/A
d+_25_2	0.00	integer	N/A	d+_29_7	0.00	integer	N/A
d+_25_3	0.00	integer	N/A	d+_29_8	0.00	integer	N/A
d+_25_4	0.00	integer	N/A	d+_29_9	0.00	integer	N/A
d+_25_5	0.00	integer	N/A	d+_29_10	0.00	integer	N/A
d+_25_6	0.00	integer	N/A	d+_29_11	0.00	integer	N/A
d+_25_7	0.00	integer	N/A	d+_30_1	0.00	continuous	N/A
d+_25_8	0.00	integer	N/A	d+_30_2	0.00	continuous	N/A
d+_25_9	0.00	integer	N/A	d+_30_3	0.00	continuous	N/A
d+_25_10	0.00	integer	N/A	d+_30_4	0.00	continuous	N/A

d+_30_5	0.00	continuous	N/A	d-_11_10	73.00	integer	N/A
d+_30_6	0.00	continuous	N/A	d-_11_11	85.00	integer	N/A
d+_30_7	0.00	continuous	N/A	d-_12_1	0.00	integer	N/A
d+_30_8	0.00	continuous	N/A	d-_12_2	0.00	integer	N/A
d+_30_9	0.00	continuous	N/A	d-_12_3	0.00	integer	N/A
d+_30_10	0.00	continuous	N/A	d-_12_4	0.00	integer	N/A
d+_30_11	0.00	continuous	N/A	d-_12_5	0.00	integer	N/A
d+_31_1	0.00	continuous	N/A	d-_12_6	0.00	integer	N/A
d+_31_2	0.00	continuous	N/A	d-_12_7	0.00	integer	N/A
d+_31_3	0.00	continuous	N/A	d-_12_8	0.00	integer	N/A
d+_31_4	0.00	continuous	N/A	d-_12_9	0.00	integer	N/A
d+_31_5	0.00	continuous	N/A	d-_12_10	0.00	integer	N/A
d+_31_6	0.00	continuous	N/A	d-_12_11	0.00	integer	N/A
d+_31_7	0.00	continuous	N/A	d-_13_1	0.00	integer	N/A
d+_31_8	0.00	continuous	N/A	d-_13_2	0.00	integer	N/A
d+_31_9	0.00	continuous	N/A	d-_13_3	0.00	integer	N/A
d+_31_10	0.00	continuous	N/A	d-_13_4	0.00	integer	N/A
d+_31_11	0.00	continuous	N/A	d-_13_5	0.00	integer	N/A
d+_32_1	0.00	integer	N/A	d-_13_6	0.00	integer	N/A
d+_32_2	0.00	integer	N/A	d-_13_7	0.00	integer	N/A
d+_32_3	0.00	integer	N/A	d-_13_8	0.00	integer	N/A
d+_32_4	0.00	integer	N/A	d-_13_9	0.00	integer	N/A
d+_32_5	0.00	integer	N/A	d-_13_10	0.00	integer	N/A
d+_32_6	0.00	integer	N/A	d-_13_11	0.00	integer	N/A
d+_32_7	0.00	integer	N/A	d-_14_1	0.00	integer	N/A
d+_32_8	0.00	integer	N/A	d-_14_2	0.00	integer	N/A
d+_32_9	0.00	integer	N/A	d-_14_3	0.00	integer	N/A
d+_32_10	0.00	integer	N/A	d-_14_4	0.00	integer	N/A
d+_32_11	0.00	integer	N/A	d-_14_5	0.00	integer	N/A
d-_10_1	0.00	integer	N/A	d-_14_6	0.00	integer	N/A
d-_10_2	0.00	integer	N/A	d-_14_7	0.00	integer	N/A
d-_10_3	0.00	integer	N/A	d-_14_8	0.00	integer	N/A
d-_10_4	0.00	integer	N/A	d-_14_9	0.00	integer	N/A
d-_10_5	0.00	integer	N/A	d-_14_10	0.00	integer	N/A
d-_10_6	0.00	integer	N/A	d-_14_11	0.00	integer	N/A
d-_10_7	0.00	integer	N/A	d-_15_1	0.00	integer	N/A
d-_10_8	0.00	integer	N/A	d-_15_2	0.00	integer	N/A
d-_10_9	0.00	integer	N/A	d-_15_3	0.00	integer	N/A
d-_10_10	0.00	integer	N/A	d-_15_4	0.00	integer	N/A
d-_10_11	0.00	integer	N/A	d-_15_5	0.00	integer	N/A
d-_11_1	146.00	integer	N/A	d-_15_6	0.00	integer	N/A
d-_11_2	146.00	integer	N/A	d-_15_7	0.00	integer	N/A
d-_11_3	511.00	integer	N/A	d-_15_8	0.00	integer	N/A
d-_11_4	803.00	integer	N/A	d-_15_9	0.00	integer	N/A
d-_11_5	146.00	integer	N/A	d-_15_10	0.00	integer	N/A
d-_11_6	219.00	integer	N/A	d-_15_11	0.00	integer	N/A
d-_11_7	73.00	integer	N/A	d-_16_1	0.00	integer	N/A
d-_11_8	73.00	integer	N/A	d-_16_2	0.00	integer	N/A
d-_11_9	1,168.00	integer	N/A	d-_16_3	0.00	integer	N/A

d_16_4	0.00	integer	N/A	d_20_9	4.00	integer	N/A
d_16_5	0.00	integer	N/A	d_20_10	1.00	integer	N/A
d_16_6	0.00	integer	N/A	d_20_11	1.00	integer	N/A
d_16_7	0.00	integer	N/A	d_21_1	2.00	integer	N/A
d_16_8	0.00	integer	N/A	d_21_2	2.00	integer	N/A
d_16_9	0.00	integer	N/A	d_21_3	3.00	integer	N/A
d_16_10	0.00	integer	N/A	d_21_4	1.00	integer	N/A
d_16_11	0.00	integer	N/A	d_21_5	2.00	integer	N/A
d_17_1	0.00	integer	N/A	d_21_6	1.00	integer	N/A
d_17_2	0.00	integer	N/A	d_21_7	0.00	integer	N/A
d_17_3	0.00	integer	N/A	d_21_8	0.00	integer	N/A
d_17_4	0.00	integer	N/A	d_21_9	0.00	integer	N/A
d_17_5	0.00	integer	N/A	d_21_10	0.00	integer	N/A
d_17_6	0.00	integer	N/A	d_21_11	0.00	integer	N/A
d_17_7	0.00	integer	N/A	d_22_1	1.00	integer	N/A
d_17_8	0.00	integer	N/A	d_22_2	1.00	integer	N/A
d_17_9	0.00	integer	N/A	d_22_3	1.00	integer	N/A
d_17_10	0.00	integer	N/A	d_22_4	1.00	integer	N/A
d_17_11	0.00	integer	N/A	d_22_5	1.00	integer	N/A
d_18_1	0.00	integer	N/A	d_22_6	4.00	integer	N/A
d_18_2	0.00	integer	N/A	d_22_7	1.00	integer	N/A
d_18_3	0.00	integer	N/A	d_22_8	1.00	integer	N/A
d_18_4	0.00	integer	N/A	d_22_9	1.00	integer	N/A
d_18_5	0.00	integer	N/A	d_22_10	1.00	integer	N/A
d_18_6	0.00	integer	N/A	d_22_11	1.00	integer	N/A
d_18_7	0.00	integer	N/A	d_23_1	13.00	integer	N/A
d_18_8	0.00	integer	N/A	d_23_2	10.00	integer	N/A
d_18_9	0.00	integer	N/A	d_23_3	15.00	integer	N/A
d_18_10	0.00	integer	N/A	d_23_4	34.00	integer	N/A
d_18_11	0.00	integer	N/A	d_23_5	10.00	integer	N/A
d_19_1	0.00	integer	N/A	d_23_6	5.00	integer	N/A
d_19_2	0.00	integer	N/A	d_23_7	6.00	integer	N/A
d_19_3	0.00	integer	N/A	d_23_8	9.00	integer	N/A
d_19_4	0.00	integer	N/A	d_23_9	18.00	integer	N/A
d_19_5	0.00	integer	N/A	d_23_10	0.00	integer	N/A
d_19_6	0.00	integer	N/A	d_23_11	8.00	integer	N/A
d_19_7	0.00	integer	N/A	d_24_1	0.00	integer	N/A
d_19_8	0.00	integer	N/A	d_24_2	0.00	integer	N/A
d_19_9	0.00	integer	N/A	d_24_3	0.00	integer	N/A
d_19_10	0.00	integer	N/A	d_24_4	0.00	integer	N/A
d_19_11	0.00	integer	N/A	d_24_5	0.00	integer	N/A
d_20_1	1.00	integer	N/A	d_24_6	0.00	integer	N/A
d_20_2	1.00	integer	N/A	d_24_7	0.00	integer	N/A
d_20_3	1.00	integer	N/A	d_24_8	0.00	integer	N/A
d_20_4	1.00	integer	N/A	d_24_9	0.00	integer	N/A
d_20_5	1.00	integer	N/A	d_24_10	0.00	integer	N/A
d_20_6	1.00	integer	N/A	d_24_11	0.00	integer	N/A
d_20_7	1.00	integer	N/A	d_25_1	0.00	integer	N/A
d_20_8	1.00	integer	N/A	d_25_2	0.00	integer	N/A

d_25_3	1.00	integer	N/A
d_25_4	0.00	integer	N/A
d_25_5	0.00	integer	N/A
d_25_6	0.00	integer	N/A
d_25_7	0.00	integer	N/A
d_25_8	0.00	integer	N/A
d_25_9	0.00	integer	N/A
d_25_10	5.00	integer	N/A
d_25_11	0.00	integer	N/A
d_26_1	0.00	integer	N/A
d_26_2	0.00	integer	N/A
d_26_3	0.00	integer	N/A
d_26_4	0.00	integer	N/A
d_26_5	0.00	integer	N/A
d_26_6	0.00	integer	N/A
d_26_7	0.00	integer	N/A
d_26_8	0.00	integer	N/A
d_26_9	0.00	integer	N/A
d_26_10	0.00	integer	N/A
d_26_11	0.00	integer	N/A
d_27_1	58.00	integer	N/A
d_27_2	68.00	integer	N/A
d_27_3	63.00	integer	N/A
d_27_4	138.00	integer	N/A
d_27_5	36.00	integer	N/A
d_27_6	56.00	integer	N/A
d_27_7	23.00	integer	N/A
d_27_8	134.00	integer	N/A
d_27_9	107.00	integer	N/A
d_27_10	46.00	integer	N/A
d_27_11	66.00	integer	N/A
d_28_1	740.00	integer	N/A
d_28_2	862.00	integer	N/A
d_28_3	797.00	integer	N/A
d_28_4	1,761.00	integer	N/A
d_28_5	456.00	integer	N/A
d_28_6	711.00	integer	N/A
d_28_7	289.00	integer	N/A
d_28_8	568.00	integer	N/A
d_28_9	1,355.00	integer	N/A
d_28_10	587.00	integer	N/A
d_28_11	831.00	integer	N/A
d_29_1	6,340.00	integer	N/A
d_29_2	7,384.00	integer	N/A
d_29_3	6,831.00	integer	N/A
d_29_4	15,075.00	integer	N/A
d_29_5	3,907.00	integer	N/A
d_29_6	6,094.00	integer	N/A
d_29_7	2,479.00	integer	N/A
d_29_8	4,866.00	integer	N/A
d_29_9	11,613.00	integer	N/A
d_29_10	5,012.00	integer	N/A
d_29_11	7,115.00	integer	N/A
d_30_1	51.21	continuous	N/A
d_30_2	178.55	continuous	N/A
d_30_3	55.18	continuous	N/A
d_30_4	121.77	continuous	N/A
d_30_5	31.56	continuous	N/A
d_30_6	49.23	continuous	N/A
d_30_7	20.03	continuous	N/A
d_30_8	39.31	continuous	N/A
d_30_9	93.81	continuous	N/A
d_30_10	40.49	continuous	N/A
d_30_11	57.47	continuous	N/A
d_31_1	536.90	continuous	N/A
d_31_2	625.30	continuous	N/A
d_31_3	578.50	continuous	N/A
d_31_4	1,276.60	continuous	N/A
d_31_5	330.85	continuous	N/A
d_31_6	516.10	continuous	N/A
d_31_7	209.95	continuous	N/A
d_31_8	412.10	continuous	N/A
d_31_9	983.45	continuous	N/A
d_31_10	424.45	continuous	N/A
d_31_11	602.55	continuous	N/A
d_32_1	0.00	integer	N/A
d_32_2	0.00	integer	N/A
d_32_3	0.00	integer	N/A
d_32_4	0.00	integer	N/A
d_32_5	0.00	integer	N/A
d_32_6	0.00	integer	N/A
d_32_7	0.00	integer	N/A
d_32_8	0.00	integer	N/A
d_32_9	0.00	integer	N/A
d_32_10	0.00	integer	N/A
d_32_11	0.00	integer	N/A

2. Sensitivity Analysis (Binding Constraints) 📌

Constraint Performance

> Note: Dual Price is not directly available for Integer Programs (ILP) and reflects the LP Relaxation.

Constraint	RHS	LHS Value	Sense	Slack/Surplus	Binding Status	Dual Price
c1	12,624.00	12,624.00	=	0.00	Binding	0
c2	11,346.00	11,346.00	=	0.00	Binding	0
c3	7,185.00	7,185.00	=	0.00	Binding	0
c4	6,570.00	6,570.00	=	0.00	Binding	0
c5	8,874.00	8,874.00	=	0.00	Binding	0
c6	3,018.00	3,018.00	=	0.00	Binding	0
c7	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c8	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c9	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c10	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c11	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c12	1,460.00	1,460.00	=	0.00	Binding	0
c13	1,460.00	1,460.00	=	0.00	Binding	0
c14	5,110.00	5,110.00	=	0.00	Binding	0
c15	8,030.00	8,030.00	=	0.00	Binding	0
c16	1,460.00	1,460.00	=	0.00	Binding	0
c17	2,190.00	2,190.00	=	0.00	Binding	0
c18	730.00	730.00	=	0.00	Binding	0
c19	730.00	730.00	=	0.00	Binding	0
c20	11,680.00	11,680.00	=	0.00	Binding	0
c21	730.00	730.00	=	0.00	Binding	0
c22	365.00	365.00	=	0.00	Binding	0
c23	4,208.00	4,208.00	=	0.00	Binding	0
c24	3,782.00	3,782.00	=	0.00	Binding	0
c25	2,395.00	2,395.00	=	0.00	Binding	0
c26	124,146.00	124,146.00	=	0.00	Binding	0
c27	2,958.00	2,958.00	=	0.00	Binding	0
c28	3,018.00	3,018.00	=	0.00	Binding	0
c29	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c30	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c31	122,135.00	122,135.00	=	0.00	Binding	0
c32	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c33	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c34	4,208.00	4,208.00	=	0.00	Binding	0
c35	3,782.00	3,782.00	=	0.00	Binding	0
c36	2,395.00	2,395.00	=	0.00	Binding	0
c37	124,146.00	124,146.00	=	0.00	Binding	0
c38	2,958.00	2,958.00	=	0.00	Binding	0
c39	3,018.00	3,018.00	=	0.00	Binding	0
c40	186,854.00	186,854.00	=	0.00	Binding	0
c41	4,509,603.00	4,509,603.00	=	0.00	Binding	0
c42	122,135.00	122,135.00	=	0.00	Binding	0
c43	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c44	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c45	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c46	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c47	600.00	600.00	=	0.00	Binding	0
c48	136.00	136.00	=	0.00	Binding	0
c49	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c50	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c51	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c52	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c53	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c54	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c55	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c56	4,208.00	4,208.00	=	0.00	Binding	0
c57	3,782.00	3,782.00	=	0.00	Binding	0
c58	2,395.00	2,395.00	=	0.00	Binding	0
c59	124,146.00	124,146.00	=	0.00	Binding	0
c60	2,958.00	2,958.00	=	0.00	Binding	0
c61	3,018.00	3,018.00	=	0.00	Binding	0
c62	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c63	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c64	122,135.00	122,135.00	=	0.00	Binding	0
c65	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c66	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c67	4,208.00	4,208.00	=	0.00	Binding	0
c68	3,782.00	3,782.00	=	0.00	Binding	0
c69	2,395.00	2,395.00	=	0.00	Binding	0
c70	124,146.00	124,146.00	=	0.00	Binding	0
c71	2,958.00	2,958.00	=	0.00	Binding	0
c72	3,018.00	3,018.00	=	0.00	Binding	0
c73	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c74	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c75	122,135.00	122,135.00	=	0.00	Binding	0
c76	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c77	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c78	4,208.00	4,208.00	=	0.00	Binding	0
c79	3,782.00	3,782.00	=	0.00	Binding	0
c80	2,395.00	2,395.00	=	0.00	Binding	0
c81	124,146.00	124,146.00	=	0.00	Binding	0
c82	2,958.00	2,958.00	=	0.00	Binding	0
c83	3,018.00	3,018.00	=	0.00	Binding	0
c84	186,854.00	186,854.00	=	0.00	Binding	0
c85	4,509,603.00	4,509,603.00	=	0.00	Binding	0
c86	122,135.00	122,135.00	=	0.00	Binding	0
c87	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c88	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c89	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0

c90	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c91	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c92	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c93	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c94	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c95	186,854.00	186,854.00	=	0.00	Binding	0
c96	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c97	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c98	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c99	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c100	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c101	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c102	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c103	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c104	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c105	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c106	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c107	4,509,603.00	4,509,603.00	=	0.00	Binding	0
c108	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c109	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c110	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c111	12.00	12.00	=	0.00	Binding	0
c112	12.00	12.00	=	0.00	Binding	0
c113	12.00	12.00	=	0.00	Binding	0
c114	12.00	12.00	=	0.00	Binding	0
c115	12.00	12.00	=	0.00	Binding	0
c116	12.00	12.00	=	0.00	Binding	0
c117	12.00	12.00	=	0.00	Binding	0
c118	12.00	12.00	=	0.00	Binding	0
c119	12.00	12.00	=	0.00	Binding	0
c120	12.00	12.00	=	0.00	Binding	0
c121	12.00	12.00	=	0.00	Binding	0
c122	24.00	24.00	=	0.00	Binding	0
c123	20.00	20.00	=	0.00	Binding	0
c124	26.00	26.00	=	0.00	Binding	0
c125	8.00	8.00	=	0.00	Binding	0
c126	24.00	24.00	=	0.00	Binding	0
c127	8.00	8.00	=	0.00	Binding	0
c128	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c129	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c130	4.00	4.00	=	0.00	Binding	0
c131	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c132	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c133	12.00	12.00	=	0.00	Binding	0
c134	12.00	12.00	=	0.00	Binding	0
c135	12.00	12.00	=	0.00	Binding	0
c136	12.00	12.00	=	0.00	Binding	0
c137	12.00	12.00	=	0.00	Binding	0
c138	12.00	12.00	=	0.00	Binding	0
c139	12.00	12.00	=	0.00	Binding	0
c140	12.00	12.00	=	0.00	Binding	0
c141	12.00	12.00	=	0.00	Binding	0
c142	12.00	12.00	=	0.00	Binding	0
c143	12.00	12.00	=	0.00	Binding	0
c144	42.00	42.00	=	0.00	Binding	0
c145	31.00	31.00	=	0.00	Binding	0
c146	50.00	50.00	=	0.00	Binding	0
c147	111.00	111.00	=	0.00	Binding	0
c148	31.00	31.00	=	0.00	Binding	0
c149	16.00	16.00	=	0.00	Binding	0
c150	18.00	18.00	=	0.00	Binding	0
c151	30.00	30.00	=	0.00	Binding	0
c152	57.00	57.00	=	0.00	Binding	0
c153	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c154	79.00	79.00	=	0.00	Binding	0
c155	2.00	2.00	=	0.00	Binding	0
c156	3.00	3.00	=	0.00	Binding	0
c157	2.00	2.00	=	0.00	Binding	0
c158	2.00	2.00	=	0.00	Binding	0
c159	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c160	5.00	5.00	=	0.00	Binding	0
c161	1.00	1.00	=	0.00	Binding	0
c162	2.00	2.00	=	0.00	Binding	0
c163	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c164	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c165	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c166	2.00	2.00	=	0.00	Binding	0
c167	2.00	2.00	=	0.00	Binding	0
c168	6.00	6.00	=	0.00	Binding	0
c169	4.00	4.00	=	0.00	Binding	0
c170	2.00	2.00	=	0.00	Binding	0
c171	4.00	4.00	=	0.00	Binding	0
c172	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c173	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c174	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c175	54.00	54.00	=	0.00	Binding	0
c176	4.00	4.00	=	0.00	Binding	0
c177	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c178	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c179	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c180	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c181	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c182	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c183	1.00	1.00	=	0.00	Binding	0
c184	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c185	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c186	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c187	25.00	25.00	=	0.00	Binding	0
c188	580.00	580.00	=	0.00	Binding	0

c189	675.00	675.00	=	0.00	Binding	0
c190	625.00	625.00	=	0.00	Binding	0
c191	1,379.00	1,379.00	=	0.00	Binding	0
c192	357.00	357.00	=	0.00	Binding	0
c193	557.00	557.00	=	0.00	Binding	0
c194	227.00	227.00	=	0.00	Binding	0
c195	445.00	445.00	=	0.00	Binding	0
c196	1,062.00	1,062.00	=	0.00	Binding	0
c197	458.00	458.00	=	0.00	Binding	0
c198	651.00	651.00	=	0.00	Binding	0
c199	7,405.00	7,405.00	=	0.00	Binding	0
c200	8,624.00	8,624.00	=	0.00	Binding	0
c201	7,979.00	7,979.00	=	0.00	Binding	0
c202	17,607.00	17,607.00	=	0.00	Binding	0
c203	4,563.00	4,563.00	=	0.00	Binding	0
c204	7,118.00	7,118.00	=	0.00	Binding	0
c205	2,896.00	2,896.00	=	0.00	Binding	0
c206	5,684.00	5,684.00	=	0.00	Binding	0
c207	13,564.00	13,564.00	=	0.00	Binding	0
c208	5,854.00	5,854.00	=	0.00	Binding	0
c209	8,310.00	8,310.00	=	0.00	Binding	0
c210	63,400.00	63,400.00	=	0.00	Binding	0
c211	73,839.00	73,839.00	=	0.00	Binding	0
c212	68,312.00	68,312.00	=	0.00	Binding	0
c213	150,747.00	150,747.00	=	0.00	Binding	0
c214	39,068.00	39,068.00	=	0.00	Binding	0
c215	60,944.00	60,944.00	=	0.00	Binding	0
c216	24,792.00	24,792.00	=	0.00	Binding	0
c217	48,663.00	48,663.00	=	0.00	Binding	0
c218	116,131.00	116,131.00	=	0.00	Binding	0
c219	50,121.00	50,121.00	=	0.00	Binding	0
c220	71,152.00	71,152.00	=	0.00	Binding	0
c221	512.12	512.12	=	0.00	Binding	58.02
c222	595.44	595.44	=	0.00	Binding	58.02
c223	551.80	551.80	=	0.00	Binding	58.02
c224	1,217.68	1,217.68	=	0.00	Binding	58.02
c225	315.58	315.58	=	0.00	Binding	58.02
c226	492.28	492.28	=	-0.00	Binding	58.02
c227	200.26	200.26	=	-0.00	Binding	58.02
c228	393.08	393.08	=	0.00	Binding	58.02
c229	938.06	938.06	=	-0.00	Binding	58.02
c230	404.86	404.86	=	0.00	Binding	58.02
c231	574.74	574.74	=	0.00	Binding	58.02
c232	5,369.00	5,369.00	=	0.00	Binding	71.4
c233	6,253.00	6,253.00	=	0.00	Binding	71.4
c234	5,785.00	5,785.00	=	0.00	Binding	71.4
c235	12,766.00	12,766.00	=	0.00	Binding	71.4
c236	3,308.50	3,308.50	=	0.00	Binding	71.4
c237	5,161.00	5,161.00	=	0.00	Binding	71.4
c238	2,099.50	2,099.50	=	0.00	Binding	71.4
c239	4,121.00	4,121.00	=	0.00	Binding	71.4
c240	9,834.50	9,834.50	=	0.00	Binding	71.4
c241	4,244.50	4,244.50	=	0.00	Binding	71.4
c242	6,025.50	6,025.50	=	0.00	Binding	71.4
c243	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c244	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c245	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c246	1.00	1.00	=	0.00	Binding	0
c247	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c248	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c249	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c250	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c251	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c252	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c253	2.00	2.00	=	0.00	Binding	0
c254	26,280.00	13,886.00	<=	12,394.00	Non-Binding	0
c255	17,250.00	12,481.00	<=	4,769.00	Non-Binding	0
c256	13,140.00	7,904.00	<=	5,236.00	Non-Binding	0
c257	8,760.00	7,227.00	<=	1,533.00	Non-Binding	0
c258	26,280.00	9,761.00	<=	16,519.00	Non-Binding	0
c259	4,608.00	3,320.00	<=	1,288.00	Non-Binding	0
c260	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c261	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c262	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c263	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c264	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c265	1,898.00	1,314.00	<=	584.00	Non-Binding	0
c266	1,898.00	1,314.00	<=	584.00	Non-Binding	0
c267	6,643.00	4,599.00	<=	2,044.00	Non-Binding	0
c268	10,439.00	7,227.00	<=	3,212.00	Non-Binding	0
c269	1,898.00	1,314.00	<=	584.00	Non-Binding	0
c270	2,847.00	1,971.00	<=	876.00	Non-Binding	0
c271	949.00	657.00	<=	292.00	Non-Binding	0
c272	949.00	657.00	<=	292.00	Non-Binding	0
c273	15,184.00	10,512.00	<=	4,672.00	Non-Binding	0
c274	949.00	657.00	<=	292.00	Non-Binding	0
c275	475.00	280.00	<=	195.00	Non-Binding	0
c276	8,760.00	4,629.00	<=	4,131.00	Non-Binding	0
c277	5,840.00	4,161.00	<=	1,679.00	Non-Binding	0
c278	4,380.00	2,635.00	<=	1,745.00	Non-Binding	0
c279	150,000.00	136,561.00	<=	13,439.00	Non-Binding	0
c280	8,760.00	3,254.00	<=	5,506.00	Non-Binding	0
c281	4,608.00	3,320.00	<=	1,288.00	Non-Binding	0
c282	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c283	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c284	150,000.00	134,349.00	<=	15,651.00	Non-Binding	0
c285	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c286	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c287	8,760.00	4,629.00	<=	4,131.00	Non-Binding	0

c288	5,840.00	4,161.00	<=	1,679.00	Non-Binding	0
c289	4,380.00	2,635.00	<=	1,745.00	Non-Binding	0
c290	150,000.00	136,560.00	<=	13,440.00	Non-Binding	0
c291	8,760.00	3,254.00	<=	5,506.00	Non-Binding	0
c292	4,608.00	3,320.00	<=	1,288.00	Non-Binding	0
c293	230,000.00	205,540.00	<=	24,460.00	Non-Binding	0
c294	6,000,000.00	4,960,563.00	<=	1,039,437.00	Non-Binding	0
c295	150,000.00	134,349.00	<=	15,651.00	Non-Binding	0
c296	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c297	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c298	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c299	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c300	1,200.00	660.00	<=	540.00	Non-Binding	0
c301	270.00	150.00	<=	120.00	Non-Binding	0
c302	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c303	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c304	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c305	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c306	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c307	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c308	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c309	8,760.00	4,629.00	<=	4,131.00	Non-Binding	0
c310	5,840.00	4,161.00	<=	1,679.00	Non-Binding	0
c311	4,380.00	2,635.00	<=	1,745.00	Non-Binding	0
c312	150,000.00	136,561.00	<=	13,439.00	Non-Binding	0
c313	8,760.00	3,254.00	<=	5,506.00	Non-Binding	0
c314	4,608.00	3,320.00	<=	1,288.00	Non-Binding	0
c315	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c316	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c317	150,000.00	134,349.00	<=	15,651.00	Non-Binding	0
c318	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c319	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c320	8,760.00	4,629.00	<=	4,131.00	Non-Binding	0
c321	5,840.00	4,161.00	<=	1,679.00	Non-Binding	0
c322	4,380.00	2,635.00	<=	1,745.00	Non-Binding	0
c323	150,000.00	136,561.00	<=	13,439.00	Non-Binding	0
c324	8,760.00	3,254.00	<=	5,506.00	Non-Binding	0
c325	4,608.00	3,320.00	<=	1,288.00	Non-Binding	0
c326	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c327	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c328	150,000.00	134,349.00	<=	15,651.00	Non-Binding	0
c329	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c330	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c331	8,760.00	4,629.00	<=	4,131.00	Non-Binding	0
c332	5,840.00	4,161.00	<=	1,679.00	Non-Binding	0
c333	4,380.00	2,635.00	<=	1,745.00	Non-Binding	0
c334	150,000.00	136,561.00	<=	13,439.00	Non-Binding	0
c335	8,760.00	3,254.00	<=	5,506.00	Non-Binding	0
c336	4,608.00	3,320.00	<=	1,288.00	Non-Binding	0
c337	230,000.00	205,540.00	<=	24,460.00	Non-Binding	0
c338	6,000,000.00	4,960,563.00	<=	1,039,437.00	Non-Binding	0
c339	150,000.00	134,349.00	<=	15,651.00	Non-Binding	0
c340	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c341	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c342	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c343	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c344	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c345	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c346	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c347	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c348	230,000.00	205,540.00	<=	24,460.00	Non-Binding	0
c349	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c350	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c351	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c352	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c353	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c354	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c355	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c356	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c357	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c358	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c359	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c360	6,000,000.00	4,960,563.00	<=	1,039,437.00	Non-Binding	0
c361	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c362	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c363	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c364	16.00	11.00	<=	5.00	Non-Binding	0
c365	16.00	11.00	<=	5.00	Non-Binding	0
c366	16.00	11.00	<=	5.00	Non-Binding	0
c367	16.00	11.00	<=	5.00	Non-Binding	0
c368	16.00	11.00	<=	5.00	Non-Binding	0
c369	16.00	11.00	<=	5.00	Non-Binding	0
c370	16.00	11.00	<=	5.00	Non-Binding	0
c371	16.00	11.00	<=	5.00	Non-Binding	0
c372	16.00	8.00	<=	8.00	Non-Binding	0
c373	16.00	11.00	<=	5.00	Non-Binding	0
c374	16.00	11.00	<=	5.00	Non-Binding	0
c375	31.00	22.00	<=	9.00	Non-Binding	0
c376	26.00	18.00	<=	8.00	Non-Binding	0
c377	34.00	23.00	<=	11.00	Non-Binding	0
c378	11.00	7.00	<=	4.00	Non-Binding	0
c379	32.00	22.00	<=	10.00	Non-Binding	0
c380	11.00	7.00	<=	4.00	Non-Binding	0
c381	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c382	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c383	6.00	4.00	<=	2.00	Non-Binding	0
c384	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c385	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c386	16.00	11.00	<=	5.00	Non-Binding	0

c387	16.00	11.00	<=	5.00	Non-Binding	0
c388	16.00	11.00	<=	5.00	Non-Binding	0
c389	16.00	11.00	<=	5.00	Non-Binding	0
c390	16.00	11.00	<=	5.00	Non-Binding	0
c391	16.00	8.00	<=	8.00	Non-Binding	0
c392	16.00	11.00	<=	5.00	Non-Binding	0
c393	16.00	11.00	<=	5.00	Non-Binding	0
c394	16.00	11.00	<=	5.00	Non-Binding	0
c395	16.00	11.00	<=	5.00	Non-Binding	0
c396	16.00	11.00	<=	5.00	Non-Binding	0
c397	55.00	29.00	<=	26.00	Non-Binding	0
c398	41.00	21.00	<=	20.00	Non-Binding	0
c399	65.00	35.00	<=	30.00	Non-Binding	0
c400	145.00	77.00	<=	68.00	Non-Binding	0
c401	41.00	21.00	<=	20.00	Non-Binding	0
c402	21.00	11.00	<=	10.00	Non-Binding	0
c403	24.00	12.00	<=	12.00	Non-Binding	0
c404	39.00	21.00	<=	18.00	Non-Binding	0
c405	75.00	39.00	<=	36.00	Non-Binding	0
c406	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c407	103.00	71.00	<=	32.00	Non-Binding	0
c408	3.00	2.00	<=	1.00	Non-Binding	0
c409	4.00	3.00	<=	1.00	Non-Binding	0
c410	3.00	2.00	<=	1.00	Non-Binding	0
c411	3.00	2.00	<=	1.00	Non-Binding	0
c412	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c413	7.00	5.00	<=	2.00	Non-Binding	0
c414	1.00	1.00	<=	0.00	Binding	0
c415	3.00	2.00	<=	1.00	Non-Binding	0
c416	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c417	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c418	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c419	3.00	2.00	<=	1.00	Non-Binding	0
c420	3.00	2.00	<=	1.00	Non-Binding	0
c421	8.00	5.00	<=	3.00	Non-Binding	0
c422	6.00	4.00	<=	2.00	Non-Binding	0
c423	3.00	2.00	<=	1.00	Non-Binding	0
c424	6.00	4.00	<=	2.00	Non-Binding	0
c425	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c426	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c427	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c428	71.00	49.00	<=	22.00	Non-Binding	0
c429	7.00	4.00	<=	3.00	Non-Binding	0
c430	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c431	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c432	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c433	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c434	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c435	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c436	2.00	2.00	<=	0.00	Binding	0
c437	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c438	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c439	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c440	33.00	27.00	<=	6.00	Non-Binding	0
c441	754.00	522.00	<=	232.00	Non-Binding	0
c442	878.00	607.00	<=	271.00	Non-Binding	0
c443	813.00	562.00	<=	251.00	Non-Binding	0
c444	1,793.00	1,241.00	<=	552.00	Non-Binding	0
c445	465.00	321.00	<=	144.00	Non-Binding	0
c446	725.00	501.00	<=	224.00	Non-Binding	0
c447	296.00	204.00	<=	92.00	Non-Binding	0
c448	579.00	311.00	<=	268.00	Non-Binding	0
c449	1,381.00	955.00	<=	426.00	Non-Binding	0
c450	596.00	412.00	<=	184.00	Non-Binding	0
c451	847.00	585.00	<=	262.00	Non-Binding	0
c452	9,627.00	6,665.00	<=	2,962.00	Non-Binding	0
c453	11,212.00	7,762.00	<=	3,450.00	Non-Binding	0
c454	10,373.00	7,182.00	<=	3,191.00	Non-Binding	0
c455	22,890.00	15,846.00	<=	7,044.00	Non-Binding	0
c456	5,932.00	4,107.00	<=	1,825.00	Non-Binding	0
c457	9,245.00	6,407.00	<=	2,838.00	Non-Binding	0
c458	3,765.00	2,607.00	<=	1,158.00	Non-Binding	0
c459	7,390.00	5,116.00	<=	2,274.00	Non-Binding	0
c460	17,634.00	12,209.00	<=	5,425.00	Non-Binding	0
c461	7,611.00	5,267.00	<=	2,344.00	Non-Binding	0
c462	10,803.00	7,479.00	<=	3,324.00	Non-Binding	0
c463	82,420.00	57,060.00	<=	25,360.00	Non-Binding	0
c464	95,991.00	66,455.00	<=	29,536.00	Non-Binding	0
c465	88,806.00	61,481.00	<=	27,325.00	Non-Binding	0
c466	195,972.00	135,672.00	<=	60,300.00	Non-Binding	0
c467	50,789.00	35,161.00	<=	15,628.00	Non-Binding	0
c468	79,228.00	54,850.00	<=	24,378.00	Non-Binding	0
c469	32,230.00	22,313.00	<=	9,917.00	Non-Binding	0
c470	63,262.00	43,797.00	<=	19,465.00	Non-Binding	0
c471	150,970.00	104,518.00	<=	46,452.00	Non-Binding	0
c472	65,158.00	45,109.00	<=	20,049.00	Non-Binding	0
c473	92,498.00	64,037.00	<=	28,461.00	Non-Binding	0
c474	665.76	460.91	<=	204.85	Non-Binding	0
c475	774.07	416.89	<=	357.19	Non-Binding	0
c476	717.34	496.62	<=	220.72	Non-Binding	0
c477	1,582.98	1,095.91	<=	487.07	Non-Binding	0
c478	410.25	284.02	<=	126.23	Non-Binding	0
c479	639.96	443.05	<=	196.91	Non-Binding	0
c480	260.34	180.23	<=	80.10	Non-Binding	0
c481	511.00	353.77	<=	157.23	Non-Binding	0
c482	1,219.48	844.25	<=	375.22	Non-Binding	0
c483	526.32	364.37	<=	161.94	Non-Binding	0
c484	747.16	517.27	<=	229.90	Non-Binding	0
c485	6,979.70	4,832.10	<=	2,147.60	Non-Binding	0

c486	8,128.90	5,627.70	<=	2,501.20	Non-Binding	0
c487	7,520.50	5,206.50	<=	2,314.00	Non-Binding	0
c488	16,595.80	11,489.40	<=	5,106.40	Non-Binding	0
c489	4,301.05	2,977.65	<=	1,323.40	Non-Binding	0
c490	6,709.30	4,644.90	<=	2,064.40	Non-Binding	0
c491	2,729.35	1,889.55	<=	839.80	Non-Binding	0
c492	5,357.30	3,708.90	<=	1,648.40	Non-Binding	0
c493	12,784.85	8,851.05	<=	3,933.80	Non-Binding	0
c494	5,517.85	3,820.05	<=	1,697.80	Non-Binding	0
c495	7,833.15	5,422.95	<=	2,410.20	Non-Binding	0
c496	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c497	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c498	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c499	2.00	1.00	<=	1.00	Non-Binding	0
c500	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c501	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c502	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c503	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c504	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c505	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c506	3.00	2.00	<=	1.00	Non-Binding	0
c507	8,836.00	13,886.00	>=	-5,050.00	Non-Binding	0
c508	7,942.00	12,481.00	>=	-4,539.00	Non-Binding	0
c509	5,029.00	7,904.00	>=	-2,875.00	Non-Binding	0
c510	4,599.00	7,227.00	>=	-2,628.00	Non-Binding	0
c511	6,211.00	9,761.00	>=	-3,550.00	Non-Binding	0
c512	2,112.00	3,320.00	>=	-1,208.00	Non-Binding	0
c513	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c514	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c515	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c516	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c517	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c518	1,022.00	1,314.00	>=	-292.00	Non-Binding	0
c519	1,022.00	1,314.00	>=	-292.00	Non-Binding	0
c520	3,577.00	4,599.00	>=	-1,022.00	Non-Binding	0
c521	5,621.00	7,227.00	>=	-1,606.00	Non-Binding	0
c522	1,022.00	1,314.00	>=	-292.00	Non-Binding	0
c523	1,533.00	1,971.00	>=	-438.00	Non-Binding	0
c524	511.00	657.00	>=	-146.00	Non-Binding	0
c525	511.00	657.00	>=	-146.00	Non-Binding	0
c526	8,176.00	10,512.00	>=	-2,336.00	Non-Binding	0
c527	511.00	657.00	>=	-146.00	Non-Binding	0
c528	255.00	280.00	>=	-25.00	Non-Binding	0
c529	2,945.00	4,629.00	>=	-1,684.00	Non-Binding	0
c530	2,647.00	4,161.00	>=	-1,514.00	Non-Binding	0
c531	1,676.00	2,635.00	>=	-959.00	Non-Binding	0
c532	86,902.00	136,561.00	>=	-49,659.00	Non-Binding	0
c533	2,070.00	3,254.00	>=	-1,184.00	Non-Binding	0
c534	2,112.00	3,320.00	>=	-1,208.00	Non-Binding	0
c535	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c536	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c537	85,494.00	134,349.00	>=	-48,855.00	Non-Binding	0
c538	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c539	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c540	2,945.00	4,629.00	>=	-1,684.00	Non-Binding	0
c541	2,647.00	4,161.00	>=	-1,514.00	Non-Binding	0
c542	1,676.00	2,635.00	>=	-959.00	Non-Binding	0
c543	86,902.00	136,560.00	>=	-49,658.00	Non-Binding	0
c544	2,070.00	3,254.00	>=	-1,184.00	Non-Binding	0
c545	2,112.00	3,320.00	>=	-1,208.00	Non-Binding	0
c546	130,797.00	205,540.00	>=	-74,743.00	Non-Binding	0
c547	3,156,722.00	4,960,563.00	>=	-1,803,841.00	Non-Binding	0
c548	85,494.00	134,349.00	>=	-48,855.00	Non-Binding	0
c549	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c550	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c551	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c552	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c553	420.00	660.00	>=	-240.00	Non-Binding	0
c554	95.00	150.00	>=	-55.00	Non-Binding	0
c555	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c556	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c557	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c558	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c559	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c560	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c561	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c562	2,945.00	4,629.00	>=	-1,684.00	Non-Binding	0
c563	2,647.00	4,161.00	>=	-1,514.00	Non-Binding	0
c564	1,676.00	2,635.00	>=	-959.00	Non-Binding	0
c565	86,902.00	136,561.00	>=	-49,659.00	Non-Binding	0
c566	2,070.00	3,254.00	>=	-1,184.00	Non-Binding	0
c567	2,112.00	3,320.00	>=	-1,208.00	Non-Binding	0
c568	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c569	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c570	85,494.00	134,349.00	>=	-48,855.00	Non-Binding	0
c571	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c572	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c573	2,945.00	4,629.00	>=	-1,684.00	Non-Binding	0
c574	2,647.00	4,161.00	>=	-1,514.00	Non-Binding	0
c575	1,676.00	2,635.00	>=	-959.00	Non-Binding	0
c576	86,902.00	136,561.00	>=	-49,659.00	Non-Binding	0
c577	2,070.00	3,254.00	>=	-1,184.00	Non-Binding	0
c578	2,112.00	3,320.00	>=	-1,208.00	Non-Binding	0
c579	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c580	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c581	85,494.00	134,349.00	>=	-48,855.00	Non-Binding	0
c582	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c583	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c584	2,945.00	4,629.00	>=	-1,684.00	Non-Binding	0

c585	2,647.00	4,161.00	>=	-1,514.00	Non-Binding	0
c586	1,676.00	2,635.00	>=	-959.00	Non-Binding	0
c587	86,902.00	136,561.00	>=	-49,659.00	Non-Binding	0
c588	2,070.00	3,254.00	>=	-1,184.00	Non-Binding	0
c589	2,112.00	3,320.00	>=	-1,208.00	Non-Binding	0
c590	130,797.00	205,540.00	>=	-74,743.00	Non-Binding	0
c591	3,156,722.00	4,960,563.00	>=	-1,803,841.00	Non-Binding	0
c592	85,494.00	134,349.00	>=	-48,855.00	Non-Binding	0
c593	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c594	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c595	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c596	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c597	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c598	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c599	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c600	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c601	130,797.00	205,540.00	>=	-74,743.00	Non-Binding	0
c602	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c603	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c604	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c605	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c606	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c607	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c608	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c609	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c610	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c611	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c612	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c613	3,156,722.00	4,960,563.00	>=	-1,803,841.00	Non-Binding	0
c614	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c615	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c616	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c617	8.00	11.00	>=	-3.00	Non-Binding	0
c618	8.00	11.00	>=	-3.00	Non-Binding	0
c619	8.00	11.00	>=	-3.00	Non-Binding	0
c620	8.00	11.00	>=	-3.00	Non-Binding	0
c621	8.00	11.00	>=	-3.00	Non-Binding	0
c622	8.00	11.00	>=	-3.00	Non-Binding	0
c623	8.00	11.00	>=	-3.00	Non-Binding	0
c624	8.00	11.00	>=	-3.00	Non-Binding	0
c625	8.00	8.00	>=	0.00	Binding	0
c626	8.00	11.00	>=	-3.00	Non-Binding	0
c627	8.00	11.00	>=	-3.00	Non-Binding	0
c628	16.00	22.00	>=	-6.00	Non-Binding	0
c629	14.00	18.00	>=	-4.00	Non-Binding	0
c630	18.00	23.00	>=	-5.00	Non-Binding	0
c631	5.00	7.00	>=	-2.00	Non-Binding	0
c632	16.00	22.00	>=	-6.00	Non-Binding	0
c633	5.00	7.00	>=	-2.00	Non-Binding	0
c634	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c635	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c636	2.00	4.00	>=	-2.00	Non-Binding	0
c637	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c638	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c639	8.00	11.00	>=	-3.00	Non-Binding	0
c640	8.00	11.00	>=	-3.00	Non-Binding	0
c641	8.00	11.00	>=	-3.00	Non-Binding	0
c642	8.00	11.00	>=	-3.00	Non-Binding	0
c643	8.00	11.00	>=	-3.00	Non-Binding	0
c644	8.00	8.00	>=	0.00	Binding	0
c645	8.00	11.00	>=	-3.00	Non-Binding	0
c646	8.00	11.00	>=	-3.00	Non-Binding	0
c647	8.00	11.00	>=	-3.00	Non-Binding	0
c648	8.00	11.00	>=	-3.00	Non-Binding	0
c649	8.00	11.00	>=	-3.00	Non-Binding	0
c650	29.00	29.00	>=	0.00	Binding	0
c651	21.00	21.00	>=	0.00	Binding	0
c652	35.00	35.00	>=	0.00	Binding	0
c653	77.00	77.00	>=	0.00	Binding	0
c654	21.00	21.00	>=	0.00	Binding	0
c655	11.00	11.00	>=	0.00	Binding	0
c656	12.00	12.00	>=	0.00	Binding	0
c657	21.00	21.00	>=	0.00	Binding	0
c658	39.00	39.00	>=	0.00	Binding	0
c659	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c660	55.00	71.00	>=	-16.00	Non-Binding	0
c661	1.00	2.00	>=	-1.00	Non-Binding	0
c662	2.00	3.00	>=	-1.00	Non-Binding	0
c663	1.00	2.00	>=	-1.00	Non-Binding	0
c664	1.00	2.00	>=	-1.00	Non-Binding	0
c665	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c666	3.00	5.00	>=	-2.00	Non-Binding	0
c667	1.00	1.00	>=	0.00	Binding	0
c668	1.00	2.00	>=	-1.00	Non-Binding	0
c669	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c670	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c671	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c672	1.00	2.00	>=	-1.00	Non-Binding	0
c673	1.00	2.00	>=	-1.00	Non-Binding	0
c674	4.00	5.00	>=	-1.00	Non-Binding	0
c675	2.00	4.00	>=	-2.00	Non-Binding	0
c676	1.00	2.00	>=	-1.00	Non-Binding	0
c677	2.00	4.00	>=	-2.00	Non-Binding	0
c678	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c679	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c680	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c681	37.00	49.00	>=	-12.00	Non-Binding	0
c682	1.00	4.00	>=	-3.00	Non-Binding	0
c683	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0

c684	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c685	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c686	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c687	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c688	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c689	1.00	2.00	>=	-1.00	Non-Binding	0
c690	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c691	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c692	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c693	17.00	27.00	>=	-10.00	Non-Binding	0
c694	406.00	522.00	>=	-116.00	Non-Binding	0
c695	472.00	607.00	>=	-135.00	Non-Binding	0
c696	437.00	562.00	>=	-125.00	Non-Binding	0
c697	965.00	1,241.00	>=	-276.00	Non-Binding	0
c698	249.00	321.00	>=	-72.00	Non-Binding	0
c699	389.00	501.00	>=	-112.00	Non-Binding	0
c700	158.00	204.00	>=	-46.00	Non-Binding	0
c701	311.00	311.00	>=	0.00	Binding	0
c702	743.00	955.00	>=	-212.00	Non-Binding	0
c703	320.00	412.00	>=	-92.00	Non-Binding	0
c704	455.00	585.00	>=	-130.00	Non-Binding	0
c705	5,184.00	6,665.00	>=	-1,481.00	Non-Binding	0
c706	6,037.00	7,762.00	>=	-1,725.00	Non-Binding	0
c707	5,586.00	7,182.00	>=	-1,596.00	Non-Binding	0
c708	12,325.00	15,846.00	>=	-3,521.00	Non-Binding	0
c709	3,195.00	4,107.00	>=	-912.00	Non-Binding	0
c710	4,983.00	6,407.00	>=	-1,424.00	Non-Binding	0
c711	2,028.00	2,607.00	>=	-579.00	Non-Binding	0
c712	3,979.00	5,116.00	>=	-1,137.00	Non-Binding	0
c713	9,495.00	12,209.00	>=	-2,714.00	Non-Binding	0
c714	4,098.00	5,267.00	>=	-1,169.00	Non-Binding	0
c715	5,817.00	7,479.00	>=	-1,662.00	Non-Binding	0
c716	44,380.00	57,060.00	>=	-12,680.00	Non-Binding	0
c717	51,688.00	66,455.00	>=	-14,767.00	Non-Binding	0
c718	47,819.00	61,481.00	>=	-13,662.00	Non-Binding	0
c719	105,523.00	135,672.00	>=	-30,149.00	Non-Binding	0
c720	27,348.00	35,161.00	>=	-7,813.00	Non-Binding	0
c721	42,661.00	54,850.00	>=	-12,189.00	Non-Binding	0
c722	17,355.00	22,313.00	>=	-4,958.00	Non-Binding	0
c723	34,065.00	43,797.00	>=	-9,732.00	Non-Binding	0
c724	81,292.00	104,518.00	>=	-23,226.00	Non-Binding	0
c725	35,085.00	45,109.00	>=	-10,024.00	Non-Binding	0
c726	49,807.00	64,037.00	>=	-14,230.00	Non-Binding	0
c727	358.48	460.91	>=	-102.42	Non-Binding	0
c728	416.81	416.89	>=	-0.08	Non-Binding	0
c729	386.26	496.62	>=	-110.36	Non-Binding	0
c730	852.38	1,095.91	>=	-243.54	Non-Binding	0
c731	220.91	284.02	>=	-63.12	Non-Binding	0
c732	344.60	443.05	>=	-98.46	Non-Binding	0
c733	140.18	180.23	>=	-40.05	Non-Binding	0
c734	275.16	353.77	>=	-78.62	Non-Binding	0
c735	656.64	844.25	>=	-187.61	Non-Binding	0
c736	283.40	364.37	>=	-80.97	Non-Binding	0
c737	402.32	517.27	>=	-114.95	Non-Binding	0
c738	3,758.30	4,832.10	>=	-1,073.80	Non-Binding	0
c739	4,377.10	5,627.70	>=	-1,250.60	Non-Binding	0
c740	4,049.50	5,206.50	>=	-1,157.00	Non-Binding	0
c741	8,936.20	11,489.40	>=	-2,553.20	Non-Binding	0
c742	2,315.95	2,977.65	>=	-661.70	Non-Binding	0
c743	3,612.70	4,644.90	>=	-1,032.20	Non-Binding	0
c744	1,469.65	1,889.55	>=	-419.90	Non-Binding	0
c745	2,884.70	3,708.90	>=	-824.20	Non-Binding	0
c746	6,884.15	8,851.05	>=	-1,966.90	Non-Binding	0
c747	2,971.15	3,820.05	>=	-848.90	Non-Binding	0
c748	4,217.85	5,422.95	>=	-1,205.10	Non-Binding	0
c749	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c750	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c751	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c752	0.00	1.00	>=	-1.00	Non-Binding	0
c753	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c754	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c755	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c756	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c757	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c758	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c759	1.00	2.00	>=	-1.00	Non-Binding	0
c760	13,886.00	13,886.00	>=	0.00	Binding	0
c761	12,481.00	12,481.00	>=	0.00	Binding	0
c762	7,904.00	7,904.00	>=	0.00	Binding	0
c763	7,227.00	7,227.00	>=	0.00	Binding	0
c764	9,761.00	9,761.00	>=	0.00	Binding	0
c765	3,320.00	3,320.00	>=	0.00	Binding	0
c766	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c767	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c768	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c769	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c770	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c771	1,314.00	1,314.00	<=	0.00	Binding	0
c772	1,314.00	1,314.00	<=	0.00	Binding	0
c773	4,599.00	4,599.00	<=	0.00	Binding	0
c774	7,227.00	7,227.00	<=	0.00	Binding	0
c775	1,314.00	1,314.00	<=	0.00	Binding	0
c776	1,971.00	1,971.00	<=	0.00	Binding	0
c777	657.00	657.00	<=	0.00	Binding	0
c778	657.00	657.00	<=	0.00	Binding	0
c779	10,512.00	10,512.00	<=	0.00	Binding	0
c780	657.00	657.00	<=	0.00	Binding	0
c781	329.00	280.00	<=	49.00	Non-Binding	0
c782	4,629.00	4,629.00	>=	0.00	Binding	0

c783	4,161.00	4,161.00	>=	0.00	Binding	0
c784	2,635.00	2,635.00	>=	0.00	Binding	0
c785	136,561.00	136,561.00	>=	0.00	Binding	0
c786	3,254.00	3,254.00	>=	0.00	Binding	0
c787	3,320.00	3,320.00	>=	0.00	Binding	0
c788	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c789	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c790	134,349.00	134,349.00	>=	0.00	Binding	0
c791	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c792	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c793	4,629.00	4,629.00	>=	0.00	Binding	0
c794	4,161.00	4,161.00	>=	0.00	Binding	0
c795	2,635.00	2,635.00	>=	0.00	Binding	0
c796	136,560.00	136,560.00	>=	0.00	Binding	0
c797	3,254.00	3,254.00	>=	0.00	Binding	0
c798	3,320.00	3,320.00	>=	0.00	Binding	0
c799	205,540.00	205,540.00	>=	0.00	Binding	0
c800	4,960,563.00	4,960,563.00	>=	0.00	Binding	0
c801	134,349.00	134,349.00	>=	0.00	Binding	0
c802	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c803	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c804	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c805	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c806	660.00	660.00	>=	0.00	Binding	0
c807	150.00	150.00	>=	0.00	Binding	0
c808	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c809	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c810	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c811	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c812	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c813	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c814	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c815	4,629.00	4,629.00	>=	0.00	Binding	0
c816	4,161.00	4,161.00	>=	0.00	Binding	0
c817	2,635.00	2,635.00	>=	0.00	Binding	0
c818	136,561.00	136,561.00	>=	0.00	Binding	0
c819	3,254.00	3,254.00	>=	0.00	Binding	0
c820	3,320.00	3,320.00	>=	0.00	Binding	0
c821	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c822	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c823	134,349.00	134,349.00	>=	0.00	Binding	0
c824	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c825	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c826	4,629.00	4,629.00	>=	0.00	Binding	0
c827	4,161.00	4,161.00	>=	0.00	Binding	0
c828	2,635.00	2,635.00	>=	0.00	Binding	0
c829	136,561.00	136,561.00	>=	0.00	Binding	0
c830	3,254.00	3,254.00	>=	0.00	Binding	0
c831	3,320.00	3,320.00	>=	0.00	Binding	0
c832	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c833	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c834	134,349.00	134,349.00	>=	0.00	Binding	0
c835	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c836	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c837	4,629.00	4,629.00	>=	0.00	Binding	0
c838	4,161.00	4,161.00	>=	0.00	Binding	0
c839	2,635.00	2,635.00	>=	0.00	Binding	0
c840	136,561.00	136,561.00	>=	0.00	Binding	0
c841	3,254.00	3,254.00	>=	0.00	Binding	0
c842	3,320.00	3,320.00	>=	0.00	Binding	0
c843	205,540.00	205,540.00	>=	0.00	Binding	0
c844	4,960,563.00	4,960,563.00	>=	0.00	Binding	0
c845	134,349.00	134,349.00	>=	0.00	Binding	0
c846	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c847	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c848	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c849	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c850	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c851	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c852	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c853	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c854	205,540.00	205,540.00	>=	0.00	Binding	0
c855	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c856	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c857	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c858	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c859	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c860	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c861	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c862	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c863	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c864	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c865	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c866	4,960,563.00	4,960,563.00	>=	0.00	Binding	0
c867	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c868	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c869	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c870	11.00	11.00	<=	0.00	Binding	0
c871	11.00	11.00	<=	0.00	Binding	0
c872	11.00	11.00	<=	0.00	Binding	0
c873	11.00	11.00	<=	0.00	Binding	0
c874	11.00	11.00	<=	0.00	Binding	0
c875	11.00	11.00	<=	0.00	Binding	0
c876	11.00	11.00	<=	0.00	Binding	0
c877	11.00	11.00	<=	0.00	Binding	0
c878	11.00	8.00	<=	3.00	Non-Binding	0
c879	11.00	11.00	<=	0.00	Binding	0
c880	11.00	11.00	<=	0.00	Binding	0
c881	22.00	22.00	<=	0.00	Binding	0

c882	18.00	18.00	<=	0.00	Binding	0
c883	23.00	23.00	<=	0.00	Binding	0
c884	7.00	7.00	<=	0.00	Binding	0
c885	22.00	22.00	<=	0.00	Binding	0
c886	7.00	7.00	<=	0.00	Binding	0
c887	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c888	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c889	4.00	4.00	<=	0.00	Binding	0
c890	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c891	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c892	11.00	11.00	<=	0.00	Binding	0
c893	11.00	11.00	<=	0.00	Binding	0
c894	11.00	11.00	<=	0.00	Binding	0
c895	11.00	11.00	<=	0.00	Binding	0
c896	11.00	11.00	<=	0.00	Binding	0
c897	11.00	8.00	<=	3.00	Non-Binding	0
c898	11.00	11.00	<=	0.00	Binding	0
c899	11.00	11.00	<=	0.00	Binding	0
c900	11.00	11.00	<=	0.00	Binding	0
c901	11.00	11.00	<=	0.00	Binding	0
c902	11.00	11.00	<=	0.00	Binding	0
c903	38.00	29.00	<=	9.00	Non-Binding	0
c904	28.00	21.00	<=	7.00	Non-Binding	0
c905	45.00	35.00	<=	10.00	Non-Binding	0
c906	100.00	77.00	<=	23.00	Non-Binding	0
c907	28.00	21.00	<=	7.00	Non-Binding	0
c908	14.00	11.00	<=	3.00	Non-Binding	0
c909	16.00	12.00	<=	4.00	Non-Binding	0
c910	27.00	21.00	<=	6.00	Non-Binding	0
c911	51.00	39.00	<=	12.00	Non-Binding	0
c912	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c913	71.00	71.00	<=	0.00	Binding	0
c914	2.00	2.00	<=	0.00	Binding	0
c915	3.00	3.00	<=	0.00	Binding	0
c916	2.00	2.00	<=	0.00	Binding	0
c917	2.00	2.00	<=	0.00	Binding	0
c918	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c919	5.00	5.00	<=	0.00	Binding	0
c920	1.00	1.00	<=	0.00	Binding	0
c921	2.00	2.00	<=	0.00	Binding	0
c922	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c923	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c924	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c925	2.00	2.00	<=	0.00	Binding	0
c926	2.00	2.00	<=	0.00	Binding	0
c927	5.00	5.00	<=	0.00	Binding	0
c928	4.00	4.00	<=	0.00	Binding	0
c929	2.00	2.00	<=	0.00	Binding	0
c930	4.00	4.00	<=	0.00	Binding	0
c931	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c932	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c933	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c934	49.00	49.00	<=	0.00	Binding	0
c935	4.00	4.00	<=	0.00	Binding	0
c936	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c937	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c938	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c939	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c940	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c941	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c942	2.00	2.00	>=	0.00	Binding	0
c943	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c944	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c945	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c946	27.00	27.00	>=	0.00	Binding	0
c947	522.00	522.00	<=	0.00	Binding	0
c948	607.00	607.00	<=	0.00	Binding	0
c949	562.00	562.00	<=	0.00	Binding	0
c950	1,241.00	1,241.00	<=	0.00	Binding	0
c951	321.00	321.00	<=	0.00	Binding	0
c952	501.00	501.00	<=	0.00	Binding	0
c953	204.00	204.00	<=	0.00	Binding	0
c954	400,955.00	311.00	<=	400,644.00	Non-Binding	0
c955	955.00	955.00	<=	0.00	Binding	0
c956	412.00	412.00	<=	0.00	Binding	0
c957	585.00	585.00	<=	0.00	Binding	0
c958	6,665.00	6,665.00	<=	0.00	Binding	0
c959	7,762.00	7,762.00	<=	0.00	Binding	0
c960	7,182.00	7,182.00	<=	0.00	Binding	0
c961	15,846.00	15,846.00	<=	0.00	Binding	0
c962	4,107.00	4,107.00	<=	0.00	Binding	0
c963	6,407.00	6,407.00	<=	0.00	Binding	0
c964	2,607.00	2,607.00	<=	0.00	Binding	0
c965	5,116.00	5,116.00	<=	0.00	Binding	0
c966	12,209.00	12,209.00	<=	0.00	Binding	0
c967	5,267.00	5,267.00	<=	0.00	Binding	0
c968	7,479.00	7,479.00	<=	0.00	Binding	0
c969	57,060.00	57,060.00	<=	0.00	Binding	0
c970	66,455.00	66,455.00	<=	0.00	Binding	0
c971	61,481.00	61,481.00	<=	0.00	Binding	0
c972	135,672.00	135,672.00	<=	0.00	Binding	0
c973	35,161.00	35,161.00	<=	0.00	Binding	0
c974	54,850.00	54,850.00	<=	0.00	Binding	0
c975	22,313.00	22,313.00	<=	0.00	Binding	0
c976	43,797.00	43,797.00	<=	0.00	Binding	0
c977	104,518.00	104,518.00	<=	0.00	Binding	0
c978	45,109.00	45,109.00	<=	0.00	Binding	0
c979	64,037.00	64,037.00	<=	0.00	Binding	0
c980	460.91	460.91	<=	0.00	Binding	-1.02433e-14

c981	535.90	416.89	<=	119.01	Non-Binding	0
c982	496.62	496.62	<=	-0.00	Binding	-1.02433e-14
c983	1,095.91	1,095.91	<=	0.00	Binding	-1.02433e-14
c984	284.02	284.02	<=	0.00	Binding	-1.02433e-14
c985	443.05	443.05	<=	-0.00	Binding	-1.02433e-14
c986	180.23	180.23	<=	0.00	Binding	-1.02433e-14
c987	353.77	353.77	<=	0.00	Binding	-1.02433e-14
c988	844.25	844.25	<=	0.00	Binding	-1.02433e-14
c989	364.37	364.37	<=	0.00	Binding	-1.02433e-14
c990	517.27	517.27	<=	0.00	Binding	-1.02433e-14
c991	4,832.10	4,832.10	<=	0.00	Binding	0
c992	5,627.70	5,627.70	<=	0.00	Binding	0
c993	5,206.50	5,206.50	<=	0.00	Binding	0
c994	11,489.40	11,489.40	<=	0.00	Binding	0
c995	2,977.65	2,977.65	<=	0.00	Binding	0
c996	4,644.90	4,644.90	<=	0.00	Binding	0
c997	1,889.55	1,889.55	<=	0.00	Binding	0
c998	3,708.90	3,708.90	<=	0.00	Binding	0
c999	8,851.05	8,851.05	<=	0.00	Binding	0
c1000	3,820.05	3,820.05	<=	0.00	Binding	0
c1001	5,422.95	5,422.95	<=	0.00	Binding	0
c1002	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c1003	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c1004	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c1005	1.00	1.00	<=	0.00	Binding	0
c1006	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c1007	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c1008	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c1009	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c1010	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c1011	0.00	0.00	=	0.00	Binding	0
c1012	2.00	2.00	<=	0.00	Binding	0
c1013	162,797,425.82	157,250,829.50	<=	5,546,596.32	Non-Binding	0
c1014	55,072,574.18	55,072,574.18	<=	-0.00	Non-Binding	-1

==========