تحسين جدولة عمل الممرضات باستخدام البرمجة الخطية بأعداد صحيحة

دراسة حالة بالمؤسسة العمومية الاستشفائية بتابلاط ولاية المدية

Nurse Scheduling Optimization Using Integer Linear Programming A Case Study at Tabelat Public Hospital Institution, Medea Province

ط د. قريشي أحمد [1]
جامعة الجزائر3، الجزائر
ahmed.korichi@univ-alger3.dz

د. بن يحي ثاني نسرين
جامعة الجزائر3، الجزائر
benyahia.tani.nesrine@univ-alger3.dz

تاريخ الإرسال: 2025/05/ 22 تاريخ القبول: 2025/06/ 02 تاريخ النشر: 2025/11/ 11

ملخص:

تعد عملية تخصيص الممرضات للمهام في المراكز الصحية تحديا رئيسيا، لاسيما في ظل الاعتماد على الأساليب اليدوية التي تعاني من عيوب كثيرة فهي تتسم بارتفاع احتمال الخطأ وضياع الوقت والجهد والتكلفة المترتبة على سوء التوزيع مما يؤثر على كفاءة المركز وجودة الخدمات المقدمة للمرضى

تهدف هذه الورقة البحثية إلى محاولة إبراز دور البرمجة الخطية بأعداد صحيحة كأحد أهم أدوات بحوث العمليات والرياضيات التطبيقية التي يمكن لمسيري المؤسسات الصحية الاستعانة بها لغرض المساعدة على حل مشكلة جدولة عمل الممرضات وبالتالي الاستغلال الأمثل للموارد البشرية واتخاذ أفضل القرارات.

قمنا ببناء نموذج رياضي لحل مشكلة جدولة عمل الممرضات باستخدام البرمجة الخطية بأعداد صحيحة تم حل النموذج بواسطة البرنامج الجاهز Win Qsb، حيث ظهرت أهمية هذا الأسلوب الكمي من خلال الحصول على توزيع أمثل للممرضات يساهم في تحسين جودة الخدمة وتدنية التكاليف.

الكلمات المفتاحية: البرمجة الخطية بأعداد صحيحة، جدولة عمل الممرضات، تخصيص الموارد.

Abstract:

The process of allocating nurses to tasks in healthcare centers presents a significant challenge, especially when relying on manual methods. These methods suffer from numerous drawbacks, including a high probability of errors, wasted time and efforts, and costs associated with inefficient allocation, ultimately impacting the center's efficiency and the quality of patient care.

This research paper aims to highlight the role of Integer Linear Programming as a crucial tool in operations research and applied mathematics. It specifically focuses on how healthcare administrators can use ILP to address the nurse scheduling problem, leading to optimal human resource allocation and better decision-making.

We constructed a mathematical model using ILP to solve the nurse scheduling problem. The model was solved using the Win QSB software. The results demonstrated the significance of this quantitative approach, as it achieved an optimal distribution of nurses, contributing to improved service quality and reduced costs.

Key words: integer linear programming, nurse scheduling, resource allocation

1 – **المؤلف المراسل**: قريشي أحمد، الإيميل: korichi.ahmed82@gmail.com

مقدمة:

في ظل التحديات المتزايدة التي تواجه المؤسسات الصحية في تحسين كفاءة المورد البشري، يبرز دور البرمجة الخطية بأعداد صحيحة كأداة كمية في تحسين جدولة الممرضات، تهدف هذه الدراسة إلى استعراض أهمية استخدام النماذج الرياضية في تحقيق توزيع امثل للموارد البشرية بهدف تحسين جودة الخدمات المقدمة للمرضى و تقليل التكاليف، سيتم معالجة هذا الموضوع من خلال دراسة تطبيقية توضح كيفية استخدام البرمجة الخطية العددية لحل صعوبات جدولة عمل الممرضات مما يساهم في تعزيز كفاءة و فعالية تشغيل المورد و تحسين الأداء العام للمستشفيات.

الإشكالية

تواجه المؤسسات الصحية عامة وأقسام الاستعجالات بصفة خاصة تحديات عديدة كضغط العمل والتغيرات المستمرة في الطلب على الخدمات الصحية مما يؤثر بالسلب على توزيع الموارد وجودة الخدمات، من خلال استخدام البرمجة الخطية بأعداد صحيحة يمكن تصميم نماذج رياضية دقيقة تساعد في تحسين جدولة العمل للممرضات مما يؤدي إلى تقليل العجز في التغطية وتحقيق الاستفادة المثلى من الموارد البشرية المتاحة وعلى هذا سوف نحاول تناول الإشكالية التالية:

كيف يمكن أن تساهم البرمجة الخطية بأعداد صحيحة في تحسين جدولة عمل الممرضات بالمؤسسة محل الدراسة؟

أهداف الدراسة:

تتمثل الأهداف الرئيسية لهذا البحث في:

- تطوير نموذج لجدولة عمل الممرضات باستخدام البرمجة الخطية بأعداد صحيحة لتحديد التوزيع الأمثل من الممرضات خلال كل فترة زمنية معينة
- تقليل التكاليف الناجمة عن التخصيص السيء للمورد البشري.
- تحسين جودة الخدمات الصحية من خلال تقليل أوقات الانتظار وتعزيز درجة استجابة المصلحة للاحتياجات المستعجلة.
- تقليل العجز في تغطية المناوبات وزيادة كفاءة توزيع الموارد البشرية.

المنهجية المعتمدة

تم خلال هذا البحث القيام بدراسة نظرية تضمنت تقديم خلفية تاريخية ونظرية ثم دراسة تطبيقية اعتمدت على جمع بيانات توافد المرضى على مصلحة الاستعجالات على مدار 24 ساعة وتصنيفها حسب درجة الخطورة واحتياجات الخدمة ثم تطوير نموذج برمجة خطية بأعداد صحيحة باستخدام خوارزمية التفريع والتحديد لإيجاد الحل الأمثل الذي يضمن تغطية كافية لكل الفترات الزمنية وتدنية عدد الممرضات المطلوبات، وقد تم تقييم النموذج من خلال مقارنة النتائج وتحليل تأثيره على التكاليف وجودة الخدمة مقارنة بالطريقة التقليدية، كما يلي:

المحور الأول: الدراسة النظرية

أولا: لمحة تاريخية:

منذ مطلع القرن الحادي والعشرين اعترفت المنظمات الدولية وعلى رأسها المنظمة العالمية للصحة بأهمية المورد البشري في النظام الصحي فهو القلب النابض لأي نظام صحي، وتتجلى أهمية المورد البشري المتخصص في المستشفيات باعتباره الوحدة الأكثر تأثير في النظام الصحي حيث أنها تستحوذ على ما بين 50% إلى 80 % من النفقات العامة للقطاع.

وفي ذات السياق ومنذ عام 1980 أجري العديد من الباحثين دراسات حول جدولة مختلف الكوادر الطبية بما فيها ممرضو قسم الاستعجالات حيث تمثلت أهداف هذه الدراسات في تحديد أدني عدد مطلوب من الممرضين مع الحفاظ على رضا المرضى

وفي عام 2009 قدم» احمد وخميس »أداة لدعم اتخاذ القرارات باستخدام نظام المحاكاة إلى جانب البرمجة الخطية لتحديد العدد الأمثل من الأطباء والممرضين لأحدى المستشفيات في الكويت و كان الهدف تقييم تأثير التوزيع الأمثل للعاملين على كفاءة الخدمات المقدمة (Mehrolhasani, M. H, &al, 2017,p2/9).

ثانيا: جدولة عمل الممرضات:

مسالة جدولة عمل الممرضات من التحديات التي تواجه المستشفيات، الجدولة الفعالة تتيح توزيع الممرضين على فترات العمل بطريقة منظمة تلبي احتياجات الخدمة الصحية وتحقق التوازن بين متطلبات المريض ورفاهية الممرض، وتتمثل أهمية الجدولة في التخصيص العادل للممرضين وتقليل هدر الموارد وساعات العمل غير الضرورية وبالتالي تدنية التكاليف الكلية للمستشفى (محمد صادق، علي إبراهيم، 2018، ص: 574).

ثالثا: البرمجة الخطية بأعداد صحيحة:

البرمجة الخطية بأعداد صحيحة هي نوع من أنواع البرمجة الرياضية التي يتم فيها اشتراط أن تكون جميع أو بعض المتغيرات قيما صحيحة غير سالبة، هذا التحديد يضاف إلى القيود الأخرى في البرمجة الخطية مما يجعل الحل أكثر تعقيد.

حيث أنها يمكن أن تكون خالصة، مختلطة أو زوجية (Natarajan, A. M, S, 2014,p149) كما يلي:

- عندما يشترط أن تكون جميع متغيرات القرار في الحل الأمثل قيم صحيحة فنحن أمام مشكلة برمجة خطية بأعداد صحيحة خالصة (صرفة) pure integer linear programming
- أما عندما يشترط أن تكون بعض المتغيرات في الحل الأمثل مقيدة بان تكون أعداد صحيحة في حين بعضها الأخر يمكن أن تأخذ أي قيم أخرى غير سالبة فنحن أمام مشكلة برمجة خطية بأعداد صحيحة مختلطة mixed integer linear programming
- أما في حال اقتصار متغيرات القرار على اخذ قيم ثنائية 0 أو 1 فنحن أمام مشكلة برمجة خطية بأعداد صحيحة زوجية Zero-one programming problem والتي تستخدم في اتخاذ القرارات الثنائية كاختيار بين خيارين متاحين.

وتكون الصياغة العامة لمسالة البرمجة الخطية بأعداد صحيحة كما يلي (Kalavathy, S,2013,p181):

$$Max\ Z = CX$$

$$S/To \begin{cases} AX \leq B \\ X \geq 0 \end{cases}$$

مع تحقيق القيود :

حيث يمكن أن تكون فيها جميع أو بعض المتغيرات أعداد صحيحة.

المحور الثاني: الدراسة التطبيقية

تم دراسة البيانات الخاصة بالثلاثي الأول لسنة 2024 بقسم الاستعجالات بالمؤسسة العمومية الاستشفائية بتابلاط ولاية المدية. لتحديد العدد الأمثل للممرضات لكل مناوبة في قسم الاستعجالات في المؤسسة محل الدراسة قمنا بتقسيم مناوبة 24 ساعة إلى 8 فترات زمنية كل فترة تتكون من 3 ساعات ثم حساب متوسط وصول المرضى خلال الثلاثي الأول لسنة 2024 بقسم الاستعجالات خلال هذه الفترات، كما في الجدول الموالي:

الجدول رقم (01): متوسط عدد المرضى الذين يتوافدون على المصلحة خلال 8 فترات في اليوم

الفترات الزمنية (على مدار 24 ساعة)	عدد المرضى
11-8	33
14-11	25
17-14	17
20-17	19
23-20	11
2-23	07
5-2	05
8-5	13
المجموع خلال 24 ساعة	130مريض

المصدر: *مكتب القبول بالمؤسسة*

حيث أن تقسيم المناوبات في قسم الاستعلاجات ينقسم إلى مناوبتين نهارية وليلية كما هو موضح في الجدول:

الجدول رقم (02): فترات المناوبة في قسم الاستعجالات

المناوبات	التقسيم الزمني للمناوبات في قسم الاستعجالات	عدد الممرضات
المناوبة 1	17-8	7
المناوبة 2	8-17	6
المجموع	24 ساعة	13

المصدر: *المديرية الفرعية للمصالح الصحية*

بناء على الدراسات السابقة حول الموضوع (Janati, A,& al, 2016,p43) ولحساب وقت الخدمات التمريضية تم تقسيم المرضى على ثلاث أصناف حسب درجة الخطورة حيث تم تقدير متوسط الوقت اللازم لكل مجموعة كما هو محدد في الجدول:

الجدول رقم (03): وقت الخدمات التمريضية حسب درجة خطورة المرض

مجموعة المرضى	الخدمات التمريضية بالدقيقة
خطورة منخفضة(بدون مراقبة)	10
خطورة متوسطة(مراقبة دورية)	20
خطورة عالية(مراقبة مكثفة)	45

من خلال دراسة المرضى الوافدين على قسم الاستعجالات خلال مدة الدراسة تبين أن:

- 20%احتاجوا إلى خدمات تمريضية منخفضة
- 40% احتاجوا إلى خدمات تمريضية متوسطة
- 40% احتاجوا إلى خدمات تمريضية مكثفة.

يوضح الجدول الموالي بالتفصيل وقت الرعاية التمريضية والعدد اللازم من الممرضات خلال كل فترة كما يلي:

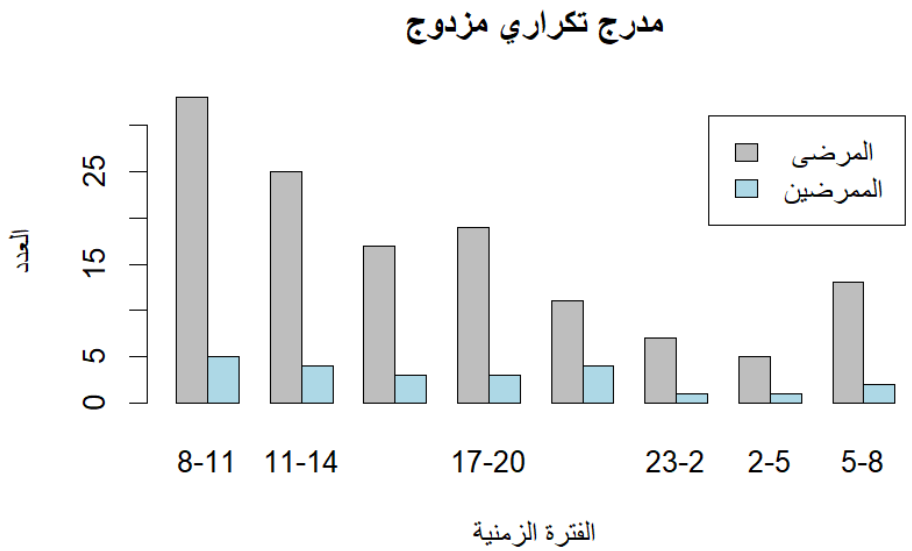
الجدول رقم (04): وقت الرعاية التمريضية والعدد اللازم من الممرضات

الفترات الزمنية	عدد المرضى المتوافدين خلال الفترة	متوسط عدد المرضى خلال ساعة	الرعاية التمريضة اللازمة خلال الفترة(د)	العدد اللازم من الممرضين خلال الفترة الزمنية
11-8	33	11	308	5
14-11	25	8	224	4
17-14	17	6	168	3
20-17	19	6	168	3
23-20	11	7	196	4
2-23	07	2	56	1
5-2	05	2	56	1
8-5	13	4	112	2

المصدر: *من إعداد الباحثين بالاعتماد على بيانات قسم الاستعجالات*

والشكل الموالي يوضح عدد المرضى الوافدين خلال الفترة مقارنة بالعدد اللازم من الممرضين خلال الفترة .

الشكل رقم (01): مدرج تكراري مزدوج



المصدر: *مخرجات البرنامج الإحصائي R*

حيث أن:

- الرعاية التمريضية اللازمة خلال ساعة=(رعاية منخفضة 20%*متوسط عدد المرضى*10د)+(رعاية متوسطة 40%*متوسط عدد المرضى*20د)+ (رعاية مكثفة 40%*متوسط عدد المرضى*45 د)
- العدد اللازم من الممرضات خلال ساعة= الرعاية التمريضية اللازمة / 60 دقيقة)

بناء النموذج الرياضي:

لبناء نموذج البرمجة الخطية بأعداد صحيحة تم تقسيم عدد المناوبات خلال 24 ساعة إلى 8 مناوبات كل مناوبة تتكون من 3 ساعات (انظر الجدول01) ، علما أن المناوبات في قسم الاستعجالات مقسمة إلى 2 (انظر الجدول 02) حيث انه يمكن أن تتضمن المناوبات ممرضات من فترات زمنية مختلفة:

مثلا المناوبة من 08-17 يمكن أن تحتوي على ممرضات من الفترة الأولى 08-11 و الفترة الثانية 11-14 و الفترة الثالثة 14-17

متغيرات القرار:

تمثل المتغيرات القرارية التالية:

$X8، X7، X6، X5، X4 ، X3 ، X2 ، X1$

عدد الممرضين الذين يبدؤون العمل في كل فترة زمنية محددة

دالة الهدف:

الهدف هو تقليل العدد الإجمالي للممرضات المطلوبات خلال كل الفترات الزمنية .

$$\text{Minimise } Z = X1+X2+X3+X4+X5+X6+X7+X8$$

القيود:

القيود على الطلب:

تضمن هذه القيود أن عدد الممرضات في كل فترة لا يجب أن يقل عن العدد المطلوب

$X1 \geq 5$	الحد الأدنى من الممرضين اللازمين خلال الفترة (08-11)
$X1+X2 \geq 4$	الحد الأدنى من الممرضين اللازمين خلال الفترة (11-14)
$X1+X2+X3 \geq 3$	الحد الأدنى من الممرضين اللازمين خلال الفترة (14-17)
$X4 \geq 3$	الحد الأدنى من الممرضين اللازمين خلال الفترة (17-20)
$X4+X5 \geq 4$	الحد الأدنى من الممرضين اللازمين خلال الفترة (20-23)
$X4+X5+X6 \geq 1$	الحد الأدنى من الممرضين اللازمين خلال الفترة (23-02)
$X4+X5+X6+X7 \geq 1$	الحد الأدنى من الممرضين اللازمين خلال الفترة (02-05)
$X4+X5+X6+X7+X8 \geq 2$	الحد الأدنى من الممرضين اللازمين خلال الفترة (05-08)

القيود على العرض: في الوقت قيد الدراسة لا يعاني قسم الاستعجالات من أي قيود في توفير الممرضات لمناوبات العمل المختلفة، ولا حالة صحية خاصة.

قيد عدم السلبية

$$X1,X2,X3,X4,X5,X6,X7,X8 \geq 0 \text{ and integer}$$

حل النموذج الرياضي وتحليل النتائج:

باستخدام البرنامج الجاهز Win qsb لحل نموذج البرمجة الخطية بأعداد صحيحة عن طريق خوارزمية التفريع والتحديد Branch-and-Bound Algorithm تحصلنا على الحل الأمثل الموالي:

الجدول رقم (05): الحل الأمثل للنموذج

	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	5.0000	1.0000	5.0000	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	1.0000	1.0000	1.0000	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.) =	9.0000				

المصدر: مخرجات برنامج win qsb

استنادا إلى جدول الحل أعلاه كان الحل الأمثل لعدد الممرضات كما يلي:

قيمة دالة الهدف 9 ممرضات

أما متغيرات القرار فكانت X1=5 ، X4=3، X5=1

وهذا ما يمثل العدد الأمثل لقسم الاستعجالات لتقديم خدمات الرعاية الصحية بأقل التكاليف الممكنة حيث نلاحظ تقليل العدد من 13 ممرضة والمحددة من طرف إدارة القسم بطريقة يدوية إلى 9 ممرضات.

تحليل نتائج الحل باستخدام النموذج الثنائي:

يوضح الجدول أدناه طبيعة الموارد بالاعتماد على القيمة المتبقية وأسعار الظل الخاصة بالمورد

الجدول رقم (06): قيم متغيرات الحل للنموذج الثنائي (dual) حسب برنامج win qsb

	Constraint	Left Hand Side	Direction	Right Hand Side	Slack or Surplus	Shadow Price	Allowable Min. RHS	Allowable Max. RHS
1	C1	5.0000	>=	5.0000	0	1.0000	4.0000	M
2	C2	5.0000	>=	4.0000	1.0000	0	-M	5.0000
3	C3	5.0000	>=	3.0000	2.0000	0	-M	5.0000
4	C4	3.0000	>=	3.0000	0	0	0	4.0000
5	C5	4.0000	>=	4.0000	0	1.0000	3.0000	M
6	C6	4.0000	>=	1.0000	3.0000	0	-M	4.0000
7	C7	4.0000	>=	1.0000	3.0000	0	-M	4.0000
8	C8	4.0000	>=	2.0000	2.0000	0	-M	4.0000

المصدر: مخرجات برنامج win qsb

الموارد التي استغلت بشكل كامل ممثلة في الموارد (X1, X4, X5) حيث كانت القيمة المتبقية لها تساوي الصفر " 0 " slack or surplus = 0

وبما أن القيمة الحدية (أسعار الظل) للموارد (X1،X5) أكبر من الصفر فان أي زيادة بوحدة واحدة في هذه الموارد تؤدي إلى زيادة مقابلة في قيمة دالة الهدف بمقدار القيمة الحدية، وبالتالي فان هذه الزيادة ستترجم إلى تكاليف إضافية على قسم الاستعجالات ما يشير إلى ندرة هذه الموارد.

أما بالنسبة للموارد الموارد التالية (X2,X3, X6 ,X7,X8) والتي بها عجز لان القيمة المتبقية أكبر من الصفر " slack or surplus > 0 " .

أما سعر الظل لهذه الموارد (X2,X3,X4 X6 ,X7,X8) يساوي الصفر وهذا يعني أي زيادة في عدد وحدات المورد لا تؤدي إلى أي زيادة في قيمة دالة الهدف " أي أن المورد غير نادر وبالتالي هو غير مكلف، أي عدم الحاجة للزيادة لان ذلك لن يؤدي إلى تحسين نتيجة الحل.

أهم نتائج الدراسة:

تتمثل اهم نتائج هذه الدراسة في:

- **التخصيص الأمثل للمورد البشري:** استخدام البرمجة الخطية بأعداد صحيحة يساعد في التوزيع الأمثل للممرضات بطريقة كفؤة وفعالة، ويساهم في تقليل العجز في تغطية المناوبات مما يحسن في أداء قسم الاستعجالات أو المركز أو المؤسسة الصحية ككل لاحتياجات المرضى.
- **تدنية التكاليف:** التحديد الدقيق للاحتياجات والتوزيع الأمثل للموارد يقلل من التكاليف الناتجة عن زيادة الوقت الضائع والخطأ في التخصيص الأمثل للممرضات.
- **تحسين عمليات اتخاذ القرارات:** البرمجة الخطية بأعداد صحيحة نموذج رياضي كأسلوب علمي كمي يساعد إدارة المؤسسات في اتخاذ القرارات المثلى المبنية على معطيات وبيانات ونتائج دقيقة
- **تحسين جودة الخدمة:** الجدولة المثلى للممرضات تساهم في تحسين جودة الخدمة المقدمة للمرضى من خلال زيادة كفاءة الخدمات الصحية المقدمة وتقليل أوقات الانتظار والتأخير.
- **تحسين الكفاءة التشغيلية:** البرمجة الخطية بأعداد صحيحة تساعد الإدارة على تحقيق الاستفادة المثلى من الموارد البشرية المتاحة مما يساهم في تعزيز الكفاءة التشغيلية للمؤسسة ككل.

خاتمة

باستخدام البرمجة الخطية بأعداد صحيحة تم استنتاج كيفية جدولة عمل الممرضة في قسم الاستعجالات بالمؤسسة الصحية محل الدراسة، هذا الأسلوب العلمي المبني على البيانات يساهم في المساعدة على الحصول على حلول مثلى لتوزيع الممرضات على المناوبات بطريقة تقلل من التكاليف وتحسن جودة الخدمة الصحية المقدمة.

تم خلال هذه الدراسة تحليل بيانات توافد المرضى على قسم الاستعجالات خلال كل فترات اليوم(24 ساعة) حيث تم تحديد الاحتياجات الدقيقة لعدد الممرضات في كل فترة زمنية بناء على متوسط التوافد وخصائص الخدمة المطلوبة (درجة الخطورة)حيث أظهرت النتائج تدنية في عدد الممرضات المطلوب بشكل ملحوظ من 13 ممرضة بطريقة يدوية على 9 ممرضات بواسطة الحل الأمثل الناتج عن هذا الأسلوب باستخدام خوارزمية التفريع والتحديد.

كما أظهرت الدراسة أهمية البرمجة الخطية بأعداد صحيحة كأسلوب رياضي يساهم في المساعدة على اتخاذ أفضل القرارات بالمؤسسات الصحية من خلال التوصل إلى الاستخدام الأمثل للموارد المحدودة وتقديم خدمات صحية جيدة بأقل التكاليف.

أفاق البحث المستقبلية

- ضرورة تكوين المديرين على فهم واستخدام هذه الأساليب لاتخاذ قرارات دقيقة مبنية على الأساليب علمية وليس فقط على القدرات الشخصية والخبرة.
- توسيع نطاق الدراسة ليشمل مصالح طبية أخرى للتحقق من فعاليته مع مختلف بيئات العمل في المستشفى.
- استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي وتحليل البيانات الكبيرة لتحليل توافد المرضى والتنبؤ الدقيق بها لتعزيز قدرة النموذج على تحسين الأداء في المستشفيات.
- دمج خوارزميات البرمجة الخطية بأعداد صحيحة مع الخوارزميات الجينية أو التعلم الألي لخلق حلول أكثر فعالية في بيئات العمل المعقدة.
- إجراء دراسات مقارنة مع مؤسسات صحية أخرى لتقييم تأثير تغير مختلف العوامل كالحجم والموقع على جودة نموذج الجدولة.

المراجع

- *Kalavathy, S. (2013). Operations research.4 edition, New Delhi, Vikas Publishing House.*
- *Natarajan, A. M. (2014). Operations Research, 2 edition. Pearson Education India.*
- *Janati, A., Nejad, D. G., Ariafar, M., Mirshojaee, S. R., & Mahdavi, M. (2016). Optimization of Nurse Numbers in Emergency Department of a District Hospital in a Developing Country Iran, 2014. Modern Applied Science, 10(5), 1-41.*
- *Mehrolhasani, M. H., Mouseli, A., Vali, L., & Mastaneh, Z. (2017). Quantitative optimization of emergency department's nurses of an educational hospital: a case study. Electronic Physician, 9(2), 3803.*
- *Nababan, J., Tulus, T., & Situmorang, Z. (2020). Analysis of Taklinear Performance and Integer Linear Programming Models in Nurses Scheduling Problems. Sinkron: jurnal dan penelitian teknik informatika, 4(2), 123-129.*

- محمد صادق عبد الرزاق، علي إبراهيم هندي. (2018). جدولة عمل الممرضات باستعمال خوارزمية محاكاة التلدين المهجنة، مجلة العلوم الاقتصادية والإدارية، جامعة بغداد، العدد 107 المجلد 24 الصفحات 572-589،