ROUTE
EDUCATIONAL & SOCIAL SCIENCE JOURNAL
ISSN: 2148-5518

Volume 8, Issue 3, March 2021, p. 1-30

Article Information

Article Type: *Research Article*

This article was checked by iThenticate.

Article History:
Received
02/01/2021
Received in revised form
12/02/2021
Available online
15/03/2021

QUEUES THEORY MODELS AND THEIR ROLE IN EVALUATING THE QUALITY OF LOGISTICS SERVICES FOR INVESTORS IN THE MISURATA FREE ZONE PORT

Mohamed Ahmed Omar ABDULLATIF[1]

Abstract

The study aimed to arrive at a proposal to apply one of the queue theories models to raise the level of service quality, and to minimise costs. In order achieve to that was collected daily statistical data and analyzing it using probability theory to reach knowledge of the rate and distribution of ships arrival time and service time. The total viewing time was estimated at one hundred and eighty (183) days. A model (M / M/ C) (FCFS /∞ / ∞) has been applied using the (Quantitative System for Business Windows) WinQSB program. For general cargo. And it has been reached can a model that contribute to raising the level of services inside the port. Also, proposal model that can minimise the costs, and it can Through the results achieved the study recommends to raise awareness among employees through various means of the importance of caring for operations research, because of its tangible results in the practical aspect, and the importance of using quantitative methods in general and the queuing grow theory in particular, the study recommends that it can be used to rationalize the decisions.

Keywords: Queues, Ship Services, Poisson Distribution, Exponential Distribution.

[1]Researcher, The Libyan Academy, Libya, ma712022@gmail.com

نماذج نظرية صفوف الانتظار ودورها في تقييم جودة الخدمات اللوجستية للمستثمرين بميناء المنطقة الحرة بمصراتة

محمد أحمد عبد اللطيف [2]

الملخص

هدفت الدراسة للوصول إلى اقتراح تطبيق أحد نماذج صفوف الانتظار للرفع من مستوى جودة الخدمات اللوجستية وبما يحقق أدنى التكاليف، وللوصول إلى ذلك تم تجميع البيانات الإحصائية اليومية وتحليلها باستخدام نظرية الاحتمالات للوصول إلى معرفة معدل وتوزيع زمن وصول السفن وزمن تقديم الخدمات لها، وقدرت مدة المشاهدة الكلية بمائة وثلاثة وثمانين (183) يوما.

تم تطبيق نموذج (∞/∞/**C/M/M**) باستخدام برنامج: **(FCFS) :(** (Windows Quantitative System for Business (WinQSB))

لسفن البضائع العامة، وتُوصل إلى أنه يمكن تقديم مقترح لنموذج يسهم في الرفع من مستوى الخدمات داخل الميناء، كما أنه يمكن تقديم مقترح لنموذج يحقق أدنى التكاليف، ومن خلال النتائج توصي الدراسة ببث الوعي لدى الموظفين عن طريق الوسائل المختلفة بأهمية العناية ببحوث العمليات لما لها من نتائج ملموسة في الجانب العملي، ولأهمية استخدام الأساليب الكمية بصفة عامة ونظرية صفوف الانتظار بصفة خاصة فإن الدراسة توصي بالاستفادة منها في ترشيد القرارات.

الكلمات المفتاحية: صفوف الانتظار، خدمات السفن، توزيع بواسون، التوزيع الأسي.

المقدمة

يعتبر التغير السياسي هو المؤثر الرئيسي لمعظم الاقتصاديات، مما أدى إلى نشأت أوضاع اقتصادية جديدة تدور حول تحرير التجارة الدولية والتحول نحو اقتصاديات السوق الذي زاد من حجم الواردات والتجارة الخارجية؛ مما تطلب مواجهة ذلك وانتهاج سبيل التنافسية وتحقيق مزاياها، وتحقيق الاستغلال الأمثل للموارد المتاحة؛ من أجل الظفر بإرضاء الزبون، ويكون ذلك من خلال تحسين كفاءة وجودة تقديم الخدمات، وتخفيض التكاليف إلى أدنى مستوى ممكن، وللوصول إلى ذلك يمكن الاعتماد على وسائل وأدوات وطرق علمية تساعد في الوصول إلى القرار الأمثل، كتطبيق أحد نماذج صفوف الانتظار (**QUEUING MODELS**)، التي ظهرت في بدايات القرن العشرين على يد المهندس الدنماركي (**ERLANG**)؛ حيث إنها أسهمت في معالجة العديد من ظواهر الانتظار في الواقع العملي، وتدرس هذه النظرية محطات تقديم الخدمات بأن

[2] الباحث، الأكاديمية الليبية، ليبيا، ma712022@gmail.com

تؤدى الخدمة في الزمن المناسب وبأقل تكلفة ممكنة، وقد تم تقسيم الدراسة إلى ثلاثة أجزاء، الجزء الأول: ينحصر في تحليل النظام، وذلك بجمع البيانات اللازمة لذلك فيما يتعلق بفترات وصول السفن ومتوسط وقت الخدمة، أما الجزء الثاني: فيتمثل في تصميم نموذج للخدمة، وأما الجزء الثالث: فيقوم على تقديم البدائل المقترحة للرفع من مستوى جودة الخدمة وبما يحقق أدنى التكاليف.

مشكلة الدراسة

من خلال الإحصائيات يتبين وجود مشكلة تحتاج إلى دراسة، وهي: (انتظار السفن قبل إرسائها على الرصيف لتلقي الخدمات)، مما يتطلب التقليص من وقت انتظار السفن عن طريق رفع مستوى الخدمات كاقتراح زيادة عدد الآليات مثلاً، وهنا يرد التساؤل حول تكلفة هذا المشروع، فأصبح العائق في ذلك هو كيفية تحديد العدد اللازم من الآليات بما يحقق أدنى التكاليف. مما سبق يمكن طرح التساؤل التالي:

ما الذي يمكن أن تقدمه نماذج صفوف الانتظار لتطوير مستوى الخدمات اللوجستية للمستثمرين بميناء المنطقة الحرة بمصراتة؟

وينبثق منه التساؤلات الفرعية التالية:

- إلى أي مدى يمكن أن تساعد نماذج صفوف الانتظار في الوصول إلى أفضل القرارات لتحسين مستوى خدمات الميناء قيد الدراسة؟
- إلى أي مدى يمكن الاستفادة من نماذج صفوف الانتظار في التقليل من التكاليف؟
- أي توزيع احتمالي يتبع زمن وصول السفن؟
- أي توزيع احتمالي يتبع زمن خدمة السفن؟

أهداف الدراسة

يتمثل الهدف من الدراسة في النقاط التالية:

- إيجاد المقترحات التي تؤدي إلى تحسين الخدمات.
- الوصول إلى نماذج تحقق أدنى التكاليف.
- التوصل إلى التوزيع الاحتمالي الذي يتبع زمن وصول السفن.
- التوصل إلى التوزيع الاحتمالي الذي يتبع زمن خدمة السفن.

أهمية الدراسة

تعتبر دولة ليبيا من الدول النفطية؛ حيث إنها تمتلك أكبر احتياطي في القارة الأفريقية يقدر بـ 48 مليار برميل من النفط، والمنطقة الحرة بمصراتة هي من أهم المشاريع التي تهدف إلى جذب الاستثمارات المختلفة في بيئة حرة خالية من القيود الإدارية والمالية؛ نظرا للموقع الاستراتيجي المتوسط مجرى حركة التجارة الدولية بالبحر الأبيض المتوسط الذي يفتح آفاق التبادل التجاري بين الأسواق العالمية والسوق الأفريقية، ويعتبر الميناء التابع لها أحد الموانئ الكبيرة نظرا لوجود العديد من المميزات التي توفر الخدمات للمستثمرين والمتعاملين مع الميناء، وتأتي هذه الدراسة لدراسة تقديم أفضل الخدمات بأسلوب كمي، لخلق ميزة تنافسية تؤدي إلى تحقيق الرضا عن مستوى الخدمات.

منهج الدراسة

تم اتباع المنهج الوصفي؛ للإجابة عن الأسئلة المطروحة لتحقيق أهداف الدراسة من خلال عرض الإطار المفاهيمي لنماذج نظرية صفوف الانتظار، وتجميع البيانات الإحصائية الخاصة بوصول السفن وزمن تقديم الخدمات لها، وكذلك استخلاص البيانات والمعلومات التي لها علاقة بنماذج نظرية صفوف الانتظار، من أجل تقديم الخدمات في أفضل مستوى لها، وتم الاعتماد على المنهج التطبيقي بهدف تطبيق نماذج صفوف الانتظار على مستوى ميناء المنطقة الحرة بمصراتة واقتراح النموذج الذي يحسن مستوى الخدمات.

الدراسات السابقة

1- **دراسة (ريغي، بابا، 2019)[i] بعنوان: " نماذج صفوف الانتظار لتحسين الخدمة"**

طبقت هذه الدراسة على بلدية العقيد لطفي مستغانم بدولة الجزائر، وهدفت إلى التوصل إلى حل لمشكلة الاكتظاظ والانتظار التي تشهدها البلدية، وتوصلت الدراسة إلى نتيجة أن المحطة الأولى تقدم الخدمة بشكل مريح، ولا تشهد انتظارا طويلا من قبل المواطنين، وأما المحطة الثانية بمركز خدمة واحد فإنها تتأخر في تقديم الخدمة، وقد أوصت الدراسة بما يلي:

- ادخال التكنولوجيا ضمن المؤسسات الخدمية.
- التزام المسؤولين بالوقت خلال ساعات العمل.
- إدراج مركز خدمة موازٍ لمركز الخدمة الذي يشهد طابورا وانتظارا.
- استخدام الأساليب الكمية عامة، ونظرية صفوف الانتظار خاصة؛ لمساعدة متخذي القرار على اختيار القرار الأمثل، وحل المشاكل التي تواجههم داخل المؤسسة.

2- **دراسة (أبحري، 2018)[ii] بعنوان: " دور استخدام نظرية صفوف الانتظار في تحسين جودة الخدمات المصرفية "**

نفذت هذه الدراسة على الصندوق الوطني للتوفير والاحتياط – بنك وكالة المسيلة بدولة الجزائر، وهدفت إلى التعرف على نماذج صفوف الانتظار، واختبار فاعليتها على الواقع من خلال الدراسة الميدانية وتحليل النتائج، وتوضيح العلاقة بين نماذج صفوف الانتظار وجودة الخدمات المصرفية وقد توصلت إلى النتائج التالية:

- توافد العملاء يكون بشكل كبير في الفترات الصباحية بداية أيام الأسبوع.
- تعاني الوكالة من ازدحام شديد، يترتب عليه ضغط عمل على الموظفين في الشبابيك.
- تخفيض زمن الانتظار بشكل جيد من خلال النموذج المقترح بما يؤدي إلى تحسين مستوى جودة الخدمات المصرفية.
- عدم وجود مختصين ذوو خبرة في مجال بحوث العمليات.

وكان من أهم التوصيات التي أوصت بها الدراسة ما يلي:

- ضرورة الاستفادة من التطورات التكنولوجية الحديثة؛ من أجل رفع الضغوطات على قنوات تقديم الخدمة.
- تدريب وتأهيل الموارد البشرية من خلال برامج تدريبية فاعلة، تمكنهم من الجوانب العلمية وسبل التيسير الحديثة المستعملة في الإدارة وخاصة في مجال بحوث العمليات.

3- دراسة (**PARWANI**، 2015)[iii] بعنوان: " **PERFORMANCE MEASURES OF WIRELESS COMMUNICATION NETWORK APPROACH QUEUEING THEORY** "

" مقاييس الأداء للاتصالات اللاسلكية أسلوب الشبكة في قائمة انتظار النظرية " بدولة الهند.

عرضت هذه الدراسة تقنية الاتصالات للشبكات الداخلية وما يحدث فيها من مشكلات، مثل: فقد الإشارة، والتأخير، والحظر، وفشل قدرة الشبكة على تحمل كمية الاتصالات، وهدفت هذه الدراسة بشكل أساسي إلى تقديم نماذج انتظار مختلفة، والتي تكون مفيدة للاتصالات المتنقلة، وبفضل هذه النماذج قد ينتج عن ذلك استخدام فعال للموارد المحدودة بالنسبة لمشغلي الهواتف الخلوية لتوفير تغطية داخلية جيدة، ليس فقط للصوت ولكن أيضاً للبيانات والفيديو والتطبيقات الهامة الأخرى للشبكة الداخلية، وكانت أهم النتائج أن قوائم انتظار التسليم المتوفرة لمكالمات التسليم، لا تتلقى القناة المطلوبة على الفور، مما يتسبب في الانهيار في الشبكة بسبب الاكتظاظ.

وكان من أهم التوصيات التي أوصت بها بناء على نتائج الدراسة أنه يمكن توفير قوائم انتظار تقنية تعرف بـ(**FEMTOCELL**) وهي قاعدة للهاتف المحمول صغيرة جدًا متصلة بشبكة الهاتف عبر الإنترنت، يتم استخدامها في المناطق التي تكون فيها إشارة التغطية ضعيفة، بحيث يمكن أن يحقق ذلك تحسناً أكبر في الأداء.

4- دراسة (**ABRAHAM**، 2012)iv بعنوان: " **MODELING AND ANALYSIS OF QUEUEING SYSTEMS WITH DISCRETE AUTOREGRESSIVE ARRIVALS AND COUNTING PROCESSES**

" نمذجة وتحليل نظم الطابور من خلال عمليات منفصلة للعد التنازلي والفرز" بالهند

اهتمت هذه الدراسة بالمناقشة التفصيلية لمختلف أنظمة الانتظار متعددة الأزمنة للصفوف التي تحكمها عملية العد للزمن المنفصل والتوزيع المستقر المنفصل، لتصميم جهاز إرسال متعدد الإرسال **ATM** مع تزامن الاتصال المرئي عن بُعد عبر **VBR**، لرصد الأجواء المناخية المتقلبة في نظام الكمبيوتر، وقامت هذه الدراسة بإجراء دراسة محاكاة لمسار عينة عملية الوصول بمساعدة الأساليب التحليلية لمصفوفة ونظرية ماركوف التجددية؛ لتطوير أنواع أكثر عمومية من عمليات العد لنموذج بواسون المشهور. تم تطبيق هذا النموذج الجديد على مجموعات البيانات الحقيقية الخاصة بالمناخ خلال الفترة 2005-2007 في ولاية كيرالا. وكانت أهم النتائج أنه يمكن استخدام النموذج الجديد أداة للتنبؤ بتغير المناخ في ولاية كيرالا فيما يتعلق بهطول الأمطار الشهرية، ودرجة الحرارة اليومية، والأمطار المبكرة التي تسبب في خسائر للمحاصيل الزراعية، وحياة البشر والحيوانات، وبالتالي التأثير في ظاهرة الاحتباس الحراري في المستقبل.

الإطار النظري

تعريف نظرية صفوف الانتظار

تعرف الأسطلV نظام صفوف الانتظار بأنه " النظام لنطاق دراسة صفوف الانتظار تشمل طابور الانتظار، الزبائن المتلقون للخدمة، قناة الخدمة، التكلفة المادية والبشرية".

كما حاول **ANINDITAvi** و **BAKUL** وصف الطابور بأنه " عندما تكون الخدمة المقدمة منخفضة مقارنة بالمستوى العالي من الطلب على الخدمة في مكان معين"..

وتعرف نظرية صفوف الانتظار "بأنها أحد الأساليب الرياضية والاحتمالية في بحوث العمليات التي تساعد متخذي القرار في المؤسسات الصحية من أجل تحسين جودة خدماتها وذلك من خلال معالجة تراكم وتشكُّل صفوف انتظار المرضى نتيجة عدم انتظام وصولهم وعملية تقديم الخدمة لهم، وذلك وفق قواعد وتوزيعات احتمالية مختلفة".**vii**

وقال **SARKODIEviii** بأن: نظرية صفوف الانتظار تعتمد على بناء نموذج رياضي يمثل عملية وصول العملاء الذين ينضمون لصف الانتظار، والوقت الذي يستغرقه العملاء لتلقي الخدمة". .

ويمكن استنتاج التعريف التالي لنظرية صفوف الانتظار، وهو أنها:" أسلوب رياضي احتمالي يساعد صانعي القرار في اتخاذ قرار أفضل للوصول إلى تحسين الخدمات، وذلك عن طريق دراسة ومعالجة المشاكل التي تؤدي إلى زيادة فترات الانتظار، وذلك وفق نماذج وتوزيعات احتمالية ".

خصائص نظرية صفوف الانتظار

يتكون النموذج الرياضي في نظرية صفوف الانتظار ix(**TEREKHOV**) من ست سمات رئيسية هي:

1- نمط الوصول: تتمثل السمة الرئيسية لنمط الوصول في التوزيع الاحتمالي للأوقات بين وصول العملاء المتعاقبين.

2- نظام الخدمة: ويقصد به كيفية خدمة الزبائن كنظام: القادم أولا يُخدم أولا.

3- سعة النظام: يمكن أن يكون لنظام الطابور قدرة محددة، في قائمة انتظار محددة.

4- عدد محطات الخدمة: يمكن أن يتألف نظام الطابور من محطة أو أكثر (مراحل)

5- عدد طالبي الخدمة (مصدر القدوم): وهو إما أن يكون مصدر قدوم الوحدات الطالبة للخدمة منتهٍ يعبر عنه بـ(**N**) أو غير منتهٍ يعبر عنه بـ(∞).

مقاييس الأداء

N: وتعني عدد الوحدات في النظام.

PN: احتمال وجود **N** وحدة في النظام.

P: احتمال أن يكون النظام مشغـولاً.

Λ: معدل عدد الوحدات التي تصل خلال فترة زمنية معينة.

M: معدل تقديم الخدمة.

LS: احتمال عدد الوحدات الموجودة في النظام.

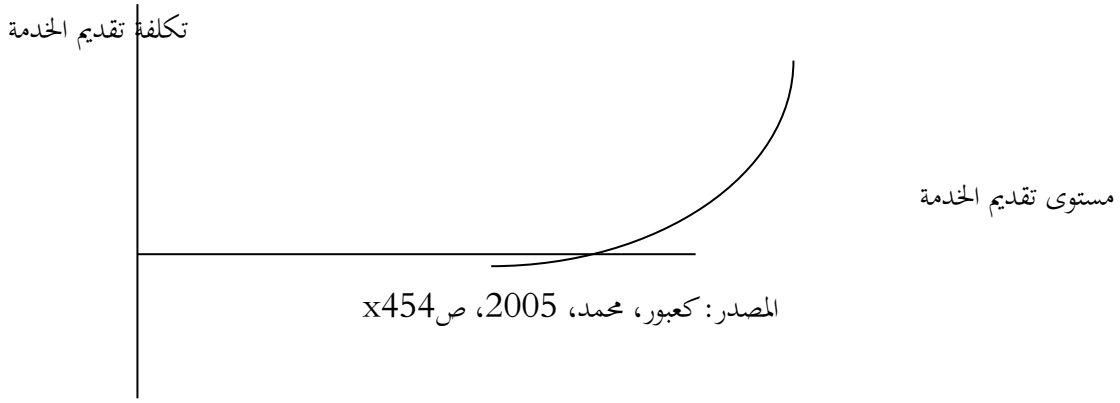
LQ: احتمال عدد الوحدات الموجودة في الصف.

WS: متوسط وقت الانتظار المتوقع في النظام.

WQ: متوسط وقت الانتظار المتوقع في الصف.

العلاقة بين تكلفة الخدمة (CS) وتكلفة الانتظار (CQ):

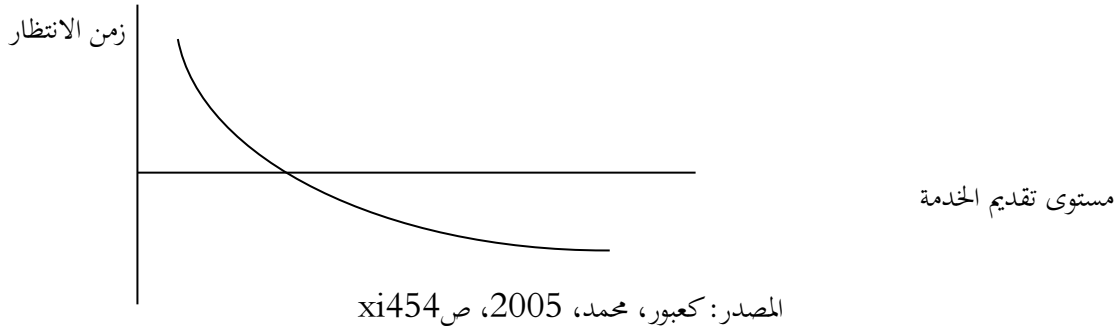
شكل(1) يبين العلاقة بين زيادة مستوى تقديم الخدمة وزيادة تكلفة تقديمها



المصدر: كعبور، محمد، 2005، ص454x

فإذا زاد مستوى تقديم الخدمة فإن وقت الانتظار لمتلقي الخدمة سينخفض، وبالتالي يؤدي ذلك إلى التقليل من تكلفة الانتظار، كما هو موضح بما يلي:

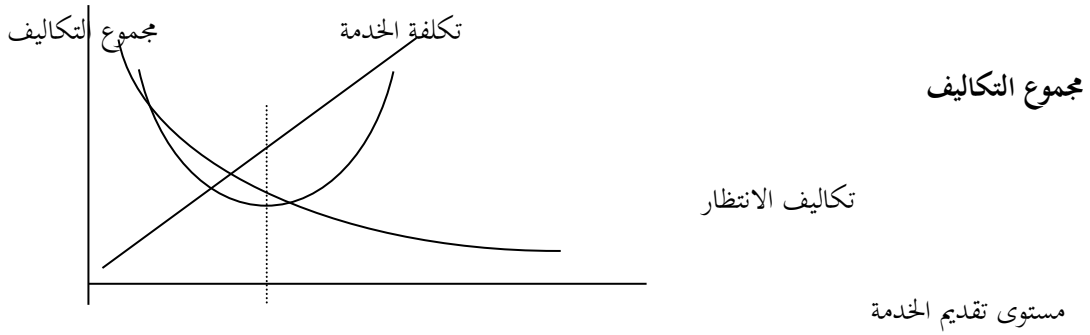
شكل(2) يبين العلاقة بين زيادة مستوى تقديم الخدمة وانخفاض وقت الانتظار



المصدر: كعبور، محمد، 2005، ص454xi

وبناء على ذلك يمكن توضيح العلاقة بين تكلفة تقديم الخدمة (**CS**) وتكلفة الانتظار (**CQ**) بما يلي:

شكل(3) يبين العلاقة تكلفة تقديم الخدمة (**CS**) وتكلفة الانتظار (**CQ**)



المصدر: كعبور، محمد، 2005، ص454xii

التوزيعات الاحتمالية الخاصة بنماذج صفوف الانتظار

أولاً: توزيع بواسون POISSON DISTRIBUTION[xiii]

إن للمتغير العشوائي **X** توزيع بواسون بمعلمة **Λ** ($0 < \Lambda$) إذا كانت له دالة الكتلة الاحتمالية التالية:

$$p\langle X = x\rangle = \begin{cases} \frac{e^{-\lambda}\lambda^{x}}{x!} \\ 0 \end{cases}$$

X = 0, 1, 2, …

ومن الواضح أن $p\langle X = x\rangle \geq 0$ [xiv]

خصائص توزيع بواسون

- الحدث الذي يحصل في وحدة زمنية واحدة مستقل عن حدوث حدث آخر.
- احتمال وقوع الحدث في فترة زمنية يتناسب مع طول الفترة، أي إن المعدل ثابت خلال الزمن، بمعنى أنه لو افترضنا أن المعدل وصول شخص واحد متلقٍ للخدمة لمركز الخدمة كل 10 ثوانٍ، فهذا يعني أن معدل الوصول هو اثنان لكل 20 ثانية، و4 أشخاص لكل 40 ثانية وهكذا.[xv]

ثانياً: التوزيع الأسي EXPONENTIAL DISTRIBUTION[xvi]

إن للمتغير **X** توزيعاً أسيّاً بمعلمة **M** ($0 < M$) إذا كانت له دالة الكتلة الاحتمالية التالية:

$$f(x) = \begin{cases} \mu e^{-\mu x} & , x \geq 0 \\ 0 & , x < 0 \end{cases}$$

وتأخذ دالة التوزيع التجميعي $F\langle X\rangle$ الشكل التالي:

$$F\langle X\rangle = p\langle X \leq x\rangle = \int_0^x \mu e^{-\mu x}\, dx = 1 - e^{-\mu x} \quad , x \geq 0$$

النماذج الرياضية لصفوف الانتظار

يعتبر كندال (**DAVID G. KENDALL**) أول من وضع ترميزا لتصنيف أنظمة الطابور، وذلك سنة 1953م، ووضعها في ثلاث ميزات رئيسية لنظام قائمة الانتظار: عملية الوصول، وتوزيع الخدمة، وعدد مراكز الخدمة، ويتم كتابتها على الشكل (**A/S/C**) [xvii]

وفي عام 1966 أضاف (**A. M. LEE**) الرمزين (**D/E**) وبعد ذلك أضيف الرمز (**F**) للدلالة على سعة مصدر الوحدات [xviii]، وعليه أصبحت نماذج صفوف الانتظار تصنف على هذا الشكل: (**D/E/F**) (**A/S/C**) حيث:

A: توزيع أوقات وصول متلقي الخدمة لمراكز الخدمة.

S: توزيع أوقات الخدمة.

C: عدد مراكز الخدمة.

D: تشير إلى نظام تقديم الخدمة (**FCFS,LCFS**) .

E: تشير إلى قدرة النظام على أداء الخدمة.

F: تشير إلى مصدر قدوم متلقي الخدمة.

ويمكن أن نعبر عن الرمزين (**A**/**S**) حسب نوع التوزيع المناسب الذي يتبعه زمن الوصول وزمن الخدمة فيعبر بالرمز:

(**M**)عن توزيع بواسون إذا كان زمن الوصول عشوائيّاً متقطعاً بمعدل متوسط ثابت قدره **Λ** لكل وحدة زمنية.

(**M**)عن التوزيع الأسي إذا كان زمن الخدمة عشوائيّاً متصلاً بمتوسط زمني يساوي $\frac{1}{\lambda}$

(**D**) إذا كان زمن الوصول وزمن الخدمة ثابتاً.

(**EK**) إذا كان الفاصل الزمني بين عملية الوصول وزمن الخدمة يتبع لتوزيع إيرلانك (**ERLANG**).

(**GI**) يشير إلى أن توزيع عملية الوصول تتبع التوزيع المستقل العام.

(**G**) يشير إلى أن توزيع زمن الخدمة يتبع التوزيع المستقل العام.

وسنتناول بعضا من هذه النماذج فيما يلي:

أولاً: نماذج صفوف الانتظار ذات القناة الواحدة

1- النموذج (**FCFS**/∞/∞) :(**M**/**M**/1) xix

يعتبر هذا النموذج من أبسط نماذج صفوف الانتظار، ويكون معدل الوصول للوافدين متلقي الخدمة –وفقًا لهذا النموذج–تابعا لتوزيع بواسون، ويقدر بـ (**Λ**) لكل وحدة زمنية، وأوقات الخدمة موزعة على أساس التوزيع الأسي، وتقدر بـ (**M**)، وهناك مركز خدمة واحد، وتتم الخدمة وفقًا لـ**FCFS** ، وقدرة النظام غير محدودة، ومصدر القادمين متلقي الخدمة غير منته، ويشترط لتطبيق هذا النموذج أن تكون $\mathbf{M} > \lambda$ وإلا سيكون الصف في تزايد غير متناه، ويمكن تصور هذا النموذج في ورش تصليح السيارات عندما تحتوي على مركز واحد لتقديم الخدمة.

ونستطيع حساب مقاييس الأداء لهذا النموذج وفقا للمؤشرات التالية:

- احتمال أن يكـون النظـــام مشغـولاً: $P = \frac{\lambda}{\mu}$
- احتمال أن يكـون النظام غير مشغـول: $P_0 = 1 - \frac{\lambda}{\mu}$
- احتمال وجود **N** وحدة في النظام: $P_n = \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n P_0 = \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n \left(1 - \frac{\lambda}{\mu}\right)$
- احتمال عدد الوحدات الموجودة في النظام: $L_s = \frac{\lambda}{\mu-\lambda} = \frac{\rho}{1-\rho}$
- احتمال عدد الوحدات الموجودة في الصف: $L_q = \frac{\lambda^2}{\mu(\mu-\lambda)}$
- متوسط وقت الانتظار المتوقع في النظام: $W_s = \frac{L_s}{\lambda} = \frac{1}{\mu-\lambda}$

- متوسط وقت الانتظار المتوقع في الصف: $W_q = \frac{L_q}{\lambda} = \frac{\lambda}{\mu(\mu-\lambda}$

ثانياً: نماذج صفوف الانتظار ذات القنوات المتعددة xx

1- النموذج (**FCFS**/∞/∞) :(**M**/**M**/**C**)

يختص هذا النموذج بأن معدل الوصول للوافدين متلقي الخدمة يتبع توزيع بواسون بمعدل وصول (**Λ**)، وأوقات الخدمة خاضعة للتوزيع الأسي بمعدل (**M**) لكل مركز خدمة، ويوجد أكثر من مركز خدمة واحد على التوازي **C**، وتتم الخدمة وفقًا لـ(**FCFS**)، وقدرة النظام غير محدودة، ومصدر القادمين متلقي الخدمة غير منتهٍ، ويشترط لتطبيق هذا النموذج أن تكون $\lambda < \mu C$ ، ويعد هذا النموذج أكثر تعقيدا من النموذج ذي القناة الواحدة.

وفي ظل وجود **C** من مراكز الخدمة فإنه لاحتمال وجود n ثلاث حالات كما ذكرهاxxi:

فعندما تكون $n < C$ فهذا يعني أنه لا يوجد صف انتظار فتكون $P_n = \frac{\lambda}{\mu} P_{n-1}$ وعندما تكون $1 \le n \le C-1$ وهذا يعني أن كل المراكز تكون مشغولة، ويشترط أن تكون $\lambda \le C\mu$ ، وعليه فتكون

$$P_n = P_0 \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n \left(\frac{1}{n!}\right)$$

.

وعندما تكون $n \ge C$ فهذا يعني أن كل المراكز تكون مشغولة، وما يزيد عن عدد مراكز الخدمة يبقى في صف انتظار ينتظر دوره، ويشترط أن تكون $\lambda \le C\mu$ ، وعليه فتكون

$$P_n = P_0 \left(\frac{1}{C!}\right) \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n \left(\frac{1}{C^{n-C}}\right)$$

وعليه يتم حساب هذا النموذج وفقا للمؤشرات التالية:

- احتمال أن يكـون النظـــام مشغـولاً: $P = \frac{\lambda}{\mu C}$
- احتمال أن يكـون النظام غير مشغـول: $P_0 = \frac{1}{\sum_{n=0}^{c-1} \frac{(\lambda/\mu)^n}{n!} + \frac{(\lambda/\mu)^n}{c!\left(1-\frac{\lambda}{\mu c}\right)}}$
- احتمال وجود **N** وحدة في النظام: $P_n = \begin{cases} \frac{(\lambda/\mu)^n}{n!} P_0 & n \le C \\ \frac{(\lambda/\mu)^n}{c!c^{n-c}} P_0 & n \ge C \end{cases}$
- احتمال عدد الوحدات الموجودة في النظام: $L_s = L_q + \frac{\lambda}{\mu}$

- احتمال عدد الوحدات الموجودة في الصف: $$L_q = L_s - \frac{\lambda}{\mu}$$

- متوسط وقت الانتظار المتوقع في النظام: $$W_s = \frac{L_s}{\lambda} = \frac{1}{\mu} + \frac{(\lambda/\mu)^c}{\mu c!(1-\frac{\lambda}{\mu c})^2}$$

- متوسط وقت الانتظار المتوقع في الصف: $$W_q = \frac{L_q}{\lambda} = W_s - \frac{1}{\mu}$$

جودة الخدمات

تعريف الخدمة

توجد العديد من التعريفات التي حاولت وصف الخدمة في مختلف الأدبيات، نوجز منها ما يلي:

عرف **CHRISTOPHER, & WRIGHTxxii** جودة الخدمة بأنها " درجة الرضا التي يمكن أن تحققها الخدمة للمستفيدين والزبائن عن طريق إشباع وتلبية حاجاتهم ورغباتهم وتوقعاتهم"، وعرفت الجمعية الأمريكية الخدمة بأنها " النشاطات أو المنافع التي تعرض للبيع، أو التي تعرض لارتباطها بسلعة معينة"xxiii، وعرفت الخدمة بأنها " مجموعة من المنافع ذات طبيعة غير ملموسة، قد ترتبط بمنتج ملموس، أو لا ترتبط به، تستهلك عند وقت إنتاجها، وتهدف أساسا إلى إشباع حاجات ورغبات الزبائن "xxiv، وتعرف منظمة الأيزو الخدمة بأنها " تعبر عن النتائج المتولدة من خلال النشاطات المتعلقة بالتفاعل بين المورد والزبون أو عن طريق النشاطات الداخلية للمورد بهدف التقاء احتياجات الزبون".xxv

جودة الخدمة

ويقصد بجودة الخدمة: " جودة الخدمات المقدمة سواء أكانت المتوقعة أم المدركة، أي التي يتوقعها الزبائن أو التي يدركونها في الواقع العملي، وهي المحدد الرئيسي لرضا المستهلك أو عدم رضاه، وتعتبر في الوقت نفسه من الأولويات الرئيسية للمؤسسات التي تريد تعزيز مستوى النوعية في خدماتها ".

يشير هذا التعريف إلى ثلاث نقاط رئيسيةxxvi هي:

1- ترتيب مستويات جودة المنتج الخدمي إلى ثلاث مراتب، هي:

- جودة الخدمة المتوقعة، وتعرف على أنها: " تمثل توقعات المستهلك لمستوى جودة الخدمة المقدمة، وتعتمد على احتياجات المستهلك وخبراته وتجاربه السابقة وثقافته واتصاله بالآخرين".
- جودة الخدمة الفعلية، وتمثل في المستوى الفعلي لأداء الخدمة، فهي الجودة التي يشعر بها المستهلك أثناء تجربة حصوله الفعلي على الخدمة.
- جودة الخدمة المدركة، وهي الجودة التي يدركها المستهلك عند قيامه بالمقارنة بين الجودة المتوقعة والجودة المدركة.

2- تعتبر جودة الخدمة المقدمة من أهم العوامل المؤثرة على درجة رضا المستهلك.

3- تعد جودة الخدمة المقدمة مؤشرا تنافسيا مهما تعتمد عليه المنظمات في تدعيم مركزها التنافسي.

الدراسة الميدانية

نبذة تاريخية عن المنطقة الحرة بمصراتة والميناء التابع لها

أولاً: تعريف بالمنطقة الحرة بمصراتة

المنطقة الحرة بمصراتة هي منطقة جغرافية محررة من كافة القيود الضريبية والجمركية والتجارية والنقدية وغيرها، باستثناء ما يتعلق منها بالعقيدة والأمن الوطني والقومي والصحة وحماية البيئة. تأسست سنة 2000 على مساحة 539 3هكتاراً، شاملة ميناء مصراتة البحري مع توسعات مستقبلية تصل إلى مساحة (20000) هكتار مقسمة إلى موقعين: الأول: (539) هكتاراً شاملا ميناء مصراتة البحري، والثاني: (3000) هكتار، ويبعد مسافة 8 كلم عن الموقع الأول، كما تعتبر المناطق الحرة من المشاريع الاقتصادية التي لها عائد تجاري ومردود اقتصادي واجتماعي إيجابي، يرتكز في محصلته على نمو متوسط دخل الفرد، وتحسين الحياة المعيشية للمواطن التي هي الهدف النهائي لأي نشاط اقتصادي داخل منظومة التنمية، وهي تعتبر كغيرها من المشاريع الاقتصادية الأخرى التي تعود بالنفع على الاقتصاد الوطني، كتخفيف القيود الجمركية على حركة التجارة، وتقليل معوقات انتقال رؤوس الأموال، وانتشار بعض الصناعات التي تقوم على التصدير إلى الخارج، وتوفير فرص العمل للعمالة المحلية، وزيادة حصيلة الدولة من النقد الأجنبي، وزيادة صادرات الدولة إلى الخارج، وتعظيم دور الموانئ والمطارات، واستقدام تكنولوجيا متطورة في كل المجالات، وتدريب العمالة الوطنية عليها، ومنها ما يتعلق بالعائد على المستثمرين والمشروعات كاستفادة رؤوس الأموال المستثمرة والمشروعات من الإعفاءات الجمركية والضريبية، والاستفادة من البنية الأساسية التي تقوم الدولة بتوفيرها لهذه المشروعات في المناطق الحرة، وتقليل تكاليف وأسعار المنتجات، وتسويق إنتاج المشروعات في أسواق الدول المجاورة.[xxvii]

ثانياً: تعريف بميناء المنطقة الحرة بمصراتة

عرف ميناء المنطقة البحري منذ أقدم العصور مرفأً من المرافئ الطبيعية التي استخدمها الفينيقيون في الساحل الغربي من ليبيا، ابتداء من القرن العاشر قبل الميلاد لمميزاته الطبيعية، وقد لعب دورا فعالا في حركة التبادل التجاري منذ القدم، حيث أنشئ عام 1978م وفقا لخطة مدروسة روعي فيها أحدث أساليب إنشاء الموانئ، بهدف تقديم أفضل الخدمات البحرية بما يساهم بشكل كبير في زيادة حركة التبادل التجاري، وصنف أحداً من أفضل الموانئ بليبيا، وأصبح مقصدا لكثير من خطوط النقل البحرية العالمية. وقد صدر قرار من الدولة عام 2006م بضم الميناء بجميع مراحله إلى المنطقة الحرة بمصراتة؛ لتتم إدارته من قبل إدارة المنطقة الحرة. [xxviii]

الدراسة الإحصائية لزمن وصول وخدمة السفن بميناء المنطقة الحرة بمصراتة

الدراسة الإحصائية لزمن وصول السفن بميناء المنطقة الحرة بمصراتة

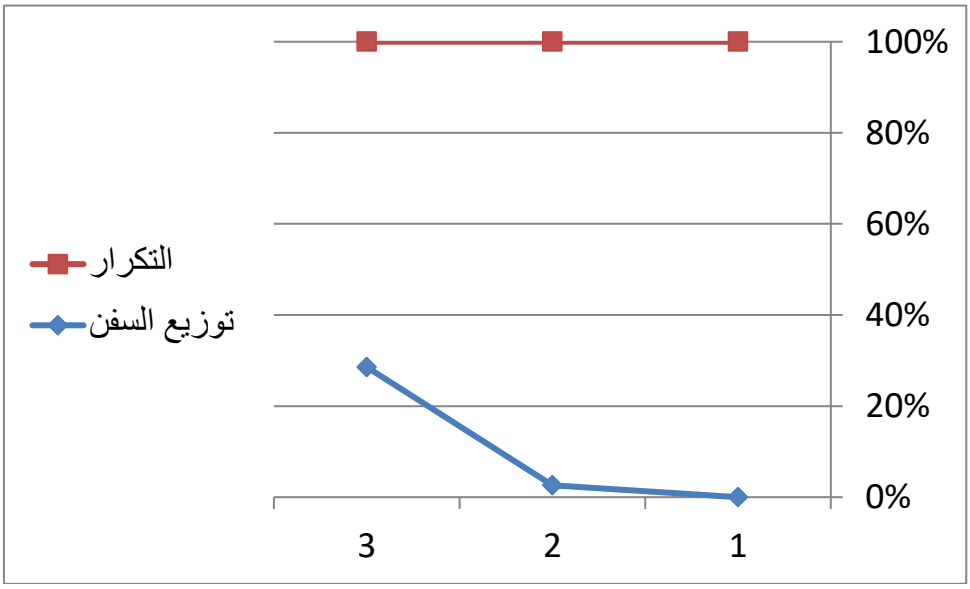
لكي ندرس هذه الظاهرة فإننا سنستخدم نظرية الاحتمالات لمعرفة معدل تكرار وصول السفن خلال مدة معينة، وللوصول إلى هذه البيانات قمنا بدراسة إحصائية يومية تقدر بـ (183) يوما، لسفن البضائع العامة.

جدول رقم (1) توزيع وصول سفن البضائع العامة

عدد سفن البضائع العامة القادمة في اليوم	التكرارات المشاهدة بالأيام	مجموع السفن
0	**141**	**0**
1	**37**	**37**
2	**5**	**10**
المجموع	**183**	**47**

الجدول: من إعداد الباحث

شكل(4) يبين عملية تكرار سفن البضائع العامة



المصدر: من إعداد الباحث بناء على الجدول السابق

من خلال الجدول السابق نستطيع إيجاد معدل وصول سفن البضائع العامة عن طريق الوسط الحسابي، ونرمز له بالرمز (**Λ**)، والذي يحسب بالعلاقة التالية:

$$\lambda = \frac{f0_1X_1 + f0_2X_2 + \cdots + f0_kX_k}{\sum_{i=1}^{3} f0} = \frac{\sum_{i=1}^{3} f0_iX_i}{\sum_{i=1}^{3} f0}$$

حيث إن: f_0 = التكرارات المشاهدة بالأيام.

X= عدد السفن القادمة في اليوم.

$$\lambda = \frac{(0*141)+(1*37)+(2*5)}{183} = \frac{47}{183} = 0.257$$

وبعد تحصيل معدل الوصول للسفن، نقوم بتحديد نوع التوزيع الاحتمالي لوصول السفن، وذلك باستخدام توزيع مربع كاي للمقارنة بين التكرارات المشاهدة والتكرارات النظرية، وبالاستعانة بتوزيع بواسون الذي يعنى بحدوث الظواهر في فترات زمنية محددة وزمن عشوائي متقطع، وعليه نفرض الفرضيتين التاليتين:

- **H0** يتبع وصول السفن توزيع بواسون
- **H1** لا يتبع وصول السفن توزيع بواسون

ويعبر عن مربع كاي بالعلاقة التالية:

$$k^2 = \sum_{i=0}^{n} \frac{f0(i) - ft(i)}{ft(i)}$$

حيث إن: f_0 = التكرارات المشاهدة.

ft = التكرارات المطلقة النظرية.

ونستخرج التكرارات المطلقة النظرية باستخدام قانون بواسون وضرب الناتج في مجموع التكرارات المشاهدة:

$$p\langle X = x\rangle = \begin{cases} \frac{e^{-\lambda}\lambda^{x}}{x!} \\ 0 \end{cases}$$

ونعبر عنها بالعلاقة التالية:

$$p\langle X = 0\rangle = e^{-0.257}\ \frac{0.257^{0}}{1} = 0.773368213 * 183 = 141.5$$

$$p\langle X = 1\rangle = e^{-0.257}\ \frac{0.257^{1}}{1} = 0.19875563 * 183 = 36.4$$

$$p\langle X = 2\rangle = e^{-0.257}\ \frac{0.257^{2}}{2} = 0.025540098 * 183 = 4.7$$

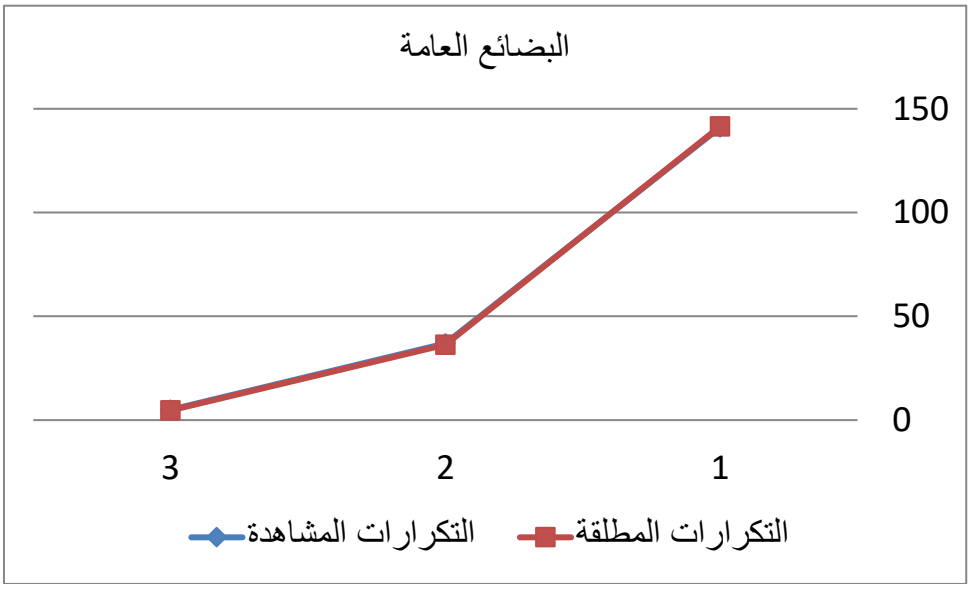
وكانت النتائج حسب الجدول التالي:

جدول رقم (2) حساب مجموع الفروق التربيعية (توزيع مربع كاي **K2**) لوصول سفن البضائع

عدد سفن البضائع العامة القادمة في اليوم	إجمالي عدد التكرارات المشاهدة للسفن **FOBS(I)**	التكرارات المطلقة النظرية **FTH(I)**	**(FOBS(I)–FTH(I))2**	**X2**
0	**141**	**141.50**	**0.25**	**0.001766784**
1	**37**	**36.40**	**0.36**	**0.00989011**
2	**5**	**4.70**	**0.09**	**0.019148936**
المجموع	**183**	**182.6**	**0.7**	**0.030805831**

الجدول: من إعداد الباحث

شكل(5) يبين التكرارات المشاهدة والنظرية



المصدر: من إعداد الباحث بناء على الجدول السابق

يتبين من المنحنى تقارب التكرارات النظرية المطلقة من التكرارات المشاهدة، وهذا يدل على أن وصول سفن البضائع العامة قريب من توزيع بواسون، ولإثبات ذلك، نقارن بين قيمة كاي المحسوبة التي تحصلنا عليها، وبين قيمة كاي الجدولية، وللوصول إلى ذلك نحسب أولا درجة الحرية.

حساب درجة الحرية = **V= C–M–1**

حيث إن: **C**= عدد المتغيرات (خلايا الجدول العمودية من (0) إلى (3)).

M= عدد معالم القانون

درجة الحرية 3–1–1= 1

قيمة مربع كاي المحسوبة = **0.031** k^2

قيمة مربع كاي الجدولية = **3.84** $0.05k^2$

يتبين أن قيمة مربع كاي الجدولية = 3.84، وهي أكبر من قيمة مربع كاي المحسوبة = **0.031** عليه فإننا نقبل الفرضية **H0**، وهي أن وصول سفن البضائع العامة يخضع إلى توزيع بواسون بمعلمة 0.257=**Λ** ، وذلك عند مستوى المعنوية 5%.

الدراسة الإحصائية لزمن خدمة السفن بميناء المنطقة الحرة بمصراتة

من أجل معرفة متوسط زمن الخدمة للسفن قمنا بمتابعة يومية لإجمالي عدد السفن، وهو (**47**) سفينة خلال فترة المشاهدة (183 يوماً) وتم رصد زمن الخدمة لكل سفينة على حدة، ولمعرفة التوزيع الاحتمالي الذي تخضع له أزمنة أداء الخدمة ، فإننا سنتبع الخطوات التي قمنا بها سابقا لمعرفة زمن الوصول، ولحصر زمن تقديم الخدمة للسفن قد اعتمدنا بداية الخدمة من بداية صعود المرشد للسفينة ليقوم بعملية الإرشاد لإدخال السفينة، إلى حين انتهاء الخدمة المقدمة للسفينة، ومن ثم صعود المرشد لإخراج السفينة ونزوله منها بعد عبورها الممر الملاحي.

من أجل تحديد طول الفئة ومركز الفئة وعدد الفئات نتبع طريقة **STURGES**

ويتم التعبير عنها بالعلاقة التالية: $K = 1 + 3{,}322 \log_{10}(n)$

حيث إن: K = عدد الفئات

n = عدد المشاهدات

وبالتعويض في العلاقة نجد أن:

$$K = 1 + 3{,}322 \log_{10}(47)$$
$$K = 6.6 \cong 7$$

ولإيجاد طول الفئة **P** نقوم بقسمة مدى العينة على قيمة K عدد الفئات

$$\rho = \frac{426.12 - 10.20}{7} \cong 59$$

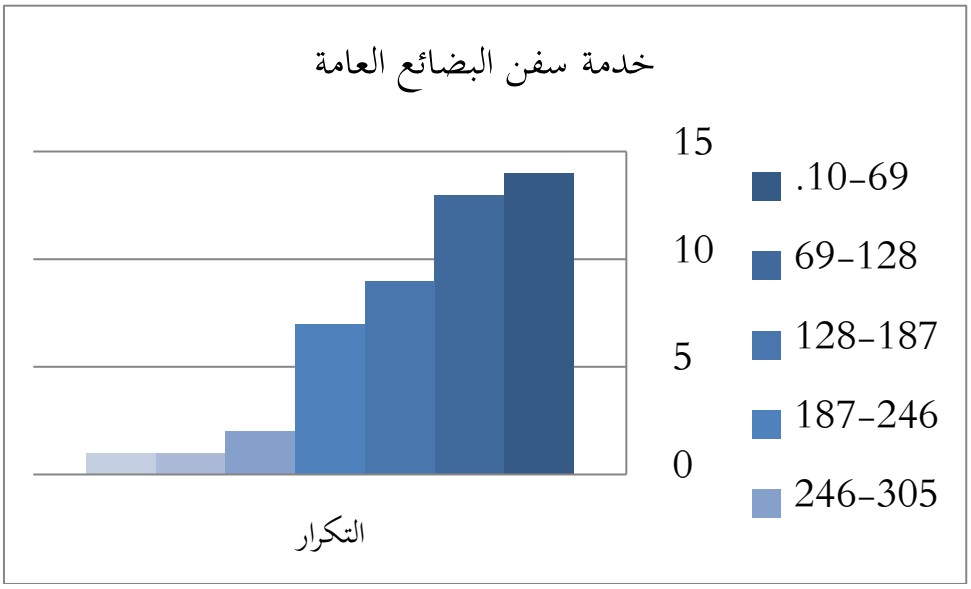
مما سبق يتبين أنه لدينا 7 فئات بطول 59 ساعة للفئة الواحدة.

جدول رقم (3) توزيع زمن خدمة سفن البضائع العامة لعدد (47سفينة)

زمن الخدمة بالساعات	التكرارات المشاهدة عدد السفن
69–10	**14**
128–69	**13**
187–128	**9**
246–187	**7**
305–246	**2**
364–305	**1**
423–364	**1**
المجموع	**47**

الجدول: من إعداد الباحث وفقا لمعاينة أزمنة الخدمة لسفن البضائع العامة

شكل(6) يبين تكرار خدمات سفن البضائع العامة



المصدر: من إعداد الباحث بناء على الجدول السابق

يتبين من المنحنى أن معظم أزمنة خدمة سفن البضائع العامة تتراوح ما بين 10 ساعات و187 ساعة، وبنسبة بلغت 77% مقارنة مع باقي الفترات، أي إن غالبية السفن المشاهدة يتراوح زمن خدمتها من 10 ساعات إلى 7.8 بالأيام.

ومما سبق نستطيع إيجاد معدل أو متوسط زمن خدمة سفن البضائع العامة عن طريق الوسط الحسابي، ونرمز له بالرمز (α)، والذي يحسب بالعلاقة التالية:

$$\alpha = \frac{\sum_{i=1}^{7} f0_i t_i}{\sum_{i=1}^{7} f0}$$

حيث إن: α = معدل زمن الخدمة

$f0$ = التكرارات المشاهدة للفئة i.

t_i = مركز الفئة i، ويتم استخراجه عن طريق المعادلة:

$$t_i = \frac{\text{الحد الأول للفئة} + \text{الحد الثاني للفئة}}{2}$$

جدول رقم (4) حساب معدل زمن خدمة سفن البضائع العامة

$f0 * t$	التكرارات المشاهدة (عدد السفن) ($f0$)	زمن الخدمة بالساعات	
		مركز الفئة (t)	الفئات
553	14	39.5	69–10
1281	13	98.5	128–69
1418	9	157.5	187–128
1516	7	216.5	246–187
551	2	275.5	305–246
334.5	1	334.5	364–305
393.5	1	393.5	423–364
6046	47	المجموع	

الجدول: من إعداد الباحث

من خلال الجدول نجد أن:

$$\alpha = \frac{\sum_{i=1}^{7} f0_i t_i}{\sum_{i=1}^{7} f0}$$

$$\alpha = \frac{6046}{47} = 128.6$$

إذن معدل خدمة سفن البضائع العامة $\alpha = 128.6$

ومنه نجد معلمة التوزيع الأسي (μ) وهي تساوي مقلوب معدل الخدمة:

$$\mu = \frac{1}{\alpha} = \frac{1}{128.6} = 0.0078$$

وبعد تحصيل معدل الخدمة لسفن البضائع العامة α، وتحصيل معلمة التوزيع الأسي (μ) نقوم بتحديد نوع التوزيع الاحتمالي لهذه الخدمة، وذلك بحساب توزيع مربع كاي للمقارنة بين التكرارات المشاهدة والتكرارات النظرية باستخدام التوزيع الأسي؛ وعليه نفرض الفرضيتين التاليتين:

- **H0** يتبع توزيع خدمة سفن البضائع العامة التوزيع الأسي
- **H1** لا يتبع توزيع خدمة سفن البضائع العامة التوزيع الأسي

ونستخرج التكرارات المطلقة النظرية باستخدام العلاقة التالية:

$$f(x) = \begin{cases} \mu e^{-\mu x} & , x \geq 0 \\ 0 & , x < 0 \end{cases}$$

ومنه يتم استخراج الاحتمال التالي:

$$p\langle X \leq x\rangle = \int_0^x \mu e^{-\mu x}\ dx = 1 - e^{-\mu x} \quad , x \geq 0$$

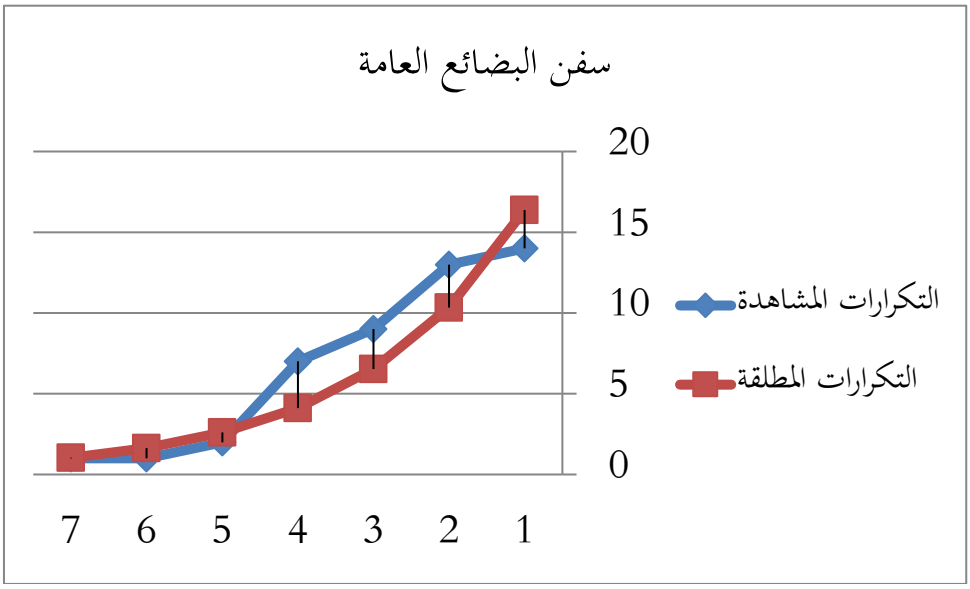
وعليه نستخرج النتائج في الجدول التالي:

جدول رقم (5) حساب مجموع الفروق التربيعية (توزيع مربع كاي **K2**) لزمن خدمة سفن البضائع العامة

زمن الخدمة بالساعات		التكرارات المشاهدة عدد السفن(**F0**)	التكرارات النظرية المطلقة (**I**) **FTH**	**(FTH(I)–FOBS(I))2**	**X2**
الفئات	مركز الفئة (**T**)				
50–10	**17**	**14**	**16.3760**	**5.645223937**	**0.34473**
90–50	**35**	**13**	**10.335821**	**7.09785081**	**0.68672**
130–90	**53**	**9**	**6.523531**	**6.132897717**	**0.94012**
170–130	**71**	**7**	**4.11737**	**8.309539574**	**2.01817**
210–170	**89**	**2**	**2.598711**	**0.358455293**	**0.13794**
250–210	**107**	**1**	**1.640194**	**0.409847845**	**0.24988**
290–250	**125**	**1**	**1.035222**	**0.001240572**	**0.00120**
المجموع		**47**			**4.38**

الجدول: من إعداد الباحث

شكل(7) يبين التكرارات المشاهدة والنظرية لخدمة سفن البضائع العامة



المصدر: من إعداد الباحث بناء على الجدول السابق

يتبين من المنحنى تقارب التكرارات النظرية المطلقة من التكرارات المشاهدة، وهذا يدل على أن أزمنة الخدمة لسفن البضائع العامة قريبة من التوزيع الأسي، ولإثبات ذلك، نقارن بين قيمة كاي المحسوبة التي تحصلنا عليها، وبين قيمة كاي الجدولية، وللوصول إلى ذلك نحسب أولا درجة الحرية.

حساب درجة الحرية = **V= C–M–1**

حيث إن: **C** = عدد المتغيرات (خلايا الجدول العمودية).

M= عدد معالم القانون

درجة الحرية 7–1–1= 5

قيمة مربع كاي المحسوبة = **4.38** k^2

قيمة مربع كاي الجدولية = **11.07** $0.05k^2$

يتبين أن قيمة مربع كاي الجدولية = 11.07، وهي أكبر من قيمة مربع كاي المحسوبة = **4.38** عليه، فإننا نقبل الفرضية **H0**، وهي أن توزيع خدمة سفن البضائع العامة يخضع إلى التوزيع الأسي بمعلمة **Λ=**0.0078 ، وذلك عند مستوى المعنوية 5%.

تحديد النماذج للسفن وحساب التكاليف وتقييم البدائل

تحديد نماذج صفوف الانتظار للسفن

بعد استكمال الدراسة الإحصائية لزمن وصول السفن لميناء المنطقة الحرة بمصراتة والدراسة الإحصائية لزمن الخدمة، واستخراج معدل الوصول (**Λ**)، ومعدل الخدمة (**μ**) للسفن، نأتي على باقي خصائص النموذج، فإن عدد السفن يعتبر غير معروف وغير متناهٍ، وقدرة النظام غير محدودة، ونمط تقديم الخدمة هو (القادم أولا يتلقى الخدمة أولا)، بالتالي يكون النموذج كما يلي:

(**M**/**M**/3):(**FCFS**/∞/∞)

نقوم بتحليل النموذج بالاستعانة ببرنامج **WINDOWS QUANTITATIVE SYSTEM FOR BUSINESS (WINQSB)**[xxix] لحساب مقاييس الأداء، ولمحاكاة نظام صف الانتظار وباقي المؤشرات الأخرى.

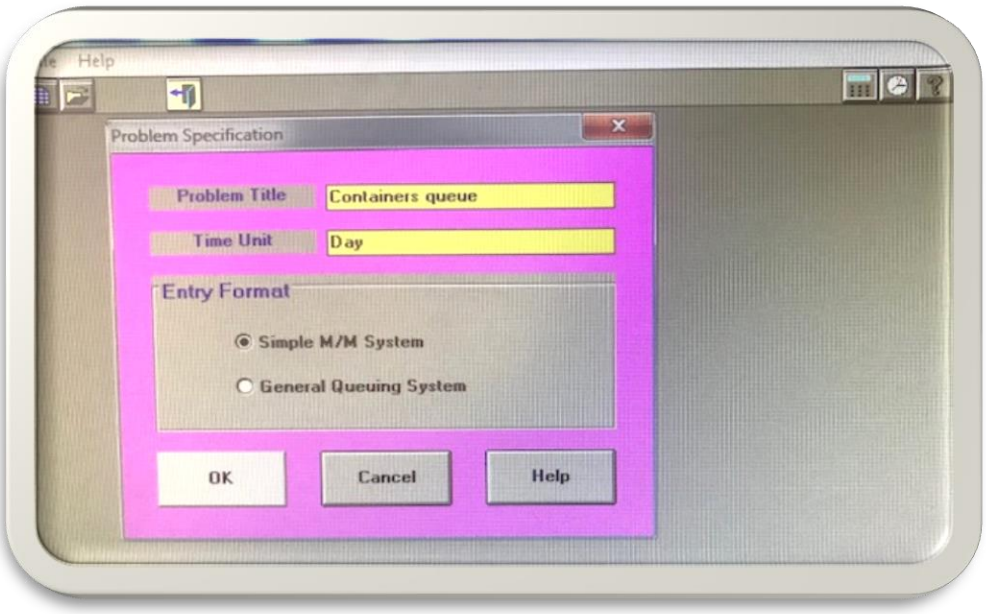
نبذة عن برنامج (**WINQSB**) (قائمة المساعدة (**HELP MENU**) من برنامج (**WINQSB**))

يعرف برنامج (**WINQSB**) بأنه: النظام الكمي للأعمال، ويقوم بإعطاء الحل والتحليل للعديد من الأساليب الرياضية في بحوث العمليات عن طريق المتغيرات المدخلة، بما فيها نماذج صفوف الانتظار وغيرها. ويتمثل الحل في محاكاة النمذجة للحصول على قياسات ومؤشرات أداء نظام الطابور، وذلك من أجل التوصل لتحليل النظام.

مقاييس الأداء

نقوم بتشغيل البرنامج، ونختار الأيقونة (**QUEUING ANALYSIS**) (تحليل قائمة الانتظار) من قائمة أوامر البرنامج، ومن أعلى البرنامج على جهة اليسار نختار الأمر (**FILE**) (ملف)، ونختار **PROBLEM** (**NEW**) (إدخال مشكلة جديدة)، سيقوم البرنامج بإظهار نافذة المواصفات ثم ندخل عنوان المشكلة في خانة (**PROBLEM TITLE**)، وندخل الوحدة الزمنية لوصف نظام الصف في خانة (**TIME UNIT**)، وهنا نختارها باليوم، ثم ننقر فوق تنسيق الإدخال التالي: نظام **M/M** البسيط (**SIMPLE M/M SYSTEM**)، ثم نقوم بالنقر على الأمر(**OK**) كما هو موضح بالشكل التالي:

لوحة رقم (1) تبين واجهة المستخدم في برنامج (**WINQSB**)

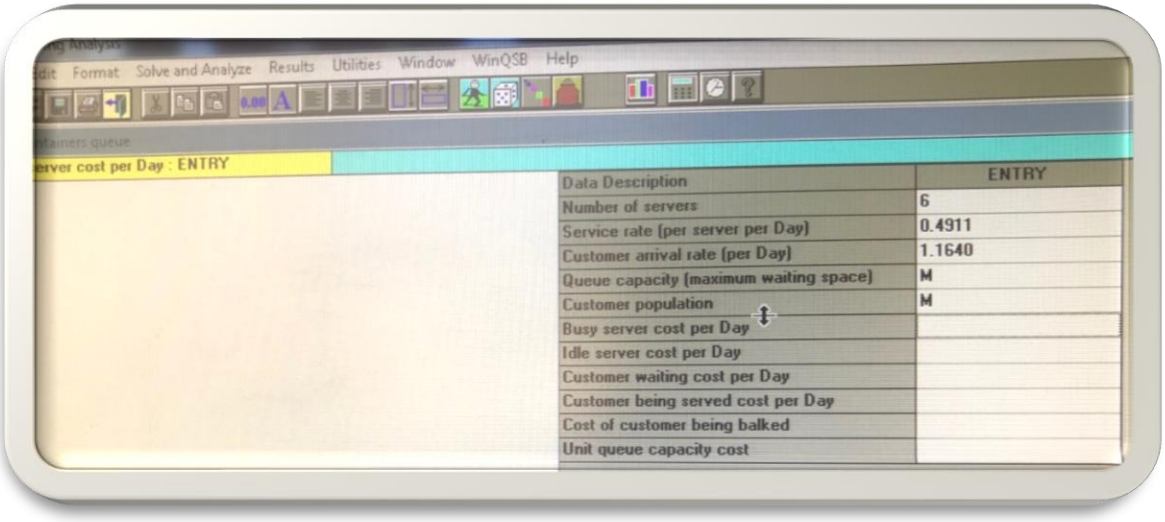


المصدر: من إعداد الباحث عن طريق برنامج (**WINQSB**)

بعدها يقوم البرنامج بفتح نافذة جديدة ندخل فيها معلمات قائمة الانتظار في عمود "الإدخال" كما تم التوصل لها في الجانب التحليلي، وهي أن وقت الوصول يتبع توزيع بواسون بمعدل وصول (**Λ**)، وأوقات الخدمة خاضعة للتوزيع الأسي بمعدل (**M**)،

ونقوم بتوحيد وحدة الزمن بين زمن الوصول وزمن الخدمة، وذلك بضرب زمن الخدمة في (24 ساعة) للتوصل إلى زمن معدل الخدمة باليوم كما هو موضح بالشكل التالي:

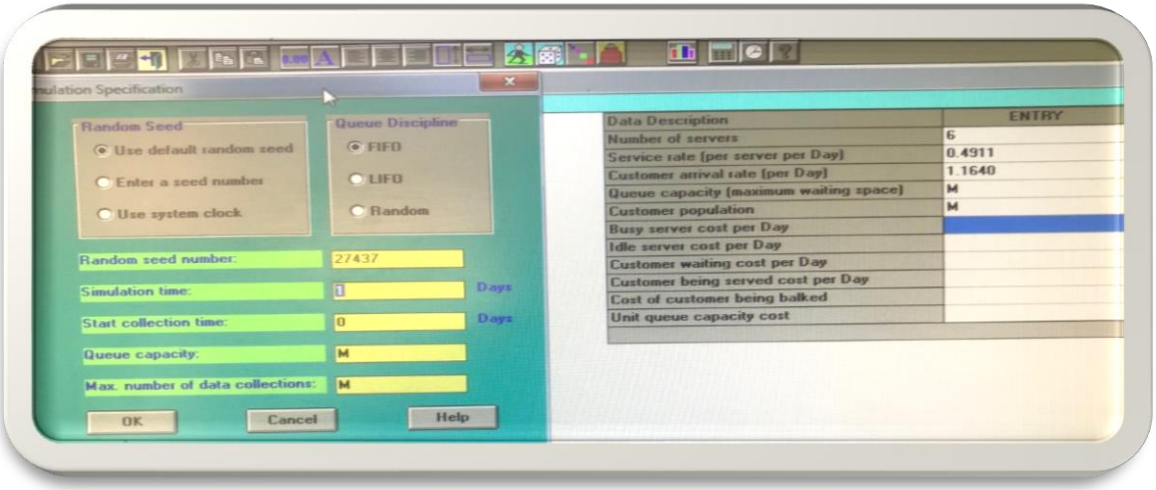
لوحة رقم (2) تبين معلمات قائمة الانتظار



المصدر: من إعداد الباحث عن طريق برنامج (**WINQSB**)

ومن خلال الأمر (**SOLVE AND ANALYSIS**)، ثم (**SIMULATE THE SYSTEM**)، نقوم بإجراء محاكاة لمدة يوم من خلال الخانة (**SIMULATION TIME**)، كما هو موضح بالشكل التالي:

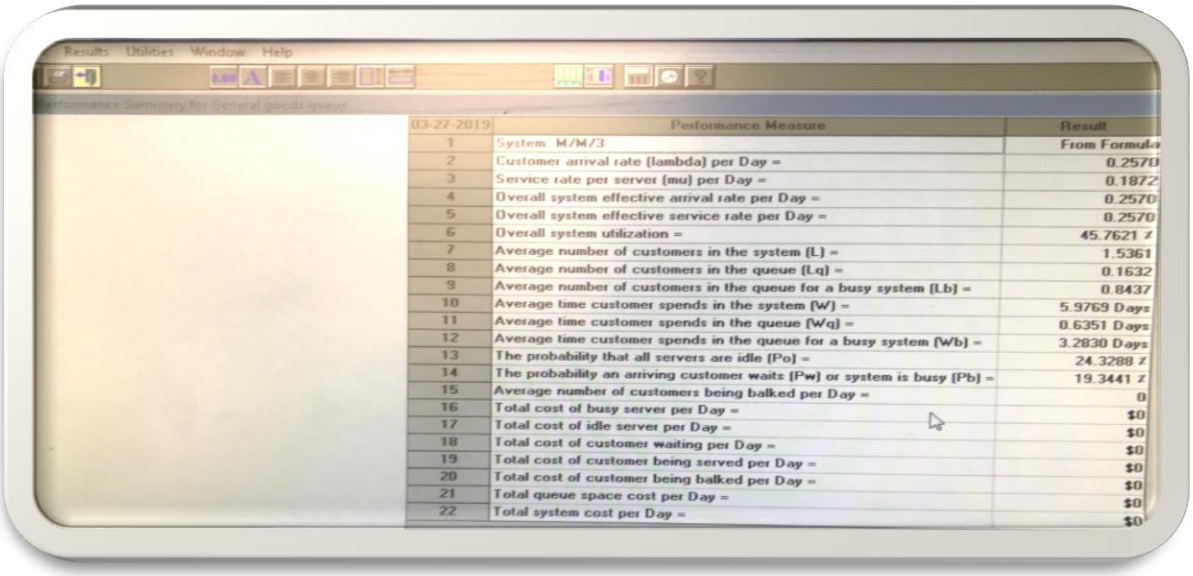
لوحة رقم (3) تبين المحاكاة لمدة يوم



المصدر: من إعداد الباحث عن طريق برنامج (**WINQSB**)

ثم نقوم بالنقر على الأمر(**OK**) فيتم حساب المؤشرات كما هو موضح بالشكل التالي:

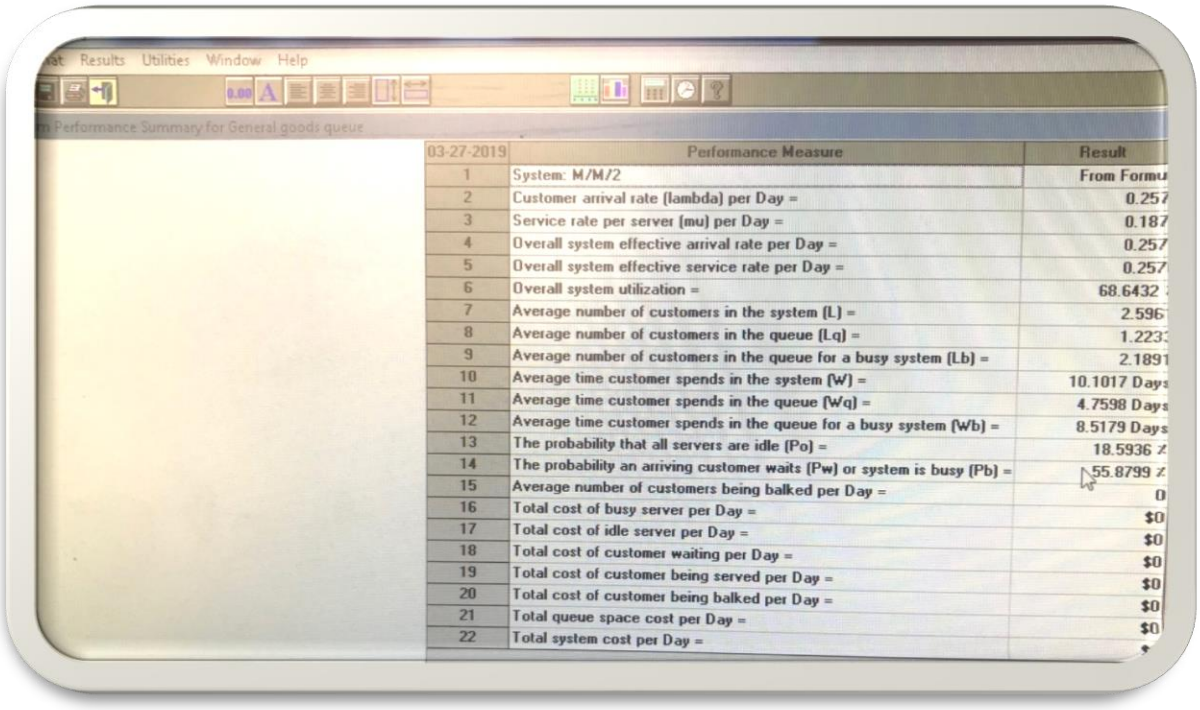
لوحة رقم (4) تبين حساب مؤشرات الأداء لسفن البضائع العامة



المصدر: من إعداد الباحث عن طريق برنامج (**WINQSB**)

نجد أن نسبة احتمال أن يكـون النظـــام مشغـولاً هو: $P = 45.76$ ، أي إن نسبة $\%45.76$ من الوقت تكون فيه أرصفة سفن البضائع العامة مشغولة بالخدمة، واحتمال أن يكـون النظام غير مشغـول –وهو الوقت الذي يكون فيه الميناء من غير خدمة– هو: $P_0 = \%24.32$ ، واحتمال عدد السفن الموجودة في النظام هو: $L_s = 1.5361$، وهو يشمل عدد السفن في منطقة المخطاف التي تنتظر تلقي الخدمة وعدد السفن في الأرصفة، وعليه فإن احتمال عدد السفن الموجودة في الصف هو : $L_q = 0.1632$ ، وهو عدد السفن في منطقة المخطاف التي تنتظر تلقي الخدمة، ومتوسط وقت الانتظار المتوقع في النظام هو: $W_s = 5.9769$ ، أي إن الوقت الذي تبقى فيه سفينة البضائع العامة في الميناء من وصولها إلى منطقة المخطاف إلى حين مغادرتها بعد تلقي الخدمة هو: 5.9769=، 5 أيام و23 ساعة و27 دقيقة وهو يعتبر وقتاً طويلاً مقارنة بباقي السفن، وعليه، فإن متوسط وقت الانتظار المتوقع في الصف هو: $W_q = 0.0717$ يوم، وهو الزمن الذي تقضيه السفينة في تلقي الخدمة على الرصيف، وإذا ما افترضنا تقليل عدد الأرصفة إلى رصيفين، فإن النتيجة تكون كما يلي:

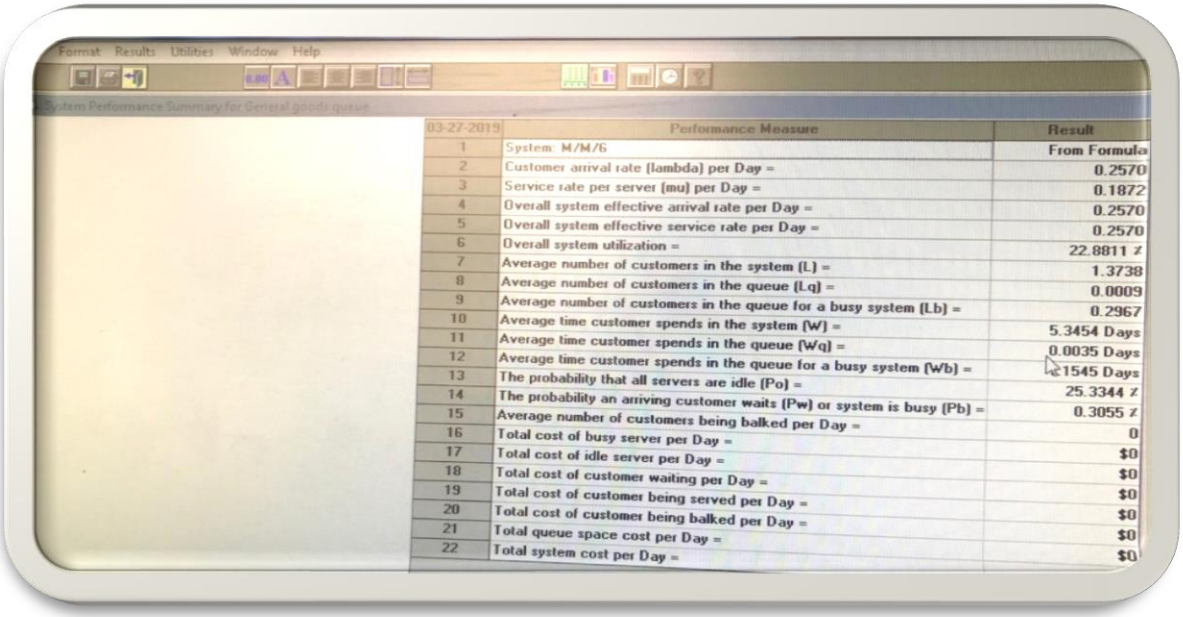
لوحة رقم (5) تبين افتراض تقليل عدد الأرصفة إلى رصيفين



المصدر: من إعداد الباحث عن طريق برنامج (**WINQSB**)

وإذا ما افترضنا زيادة عدد الأرصفة إلى ستة أرصفة، فإن النتيجة تكون كما يلي:

لوحة رقم (6) تبين افتراض زيادة عدد الأرصفة إلى ستة أرصفة



المصدر: من إعداد الباحث عن طريق برنامج (**WINQSB**)

وتكون المقارنة بين نتائج عدد الأرصفة في خدمة سفن البضائع العامة عن طريق الجدول التالي:

جدول رقم (6) يوضح المقارنة بين عدد الأرصفة في خدمة سفن البضائع العامة

مقاييس الأداء	الرمز	عدد الأرصفة		
		2	3	6
احتمال أن يكـون النظـــام مشغـولاً	P	68.64 %	45.76 %	22.88 %
احتمال أن يكـون النظام غير مشغـول	P0	18.59 %	24.32 %	25.33 %
احتمال عدد السفن الموجودة في النظام	LS	2.596 1	1.536 1	1.373 8
احتمال عدد السفن الموجودة في الصف	LQ	1.223 3	0.163 2	0.000 9
متوسط وقت الانتظار المتوقع في النظام(بالأيام)	WS	10.10 2	5.976 9	5.345 4
متوسط وقت الانتظار المتوقع في الصف(بالأيام)	WQ	4.759 8	0.635 1	0.003 5

الجدول: من إعداد الباحث بناء على مخرجات برنامج (**WINQSB**)

تفسير النتائج

من خلال الجدول السابق رقم (27.3) نلاحظ أنه كلما انخفض عدد أرصفة البضائع العامة من 3 إلى 2، زادت نسبة احتمال انشغال الأرصفة بالخدمة من (**45.76%**) إلى (**68.64%**)، وكلما زاد عدد الأرصفة إلى 6 أرصفة، انخفضت هذه النسبة إلى (**22.88%**)، أي إن الازدحام ينخفض بزيادة عدد الأرصفة، ومنه نستنتج أن وقت انتظار السفينة يقل بزيادة عدد الأرصفة، ونلاحظ من خلال الجدول أنه كلما انخفض عدد الأرصفة، انخفضت نسبة الوقت الذي يكون فيه الميناء من غير خدمة من (**24.32%**) إلى (**18.59%**)، وإذا زاد عدد الأرصفة، زادت هذه النسبة لتصل إلى (**25.33%**)، وهذا يعني أن فترات الراحة تنخفض بانخفاض هذه النسبة، ونلاحظ في حال انخفاض عدد الأرصفة ازدياد احتمال عدد السفن الموجودة في النظام من (**1.5361** سفينة) إلى (**2.5961** سفينة)، وفي حال ازدياد عدد الأرصفة، فإن العدد ينخفض إلى (**1.3738** سفينة)، ونلاحظ في حال انخفاض عدد الأرصفة أن متوسط وقت الانتظار في النظام يزداد من (**5.9769** يوم) إلى (**10.102** يوم)، وفي حال ازدياد عدد الأرصفة، فإن متوسط وقت الانتظار يقل إلى (**5.3454** يوم).

مما سبق نستنتج أن إضافة رصيف آخر لخدمة البضائع العامة سيؤدي إلى تقليل الازدحام، وبالتالي سيؤدي ذلك إلى تقليل زمن الانتظار، ومن ثم تتحسن باقي مؤشرات الأداء، وهذا يقودنا إلى تحسن جودة الخدمات التي ترضي متلقي الخدمة.

حساب التكاليف التشغيلية لأرصفة السفن

إن ما توصلنا إليه عبر تحليل النتائج السابقة للدراسة، والنتائج التي توصلنا إليها من خلال الدراسة –والتي من بينها أنه كلما زاد عدد الأرصفة فإن زمن الانتظار ينخفض–هو إمكانية الوصول إلى تحسين جودة الخدمات عن طريق تقليل زمن الانتظار، ولكن في الوقت ذاته لا يمكننا الوصول إلى اقتراح النموذج الأمثل إلا بعد دراسة التكلفة المالية الكلية بإضافة عدد من الأرصفة، وهذا ما ستناوله في هذه الجزئية.

أولا: حساب تكاليف الخدمة

للتوصل إلى حساب التكاليف الكلية، يتطلب ذلك أولا دراسة التكاليف المرتبطة بتقديم الخدمة، وهنا نعني بها التكاليف التي يتكبدها ميناء المنطقة الحرة بمصراتة لتشغيل الأرصفة لخدمة السفن، وقد تم دراستها والتوصل إلى قائمة من التكاليف يمكن الاستعانة بها لتكملة معادلة حساب التكاليف في نظرية صفوف الانتظار.

ثانيا: حساب تكاليف الانتظار

وما يتطلب دراسته ثانيا هي تكاليف الانتظار، وهي التكاليف الناتجة عن التأخر عن خدمة السفن، وبعد مقابلة مسؤولين بالإدارة المالية وإدارة الميناء والإدارة القانونية، والاطلاع على التشريعات ذات العلاقة بالميناء قيد الدراسة، تبين أن هذه التكلفة لا يتم تحميلها إذا كان التأخر عن خدمة السفن بسبب الميناء، ولعدم وجود ما يفيد تحمل هذه القيمة فعليّاً على إدارة الميناء، وكذلك عدم وجود ما يفيد قانونيا تحمل هذه القيمة، فإننا سنكتفي بما تم دراسته من التكاليف التشغيلية لخدمة أرصفة السفن كما يلي:

التكاليف التشغيلية اليومية لرصيف سفن البضائع العامة

جدول رقم (7) يبين التكاليف التشغيلية اليومية لرصيف سفن البضائع العامة

التكاليف التشغيلية اليومية لرصيف سفن البضائع العامة		
رم	البيان	القيمة
1	م. المرتبات والعلاوات	6,103.296
2	م.الفرق الإنتاجية	3,122.413
3	م. وقود قواطر	25.879
4	م. زيوت قواطر	8.752
5	م. استهلاك قواطر	519.460
6	م. استهلاك الروافع الشوكية	588.693
7	م. استهلاك الروافع البرجية	1,448.556
8	م. استهلاك الأرصفة	104.808
9	م. التأمين	342.639
10	م. المصروفات الأخرى	1,211.012
الإجمالي		13,475.508

الجدول: من إعداد الباحث بناء على دراسة التكاليف

من خلال الجدول السابق رقم (35.3) يتبين أن إجمالي التكاليف التشغيلية لرصيف سفن البضائع العامة هو: **13,475.508** د.ل في اليوم الواحد، ولمعرفة تكلفة تشغيل أكثر من رصيف نقوم بضرب إجمالي التكلفة في عدد الأرصفة.

جدول رقم (8) يوضح البدائل المقترحة لتشغيل رصيف سفن البضائع العامة

عدد الأرصفة	2	3	4	5	6
النظام **P**احتمال أن يكون مشغولا	68.64%	45.76%	34.32%	27.46%	22.88%
احتمال أن يكون النظام غير مشغول**P0**	18.59%	24.33%	25.18%	25.31%	25.33%
احتمال عدد السفن الموجودة في الصف **LQ**	1.2233	0.1632	0.0166	0.0054	0.0009
متوسط وقت الانتظار المتوقع في الصف(بالأيام) **WQ**	4.7598	0.6351	0.0635	0.0209	0.0035
متوسط وقت الانتظار المتوقع في الصف(بالساعة) **WQ**	114.2352	15.2424	1.524	0.5016	0.084
تكلفة الخدمة **CS**	26,951.016	40,426.524	53,902.032	67,377.540	80,853.048

الجدول: من إعداد الباحث

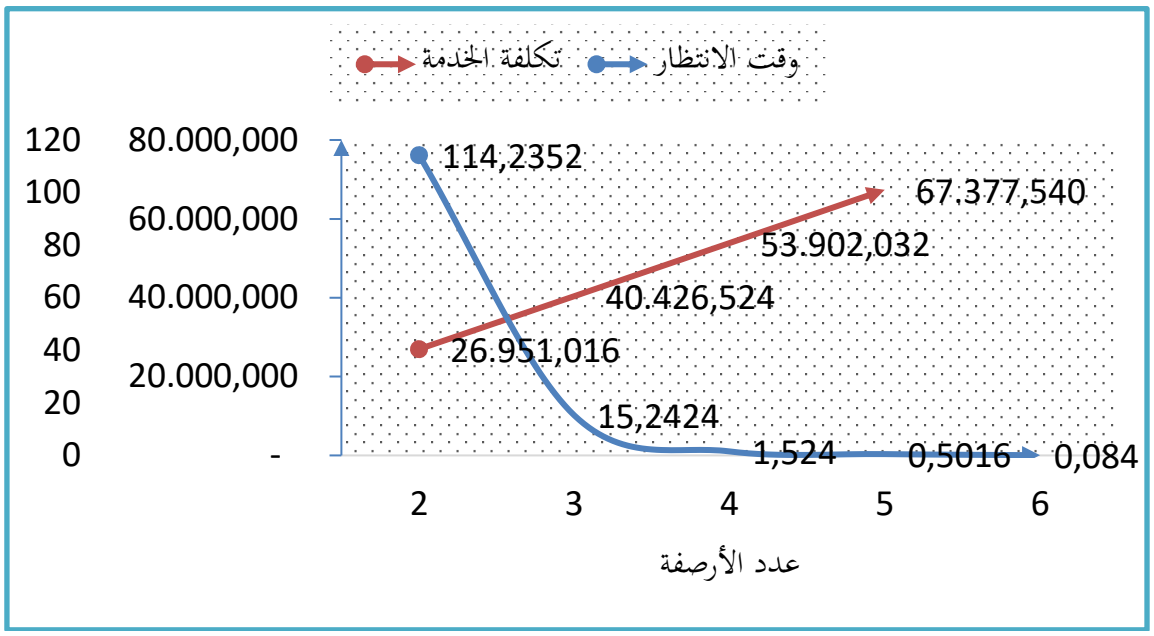
نظام العمل الحالي: نموذج ثلاثة أرصفة.

المقترح الأول: نموذج رصيفين.

المقترح الثاني: نموذج أربعة وخمسة وستة أرصفة.

* ملاحظة: لا يمكن اقتراح نموذج أقل من رصيفين في نظام تشغيل أرصفة سفن البضائع العامة؛ لأن النظام سيكون غير مستقر، لأن λ تصبح أكبر من أو تساوي $C\mu$، فتكون $\lambda \geq C\mu$، وبالتالي مع مرور الوقت فإن صف الانتظار يميل إلى ما لانهاية ∞، وبالتالي لا يمكن تحديد مؤشرات الأداء.

شكل(8) يوضح البدائل المقترحة لتشغيل رصيف سفن البضائع العامة



المصدر: من إعداد الباحث بناء على الجدول السابق

تقييم البدائل

يتبين من خلال الجدول السابق رقم (36.3) –عند مقارنة البدائل المقترحة– يتبين ما للقرار من أهمية في الاختيار بين البدائل، ولذا فإن الوصول إلى القرار المناسب لاختيار أحد البدائل المقترحة، يتطلب من متخذي القرار اعتماد الخطة الاستراتيجية المناسبة للوصول إلى الأهداف المرجوة، وذلك عن طريق اختيار المعيار المناسب، ففي حال الاعتماد على معيار التكلفة فإن المقترح الأول –وهو العمل بنموذج رصيفين– هو الوضع المناسب الذي يحقق أدنى التكاليف في نظام خدمة سفن البضائع العامة، بقيمة **26,951.016** د.ل يوميا، وفي حال الاعتماد على معيار مستوى الخدمة –وهو التقليل من زمن الانتظار– فإن المقترح الثاني –وهو العمل بنموذج أربعة أو خمسة أو ستة أرصفة– هو الذي يحقق مستوى جودة أفضل، ففي نموذج أربعة أرصفة متوسط وقت انتظار سفن الحاويات المتوقع في الصف **WQ** هو ساعة وخمسون دقيقة تقريبا 1:50، وإذا أخذنا بعين الاعتبار احتمال عدد السفن الموجودة في الصف فإن نموذج نظام العمل الحالي هو عدد **0.1632** سفينة، أي إنه أقل من سفينة، وهذا يعني في الواقع عدم وجود سفينة في الانتظار لتلقي الخدمة، وإذا نظرنا إلى قيمة **P0**، وهي احتمال أن يكون النظام غير مشغول، فإننا نجد أن أقل نسبة هي في المقترح الأول –وهو العمل بنموذج رصيفين– بنسبة **18.59%** من الوقت، وهي تعني احتمالية أن يكون النظام بدون سفن بهذه النسبة، وهي تعتبر نسبة مرتفعة نسبيا، وبالتالي فإن انشغال الأرصفة يكون بنسبة 68.64% من الوقت لتشغيل أرصفة سفن البضائع العامة.

النتائج

1. تم التوصل إلى أنه يمكن تقديم مقترح لنماذج تسهم في الرفع من مستوى الخدمات داخل الميناء، وكذلك تقديم مقترح لنماذج تحقق أدنى التكاليف.
2. تم التوصل إلى أن زمن وصول السفن يتبع التوزيع الاحتمالي بواسون، وزمن خدمة السفن يتبع التوزيع الأسي.

التوصيات

1. توصي الدراسة ببث الوعي لدى الموظفين عن طريق الوسائل المختلفة بأهمية العناية ببحوث العمليات؛ لما لها من نتائج ملموسة في الجانب العملي، والقيام بتدريب العناصر البشرية للرفع من مستوى الأداء.
2. نظرا لأهمية استخدام الأساليب الكمية بصفة عامة، ونظرية صفوف الانتظار بصفة خاصة، فإن الدراسة توصي بالاستفادة منها في ترشيد القرارات.
3. من خلال النتائج التي تم التوصل إليها، فإن الدراسة توصي بالاهتمام بالتكاليف وإثباتها في السجلات الخاصة بها، وتحميلها على مركز التكلفة حسب نوعية هذه التكلفة.

الهوامش:

i ريغي، خيرة، بابا، عبد القادر، 2019، نماذج صفوف الانتظار لتحسين الخدمة، مجلة الاستراتيجية والتنمية، المجلد(09) العدد (16)، مستغانم، الجزائر.

ii أبحري، توفيق (2018)، دور استخدام نظرية صفوف الانتظار في تحسين جودة الخدمات المصرفية (رسالة ماجستير غير منشورة). جامعة محمد بوضياف، المسيلة، الجزائر.

iii **PARWANI, KASHISH (2015), PERFORMANCE MEASURES OF WIRELESS COMMUNICATION NETWORK APPROACH QUEUEING THEORY, PHD THESIS, BANASTHALI UNIVERSITY, BANASTHALI, INDIA.**

iv **BINDU. ABRAHAM (2012), MODELING AND ANALYSIS OF QUEUEING SYSTEMS WITH DISCRETE AUTOREGRESSIVE ARRIVALS AND COUNTING PROCESSES, PHD THESIS, MAHATMA GANDHI UNIVERSITY KOTTAYAM, KERALA, INDIA**

v الأسطل، رند (2016)، بحوث العمليات والأساليب الكمية في صنع القرارات الإدارية، ـــــ

vi **ANINDITA SHARMA, PARIMAL BAKUL BARUA, VOL. 27 NO.2, SEPTEMBER 2015, APPLICATION OF QUEUING THEORY IN A SMALL ENTERPRISE, NTERNATIONAL JOURNAL OF ENGINEERING TRENDS AND TECHNOLOGY.**

vii دريدي، أحلام، (2014)، دور استخدام نماذج صفوف الانتظار في تحسين جودة الخدمات الصحية (رسالة ماجستير غير منشورة). جامعة محمد خيضر، سكرة، الجزائر.

viii **E. ACHEAMPONG , R. OPOKU-SARKODIE, VOL. 2 NO.3, JULY 2015, MODELLING THE QUEUE AT THE SCAN STATION OF TEMA PORT: AN APPLICATION OF QUEUING THEORY, ASIA PACIFIC JOURNAL OF EDUCATION, ARTS AND SCIENCES.**

ix **DARIA, TEREKHOV (2013), NTEGRATING COMBINATORIAL SCHEDULING WITH INVENTORY MANAGEMENT AND QUEUEING THEORY, PHD THESIS, UNIVERSITY OF TORONTO, TORONTO, CANADA.**

x كعبور، محمد (2005)، أساسيات بحوث العمليات نماذج وتطبيقات، الدار الأكاديمية للنشر والطباعة والتأليف والترجمة، طرابلس، ليبيا.

xi مرجع سابق

xii مرجع سابق

xiii مضحي، جبار (2011)، مقدمة في نظرية الاحتمالات، دار المسيرة للنشر والتوزيع والطباعة، عمان، الأردن.

xiv العماري، علي، العجيلي، علي (2013)، الإحصاء والاحتمالات النظرية والتطبيق، دار الحكمة للطباعة والنشر، طرابلس، ليبيا.

xv سعدي، هند (2012)، استخدام صفوف الانتظار لتحسين فاعلية الخدمات في المراكز الصحية (رسالة ماجستير غير منشورة). جامعة المسيلة، المسيلة، الجزائر.

xvi مرجع سابق

xvii SAUL I. GASS AND ARJANG A. ASSAD (2005), AN ANNOTATED TIMELINE OF OPERATIONS RESEARCH: AN INFORMAL HISTORY, KLUWER ACADEMIC PUBLISHERS BOSTON.

xviii مخضار، سليم (2011)، نظرية صفوف الانتظار كأحد النماذج الرياضية الاحتمالية المساعدة على اتخاذ القرار (رسالة ماجستير غير منشورة). جامعة أبي بكر بلقايد، تلمسان، الجزائر.

xix GIOVANNI GIAMBENE (2014), QUEUING THEORY AND TELECOMMUNICATIONS, 2ND ED, SPRINGER, NEW YORK, LONDON.

xx DONALD GROSS AND OTHERS (2008) FUNDAMENTALS OF QUEUEING THEORY , JOHN WILEY & SONS , HOBOKEN, NEW JERSEY, U.S.

xxi مخضار، سليم (2011) مرجع سابق.

xxii LOVELOCK, CHRISTOPHER, AND LAUREN WRIGHT, (2002), PRINCIPLES OF SERVICE.

xxiii الخالدي، صالح (2012)، دور أبعاد جودة الخدمة وقدرات التعليم التنظيمي في تطوير ثقافة التميز (رسالة ماجستير غير منشورة). جامعة الشرق الأوسط، عمان، الأردن.

xxiv بوعندل، حنان (2015)، أهمية استخدام نموذج صفوف الانتظار في تحسين جودة الخدمات (رسالة ماجستير غير منشورة). جامعة العربي بن مهيدي، أم البواقي، الجزائر.

xxv لعراف، فائزة، بوقرة، رابح، 2014، تقييم جودة الخدمة البنكية المقدمة من منظور الزبائن، مجلة العلوم الاقتصادية والتسيير والعلوم التجارية العدد (12)، الجزائر.

xxvi حواس، مولود، حمودي، رابح، 2013، أهمية جودة الخدمات في تحقيق ولاء المستهلك، مجلة أداء المؤسسات الجزائرية العدد (03)، الجزائر.

xxvii المنطقة الحرة بمصراتة، **WWW.MFZLY.COM**، توقيت الاطلاع عليه (22-08-2020).

xxviii مصلحة الموانئ والنقل البحري، **WWW.LMA.LY**، توقيت الاطلاع عليه (07-09-2020).

xxix برنامج ((**WINDOWS QUANTITATIVE SYSTEM FOR BUSINESS (WINQSB**)) الإصدار 2.00.