قياس جودة الخدمات البنكية باستخدام نظرية صفوف الانتظار

دراسة حالة : البنك الوطني الجزائري –وكالة تيارت–

Measuring the quality of banking services using the queuing theory case study – BNA tiaret-

شريف محمد [1]♦، عابد علي [2]

[1] جامعة ابن خلدون تيارت (الجزائر)،البريد الالكتروني: Mohamed.cherif@univ-tiaret.dz

[2] جـــــــــامعة ابن خـــلدون تيارت (الجزائر)،البريد الالكتروني: ali.abed@univ-tiaret.dz

تاريخ الاستلام: 2021/04/27 تاريخ القبول: 2021/05/17 تاريخ النشر: 2021/07/20

الملخص:

تهدف هذه الدراسة إلى تطبيق نماذج خطوط الانتظار كنهج كمي يساعد في اتخاذ القرار لتحسين جودة الخدمات البنكية للبنك الوطني الجزائري –وكالة تيارت–. إذ تساعد هذه الطريقة في تحسين الخدمة إلى أعلى المستويات لطالبي خدمات البنك. حددت هذه الدراسة مقاييس الأداء للنموذج المقترح للبنك، من خلال الثلاثية الرياضية لمؤشر وصول بواسون، ومعدل أداء الخدمة للتوزيع الأسي، وتحديد عدد قنوات أو مراكز الخدمة باستخدام برنامجQM for windows. وبناء على ذلك، أشارت نتائج الدراسة العملية إلى أن البنك الوطني الجزائري – وكالة تيارت – لا يقدم خدمة جيدة للعملاء وخدماته لا تستجيب لمستوى الجودة التي يطلبونها.

الكلمات المفتاحية: أساليب كمية، صفوف الانتظار، مقاييس الأداء، معدل الوصول، معدل أداء الخدمة.

Abstract:

This study aims to apply waiting lines models as a quantitative approach that helps in decision-making to improve the quality of banking services for the National Bank of Algeria -Tiaret Agency -. This method helps to improve the service to the highest levels for those seeking bank services. This study defined the performance metrics for the proposed model for the bank, through the mathematical trilogy of the Poisson reach index, service performance rate for exponential distribution, and determine the number of service channels or centers using QM for windows v5 program. Accordingly, the results of the practical study indicated that the National Bank of Algeria - Tiaret Agency - does not provide good service to customers and its services do not respond to the level of quality they demand.

Keywords: Quantitative methods, Queuing, Performance measures, The access rate, The service performance rate.

♦ المؤلف المرسل.

مقدمة

تعتبر صفوف الانتظار واحدة من السمات الأكثر بروزا في حياتنا المعاصرة حيث أن العديد من المؤسسات الصناعية أو الخدمية تتسم بصفوف الانتظار حيث أنها أصبحت جزء لا يتجزأ من أنظمة الخدمة، والواقع أن الانتظار لا يقتصر على الأفراد فقط وإنما على الوحدات الطبيعية، إضافة إلى أن معظم الأعمال و الأنظمة الاقتصادية تتعامل مع موارد محدودة و بالتالي تتطلب معالجة مشاكلها بالنظر إلى الخدمات المقدمة للأفراد ، فمشاهدة الأفراد والوحدات تنتظر في صف الانتظار للحصول على الخدمات، و المطلوب هو تقديم هذه الخدمات دون الانتظار أو الانتظار لوقت قصير، و رغم ذلك فإن ظاهرة الانتظار أصبحت جزء من حياتنا كل ما يمكن عمله هو محاولة تخفيض زمن الانتظار بقدر الإمكان.

و لعل من بين المظاهر اليومية التي نلاحظها كذلك هي كثرة الزبائن أمام مراكز الخدمة، في البنوك الأمر الذي أدى إلى إعادة النظر من قبل المدراء فيما يخص تحقيق الجودة في تقديم الخدمات من جهة والتقليل زمن الانتظار من جهة أخرى.

في هذا الصدد يسعى هذا البحث إلى بناء تصور حول نظرية صفوف الانتظار و تطبيقيها على البنوك بهدف تحسين مستوى الخدمة البنكية من أجل تلبية احتياجات الزبون و التخفيض من معاناة أعوان الخدمة.

إشكالية الدراسة:

تبرز إشكالية الدراسة في كيفية تطبيق نظرية صفوف الانتظار ومساهمتها في تحسين جودة الخدمات البنكية.

ومن خلال ما تقدم يمكن صياغة إشكالية البحث على النحو التالي:

ما هو دور استخدام نماذج صفوف الانتظار في تحسين جودة الخدمات البنكية؟

فروض البحث:

يرتكز هذا البحث على مجموعة من الفروض:

- يعتبر ازدحام الزبائن أمام مراكز الخدمة في البنك الوطني الجزائري مؤشرا على مستوى جودة الخدمة المقدمة في البنك؛
- لا يقضي الزبائن أوقات طويلة في صف الانتظار في البنك؛
- معظم الزبائن راضون بالوقت الذي يقضونه في صف الانتظار.

أهمية البحث:

- تشخيص الخدمات المصرفية من خلال مدة انتظار العملاء؛

- محاولة قياس المدة الزمنية للانتظار والعمل على تقديم اقتراحات لتقليصها؛
- تحسين مقاس جودة الخدمات البنكية من وجهة نظر مدة انتظار العملاء، وذلك كحل عملياتي من خلال تسيير طوابير الانتظار بفاعلية.

أهداف البحث:

- استخدام الاسلوب الكمي الرياضي كمقاربة تقنية بين نظرية صفوق الانتظار وجودة الخدمات المصرفية؛
- استخدام الأساليب الكمية كآلية لتفعيل جودة الخدمات البنكية؛
- تشخيص جودة خدمات البنك الوطني الجزائري – وكالة تيارت– وإبراز مكانته في ظل التنافسية البنكية من خلال وجهة نظر العملاء.

1.عموميات حول صفوف الانتظار

سيتم التطرق إلى مفهوم صفوف الانتظار والتطور التاريخي لنشأتها، و أسباب ظهورها والهدف من دراستها وأهميتها.

1.1. ماهية صفوف الانتظار (نظام الارتال):

سيتم التطرق إلى مفهوم صفوف الانتظار أو ما يعرف بنماذج الأرتال وكيف تم ظهورها لأول مرة عام 1909م وكيف طورت بعد الحرب العالمية الثانية، كما سيتم التطرق أيضا إلى الأسباب التي أدت إلى ظهورها والهدف من دراستها والأهمية التي تحتلها.

1.1.1.ماهية صفوف الانتظار:

إن نماذج صفوف الانتظار (نماذج الارتال) هي عبارة عن نماذج رياضية من بحوث العمليات وإحدى الأساليب الكمية التي تساعد الإدارة على أو القائمين على القرار في اتخاذ قراراتهم، وتهدف هذه النظرية إلى دراسة وتحليل المواقف التي تتسم بنقاط اختناق أو تشكل صفوف الانتظار ومن ثم اتخاذ القرار المناسب بشأن تلك المواقف (نائب و باقية، 1999، صفحة 329) .

ويمكن تعريف صفوف الانتظار (نماذج الأرتال) بأنها " هي المعادلات والعلاقات الرياضية التي يمكن توظيفها من اجل تحديد خصائص تشغيل (أو مقاييس الأداء) لخط انتظار معين"، كما ويمكن تعريفها أيضا "بأنها النظرية التي تهتم بوضع الأساليب الرياضية اللازمة لحل المشاكل المتعلقة بالمواقف التي تتسم بنقاط الاختناق، أو تشكل صفوف انتظار نتيجة لوصول الوحدات الطالبة للخدمة وانتظار دورها لتلقيها، على أن يكون الوصول إلى مكان أداء الخدمة عشوائيا يتبع توزيعا معينا، كما أن زمن أداء الخدمة لكل وحدة يمكن أن يأخذ صيغة عشوائية، كما تقدم قياسا لقدرة مركز الخدمة على تحقيق الغرض الذي أنشئ

من أجله، ويكون ذلك على طريق قياس رياضي دقيق لمتوسط وقت الانتظار للحصول على الخدمة، وبوجه عام تنشأ مشكلات صفوف الانتظار عند تحقق إحدى الحالتين:

الحالة الأولى: إذا كان معدل وصول العملاء طالبي الخدمة سريعا بدرجة تفوق معدل أداء الخدمة من جانب من يعمل بوحدة تأدية الخدمة وهذا يعني وجود انتظار من جانب العميل وما يترتب عليه من مخاطر.

الحالة الثانية: إذا كان معدل أداء الخدمة أسرع من معدل وصول العملاء، بمعنى وجود وحدات لتأدية الخدمة عاطلة بدون عمل وما يترتب عليه من تكاليف وأجور.

تقدم صفوف الانتظار على علاج المشكلة في الحالتين للوصول إلى الموقف الأمثل الذي يحقق خفضا في وقت الانتظار لكل من العملاء ووحدات تأدية الخدمة بحيث تصبح مدة الانتظار لكليهما أقل ما يمكن (أحمد، 2007، الصفحات 288-286) .

2.1.1. التطور التاريخي لصفوف الانتظار:

يرجع الفضل في معرفة نظرية صفوف الانتظار إلى المهندس الدانماركي ايرلنج (Erlang،K،A) وذلك عام 1909م حين أجرى تجاربه على مشكلة كثرة المكالمات التليفونية وتعرض طالبو هذه المكالمات إلى التأخير لعدم قدرة عاملات التليفون على تنفيذ الطلبات الواردة بنفس السرعة التي تصل بها، وقد عالج ايرلنج المشكلة بحساب التأخير بالنسبة لعاملة واحدة في ذلك الحين، وفي عام 1917م تكرر البحث في تلك المشكلة ولكن بالنسبة لأكثر من عاملة واحدة، ونشأت بذلك نظرية صفوف الانتظار وامتد استخدامها لحل العديد من المشكلات الإدارية المشابهة (أحمد، 2007، الصفحات 288-286) ، وقد طورت دراسات ايرلنج بواسطة كل من (Molins) عام 1927م و(Thornton D-Fry) عام 1928م وبعد الحرب العالمية الثانية تطور العمل بنظرية صفوف الانتظار لتشمل مسائل أخرى من الانتظار (الشمرتي, حامد سعد نور; الزبيدي, علي خليل، 2007، صفحة 455).

3.1.1. أسباب ظهور صفوف الانتظار والهدف من دراستها وأهميتها:

- **أسباب ظهور صفوف الانتظار:** تظهر صفوف الانتظار بشكل ملحوظ في الدول النامية وبخاصة في منشآت الخدمات، وتقل في الدول المتقدمة حتى تكاد لا تذكر، ويرجع ظهور صفوف الانتظار إلى العديد من الأسباب التي أهمها:

أ. **توفر نظام للخدمة:**

حيث تركز المنشآت في الدول المتقدمة على بناء الأنظمة والقواعد الكفيلة بضبط السلوك وتوجيهه لتحقيق الهدف، وفي مجال تقديم الخدمة يتبع النظام عددا من القواعد التي نذكر أهمها:

- ✓ الواصل إلى مركز الخدمة أولا يخدم أولا (خدمة العملاء والسفن والطائرات)؛
- ✓ الواصل إلى مركز الخدمة أخيرا يخدم أولا، ويطبق في المستودعات حيث تفيد في تخفيض عملية النقل والمناولة.

ب-سلوك طالبي الخدمة:

لسلوك طالبي الخدمة أثره الكبير في تكوين صفوف الانتظار، ويتأثر السلوك بمدى توفر نظام للخدمة يكفل الانضباط والالتزام، ومن مظاهر السلوك التي تؤثر في طول صف الانتظار ما يلي:

- ✓ رفض طالب الخدمة الوقوف في صف الانتظار؛
- ✓ تنقل طالب الخدمة من صف لآخر؛
- ✓ تركيز طالبي الخدمة على وقت محدد؛
- ✓ وقوف طالب الخدمة في صف انتظار أمام مركز الخدمة دون علم منه بعدم الاختصاص.

ج-تباين معدلات الوصول والخدمة:

إن عدم انتظام وصول العملاء بشكل يتناسق مع معدل أداء الخدمة يؤدي إلى مواجهة مراكز أداء الخدمة لمشكلة صفوف الانتظار خصوصا إذا كان معدل وصول العملاء أكبر من معدل أداء الخدمة (البكري، 1997، الصفحات 269-270).

- **الهدف من دارسة صفوف الانتظار:**

إن الهدف من دراسة نظرية صفوف الانتظار هو تحسين بعض الأنظمة عن طريق تغيير بعض الأساليب المتبعة فيها لتقديم الخدمة لغرض زيادة كفاءة النظام لذلك فإن الهدف الرئيس من دراستها هو تقليل وقت الانتظار المطلوب للحصول على الخدمة، وكذلك تقليل الوقت الذي تكون فيه مراكز الخدمة غير مستغلة بالكامل وذلك لأن سبب الازدحام يعزى إلى الوقت المقضي في صف الانتظار (الطابور)، أو إلى نسبة الوقت المستغل لمقدم الخدمة وتختص النظرية بدراسة حالات الازدحام ومعالجة أسبابها فقد يكون سبب الازدحام هو أن معدل وصول الوحدات طالبة الخدمة عال جدا، وبالتالي الانتظار في الطابور لفترة معينة أو أن يكون معدل تقديم الخدمة للوحدة الواحدة طالبة الخدمة بطيئا جدا مما يؤدي إلى تكون طابور (صف) طويل (الشمرتي، بحوث العمليات "مفهوما وتطبيقا"، 2010، صفحة 231).

- **أهمية دارسة صفوف الانتظار:**

تبرز أهمية دارسة الحالات في صفوف الانتظار في المواقف التالية:

- ✓ عجز قنوات الخدمة في صفوف الانتظار على تلبية طلبات الزبائن لقلتها، وهنا لابد من دراسة الحالة لتحديد عدد قنوات الخدمة الملائمة لتلبية الخدمات بشكل أسرع؛
- ✓ انخفاض الطلب على الخدمة، مما يؤدي إلى إبقاء الخدمة عاطلة معظم الوقت، وهنا لابد من تقليل عدد القنوات لمنع الهد في المواد؛
- ✓ تهدف نماذج صفوف الانتظار إلى تخفيض تكاليف الطاقة العاطلة فضلا عن تكاليف الانتظار ويظهر ذلك بوضوح في متاجر البيع، إذ تلجأ الإدارة إلى تعيين العدد الملائم من مندوبي المبيعات، لتقديم أفضل الخدمات وتقليل وقت الانتظار إلى أدنى حد ممكن (الصفار و التميمي، 2007، صفحة 494)؛

- ✓ ارتباط صفوف الانتظار باحتمال فقدان مجال النشاط نظرا لمغادرة العملاء لخط الخدمة قبل حصولهم عليها أو رفض الانتظار من أساسه؛
- ✓ ارتباط صفوف الانتظار باحتمال سوء سمعة المنشأة نتيجة بطئ تقديم الخدمة؛
- ✓ يمكن الاستفادة من نظرية صفوف الانتظار في كل من التصنيع وتقديم الخدمات؛
- ✓ معرفة مدى الجدوى من إنشاء مراكز خدمة جديدة أو توسيع مدرج أو فتح منافذ جديدة وغيرها من الحلول اللازمة لتفادي مشكلة الطوابير، يستخدم بشكل كبير في مجالات متعددة منها: تحديد عدد العاملين المناسبين في نوافذ الخدمة في مكاتب البريد أو في المصارف أو في نوافذ دفع حسابات الزبائن في المحلات التجارية الكبرى والمؤسسات وذلك لضمان التشغيل الاقتصادي لهذه المحلات وتقديم الخدمة المناسبة للزبائن (أحمد، صفحة 288).

2. العناصر الرئيسية والخصائص العملية وتوزيعات أنماط الوصول والخدمة

ستتم مناقشة العناصر الرئيسية لصفوف الانتظار والمتمثلة في وصول الخدمات ومراكز الخدمة والصف، كما سيتم التطرق إلى الخصائص العملية لصفوف الانتظار وأخيرا إلى توزيعات أنماط الوصول والخدمة والمتمثلة في توزيع بواسون والتوزيع الاسي السالب.

1.2. العناصر الرئيسية لنموذج صفوف الانتظار

يتكون أي نموذج لصفوف الانتظار من العناصر التالية:

1.1.2. وصول الخدمات (units arrive):

ويكون الوصول على شكل فترات زمنية منتظمة أو غير منتظمة إلى نقاط تدعى مراكز (قنوات) الخدمة كمثال على ذلك وصول الشاحنات إلى موقع التحميل، دخول الزبائن إلى مركز تجاري، وصول السفن إلى الميناء وغيرها كل هذه الوحدات تدعى وصول الزبائن.

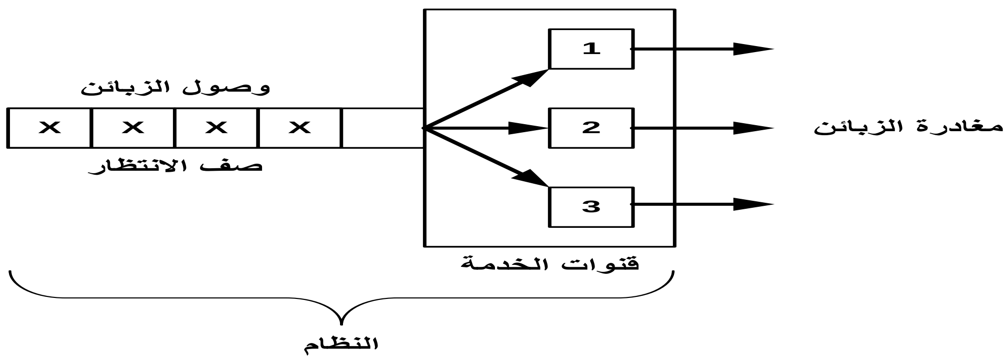
2.1.2. مراكز (قنوات) الخدمة (Service Channels):

هي المواقع التي تقوم بتقديم الخدمة للوحدات الطالبة للخدمة (الزبون)، مثال على ذلك البائعين، الميناء وغيرها، إذا كان مركز الخدمة غير مشغول فإن الزبون الواصل سوف يخدم مباشرة وإذا كان مركز الخدمة مشغولا فإنه يتوجب على الزبون الانتظار في الخط إلى أن يتم تقديم الخدمة له وبعد اكتمال الخدمة يغادر الزبون النظام.

3.1.2. الصف (Queue):

يمثل عدد الزبائن المنتظرة للحصول على الخدمة (عدد الوحدات طالبة الخدمة)، الصف لا يتضمن الزبون الذي تم تقديم الخدمة له (الشمرتي, حامد سعد نور; الزبيدي, علي خليل، 2007، الصفحات 456-457) . والشكل رقم 01 يوضح العناصر السابقة الذكر.

الشكل رقم (01):العناصر الرئيسية لنظام صفوف الانتظار



المصدر: حامد سعد نور الشمرتي، علي خليل الزبيدي، مدخل إلى بحوث العمليات، الطبعة الأولى، دار مجدلاوي للنشر والتوزيع، عمان-الأردن، 2007، ص457.

2.2. الخصائص العملية لنظام صفوف الانتظار

إن أي نظام لصفوف الانتظار في ورشة صيانة أو في مصرف أو غيرهما له مكونات أساسية يمكن تحديدها كالآتي:

1.2.2. المجتمع المصدري (Population Source):

إن المدخل الذي سوف يتبع في التحليل لمشكلة صفوف الانتظار يعتمد على ما إذا كان عدد طالبي الخدمة المتوقع محدودا أو غير محدود، وهناك احتمالان: إما أن يكون المجتمع المصدري محدود أو غير محدود.

- **المجتمع المصدري غير محدود أو يكون لانهائي (infinite Population):** وفي هذه الحالة يكون عدد العملاء كبيرا جدا ويفوق طاقة النظام، والمجتمع المصدري اللانهائي يتواجد عندما تكون الخدمة غير مقيدة مثلا في حالة مخازن الأدوية (الصيدليات)، البنوك، مراكز الترفيه ... الخ، ومن الناحية النظرية فإن أعدادا كبيرة من هذا المجتمع المصدري يمكن أن يطلبوا أداء الخدمة في أي وقت.
- **المجتمع المصدري المحدد (Finite Population):** وفي هذه الحالة يكون عدد العملاء محدودا، ومثال عن هذه الحالة تكون في حالة وجود فرق عمال مسؤولة عن إصلاح وصيانة عدد محدود من الآلات وبالتالي يكون عدد الآلات المحتمل أن تحتاج إلى إصلاح لن تتعد العدد المخطط لكل مجموع أو فرقة من فرق الصيانة (البكري، 1997، الصفحات 275-276).

2.2.2 توزيع الوصول (Arrival Distribution):

ويقصد به نمط أو قاعدة وصول الزبائن إلى النظام، يمكن أن يكون على شكل فترات زمنية متساوية أو على شكل فترات زمنية غير متساوية أي وصول عشوائي، أي أن وصول الزبائن لا يكون على شكل نمط أو قاعدة معينة ولذلك يتم استخدام التوزيعات الاحتمالية لوصف معدل وصول الزبائن (أي عدد

الزبائن الواصلين إلى النظام لكل وحدة وقت واحدة) وأكثر هذه التوزيعات استخداما هو **توزيع بواسون** قيمة المتوسط لمعدل الوصول تتمثل بواسطة λ (الشمرتي, حامد سعد نور; الزبيدي, علي خليل، 2007، صفحة 457).

3.2.2. صف(خط) الانتظار(Waiting Line or Queue):

ويتحدد بعدد الزبائن الذين ينتظرون الخدمة، ولا يدخل ضمن صف الانتظار الزبائن الذين يخدمون فعلا وإنما فقط الذين ينتظرون دورهم في الخدمة، وصف الانتظار قد يكون محدودا أو غير محدود، ففي الحالة الأولى قد يكون الحيز المكاني المتاح لا يسمح بانتظار إلا عدد محدود و إن الإدارة تضع حدا أعلى للزبائن في صف الانتظار، أما في الحالة الثانية فيتم السماح بزيادة عدد الزبائن في صف الانتظار بشكل كبير وذلك عندما يكون معدل وصول الزبائن أكبر من معدل تقديم الخدمة دون وضع حدود أعلى لصف الانتظار مما يؤدي إلى ازدياد صف الانتظار بشكل مطرد غير محدود.

وفي صف الانتظار يمكن أن نلاحظ حالة التزاحم (Balking) وهي حالة الزبون الذي يكون مستعدا للدخول في النظام ولكن بسبب طول صف الانتظار يرفض الدخول في النظام والانتظار للخدمة، وهناك أيضا حالة التخطي (Reneging) وهي حالة الزبون الموجود مسبقا في صف الانتظار ويقرر ترك مكانه والمغادرة بسبب طول صف الانتظار، فيؤدي ذلك إلى تخطي الزبون اللاحق لدور وأسبقية الزبون المغادر.

4.2.2. سعة النظام (System Capacity):

و تشير إلى أكبر عدد من الزبائن الذين يمكن أن يكونوا في النظام، أي مجموع الزبائن الذين يخدمون فعلا في صف الانتظار، وقد تكون سعة النظام محدودة إذا كان هناك حد معين بعده لا يسمح للزبون بالتواجد أو الدخول في النظام، أما إذا لم يكن هناك مثل هذا الحد فإن طاقة النظام تكون غير محدودة (نجم، 2013، الصفحات 361-362).

5.2.2. مراكز(قنوات) الخدمة (Service Channels):

يمكن أن تحتوي أنظمة صفوف الانتظار على مركز خدمة واحد وفي هذه الحالة يكون انتظار الزبائن بصيغة خط واحد للحصول على الخدمة كما هو الحال مثلا في عيادة الطبيب أو قد تحتوي على العديد من مراكز الخدمة والتي تكون بصورة متوازية وفي هذه الحالة فإن أكثر من زبون واحد سوف تقدم الخدمة له بنفس الوقت كما هو الحال في قاعة الحلاقة، وهناك أنظمة تحتوي على سلسلة من مراكز الخدمة أي أن الزبون يجب أن يمر بصورة متتالية خلال كل المراكز لكي تكتمل الخدمة المقدمة له كما هو الحال مثلا عند صناعة منتج يمر بعدد من المكائن ولذلك فإن أنظمة صفوف الانتظار إما أن تكون نظاما ذا مركز خدمة واحد أو نظاما متعدد مركز الخدمة.

6.2.2. نظام الخدمة (Service discipline):

هو القاعدة التي يتم بموجبها اختيار الزبائن من الصف لكي يتم تقديم الخدمة لهم وأكثر الأنظمة المستخدمة هو:

- من يأتي أولا يخدم أولا (FCFS) بموجب هذا النظام يتم تقديم الخدمة للزبائن حسب وصولها كما هو الحال في شباك قطع تذاكر السينما أو المصارف وغيرها؛
- من يأتي أخيرا يخدم أولا (LCFS) كما هو الحال في المخازن؛
- القاعدة العشوائية في الخدمة (STRO) أي يتم خدمة الوحدات دون الاستناد إلى أي قاعدة، كما هو الحال في بعض خطوط الإنتاج؛
- قاعدة الأسبقية (SOP): أي خدمة الوحدة التي لها الأفضلية حسب معايير معينة (الشمرتي, حامد سعد نور; الزبيدي, علي خليل، 2007، صفحة 458).

7.2.2. توزيع الخدمة (Service distribution):

يقصد بتوزيع الخدمة الكيفية التي تقدم بها الخدمة، وذلك فيما إذا كان تقديم الخدمة يتم بشكل ثابت أو عشوائي، ويتم التعبير عن معدل الخدمة بطريقتين: فقد يكون على شكل عدد الوحدات التي تقدم لها الخدمة في الوحدة الزمنية، وقد يكون على شكل الوقت المطلوب لتقديم الخدمة لزبون ما (كعبور، 1992، صفحة 345).

3.2. توزيعات أنماط الوصول والخدمة

في نماذج صفوف الانتظار فإن أوقات الوصول والخدمة تكون متغيرات عشوائية موزعة حسب توزيعات احتمالية معينة، فعدد الزبائن الذين يصلون في وحدة الوقت قد يختلف عشوائيا، وبالتالي لابد من تحديد التوزيع الاحتمالي لأوقات الوصول والخدمة.

إن حالات الوصول في وحدة الوقت عند موقع الخدمة يكون توزيعها المفترض في الغالب هو توزيع بواسون (Poisson Distribution)، وهذا الافتراض لتوزيع بواسون (لأوقات ما بين الوصول وحالات الوصول المتعاقبة) ليس بدون أساس تجريبي حيث أن الدراسات الإحصائية الكثيرة أدت إلى هذا الاستنتاج، و إن النموذج العام لتوزيع بواسون الاحتمالي هو كالآتي:

$$P_n(t)=\frac{e^{-\lambda t}\times(\lambda t)^n}{n!} \qquad n=0,1,2,3......$$

حيث:

n: عدد حالات الوصول.

P(n): احتمال (n) من حالات الوصول.

λ: متوسط معدل حالات الوصول.

t: الفترة الزمنية.

e: الأساس الطبيعي للوغاريتم ورمزه الرياضي الانجليزي (e) =02،71828

إن توزيع بواسون يتلائم مع افتراض حالات الوصول العشوائية، حيث كل وصول يكون مستقلا عن حالات الوصول الأخرى وأيضا مستقلا عن حالة نظام الخدمة، مما يجعل توزيع بواسون أسهل في

الاستخدام من التوزيعات الأخرى، ذلك أن المتوسط يكون مساويا للتباين لذا فإن تحديد متوسط توزيع بواسون يجعل التوزيع كله محددا.

وفيما يتعلق بأوقات الخدمة في نماذج صفوف الانتظار، فإن توزيعها المفترض في الغالب هو التوزيع الأسي السالب، وعلى أساس نفس العلاقة السابقة بين معدل الوصول والوقت ما بين الوصول، فإن أوقات الخدمة التي تتبع التوزيع الأسي السالب يتبع معدل الخدمة لها توزيع بواسون.

إن النموذج العام لدالة الكثافة الاحتمالية الأسية للتوزيع الأسي السالب هي كالتالي:

$$P(t)=\mu\times e^{-\mu\times t}$$

حيث:

t: وقت الخدمة

μ: معدل الخدمة.

e: الأساس الطبيعي للوغاريتم ورمزه الرياضي الانجليزي (e) =2.71828

$\frac{1}{\mu}$: متوسط وقت الخدمة (نجم، 2013، الصفحات 366-367).

3. الصيغ الرياضية لنماذج صفوف الانتظار

قبل التطرق إلى مختلف الصيغ الرياضية لنماذج صفوف الانتظار لابد علينا أولا معرفة كيفي تصنف نظام صفوف لانتظار ومعرفة أيضا الرموز الرياضية المستخدمة في صفوف الانتظار أو ما يصطلح عليها مقاييس الأداء.

1.3. تصنيف نظام صفوف الانتظار

قبل التطرق إلى نماذج صفوف الانتظار من الملائم أن نشير إلى ترميز كندال (Kendall's notation) نسبة إلى الرياضي الانجليزي (Kendall،G،D)، فمن المعروف أن هناك عددا كبيرا من نماذج صفوف الانتظار حسب ظروف وافتراضات كل نظام خدمة يتم استخدام نموذج ملائم من هذه النماذج، ومن أجل تسهيل الإشارة والتصنيف لهذه النماذج يستخدم ترميز كندال كوصف مختزل لعناصر نظام صفوف الانتظار وهذا الترميز يتميز بستة عناصر هي:

- توزيع الوصول؛
- المغادرة أو توزيع الخدمة؛
- عدد وتشكيل القائمين بالخدمة؛
- نظام الخدمة؛
- العدد الأقصى للزبائن في النظام؛
- عدد الزبائن الممكن في المصدر (النعيمي، الحمداني، و الحمداني، 2011، صفحة 345)

وهذه الخصائص الستة لنظام صفوف الانتظار تستخدم عند الإشارة إلى الخصائص كالتالي (a/b/c):(d/e/f) (نجم، 2013، صفحة 371)، ويعود الفضل إلى هذا التبسيط لنظام صف الانتظار إلى عالم الرياضيات البريطاني كندال (Kendall،G،D)، حيث وضعها على شكل (a/b/c) عام 1953م، وعرفت في المراجع العلمية باسم رموز كندال، وفي عام 1966 م أضاف العالم (Lee،M،A) للشكل الذي وضعه كندال الرموز (d/e) وأصبح يأخذ الشكل التالي: (a/b/c):(d/e)، وبعد ذلك تم إضافة الرمز f للدلالة على سعة مصدر الوحدات من جهة ومن جهة أخرى ليصبح شكل الرموز أفضل ومعبرا عن جميع العوامل الستة الأولى التي تحدد خصائص أي نموذج لنظام صف الانتظار، أي أصبح بالشكل التالي (a/b/c):(d/e/f) (نائب و باقية، 1999، صفحة 344).

والرموز التي سبق الإشارة إليها تعني التالي:

a: ترمز لتوزيع عدد الزبائن الذين يصلون للنظام (أو لتوزيع الزمن الفاصل بين وصولين متتابعين)، ويستخدم الرمز M عادة للدلالة على أن عدد الزبائن هذا يتبع توزيع بواسون أو للدلالة بشكل مكافئ على أن الزمن الفاصل بين وصولين متتابعين يتبع التوزيع الأسي السالب.

b: ترمز لتوزيع عدد الزبائن الذين يغادرون النظام (أو لتوزيع زمن الخدمة لزبون ما) ويستخدم الرمز M عادة للدلالة على أن عدد الزبائن المغادرين يتبع توزيع بواسون أو للدلالة بشكل مكافئ على أن توزيع زمن الخدمة لزبون ما يتبع التوزيع الأسي السالب (البلخي، 2006، صفحة 491)

و إن الرمزين السابقين (a,b) يمكن أن يستبدلا بأحد الرموز التالية:

M: تعني أوقات الوصول وأزمنة أداء الخدمة تتم بصورة عشوائية وفي هذه الحالة إما أن يعبر عن توزيع أوقات وصول الوحدات طالبي الخدمة إلى النظام بقانون بواسون (Poisson) أو قانون ماركوف (Markov) أو أن يعبر عن توزيع الفواصل الزمنية بين وصول الوحدات طالبي الخدمة المتتالي إلى النظام وتوزيع أزمنة الخدمة القانون الاسي (Exponential).

D: تعني أن أوقات الوصول وأزمنة الخدمة تتم بصورة ثابتة ومحددة.

E_K: تعني أن الفواصل الزمنية بين وصول الوحدات طالبي الخدمة المتتالي إلى النظام أو أزمنة أداء الخدمة تخضع لقانون توزيع ايرلانج (Erlang) أو توزيع قاما (Gamma).

GI: تعني أن أوقات وصول الوحدات طالبي الخدمة إلى النظام تخضع لأي قانون توزيع آخر اختياري.

G: تعني أن أزمنة أداء الخدمة تخضع لأي قانون توزيع احتمالي آخر اختياري.

c: رقم صحيح يشير إلى عدد مراكز الخدمة (عدد القنوات).

d: رمز يشير إلى نظام الصف ويمكن أن يأخذ احد المزيجين التاليين:

1.1.3. نظام خدمة عام GD (General service discipline):

والذي يمكن أن يكون إما:

- القادم أولا يخدم أولا (FCFS)؛
- القادم أخيرا يخدم أولا (LCFS)؛

- الخدمة بشكل عشوائي (STRO).

2.1.3. SOP نظام الخدمة حسب الأفضلية (يمكن أن يأخذ الرمز SPRP)

e: يستبدل برقم صحيح ويشير إلى العدد الأعظمي لوحدات طالبي الخدمة المسموح بها في النظام (أي عدد الوحدات الموجودة في صف الانتظار+ عدد الوحدات الموجودة في مراكز الخدمة).

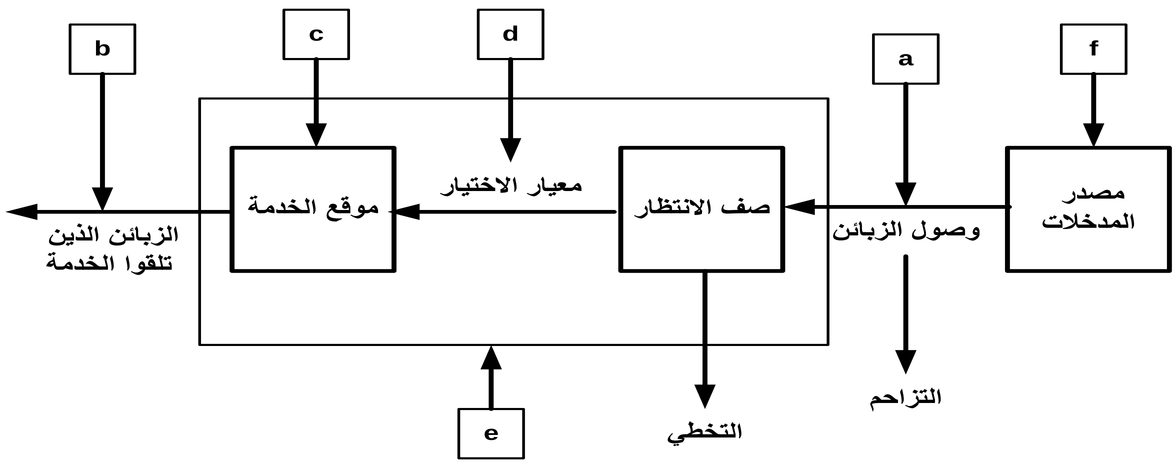
f: يستدل برقم صحيح يشير إلى استطاعة المصدر المولد للوحدات طالبي الخدمة وغالبا ما يأخذ الرمز ∞ أي غير منته (نائب و باقية، 1999، الصفحات 343-344).

ومن أجل فهم طبيعة استخدام الرموز السابقة نصيغ المثالين التاليين:

- النظام يتسم بالخصائص التالية: حالات وصول عشوائية، ووقت الخدمة مؤكد وبه ثلاث منافذ للخدمة، وأن النظام يتبع قاعدة من يأتي أولا يخدم أولا (FCFS) وأن العدد الأقصى للزبائن غير محدود (أي سعة النظام غير محدودة) وأن مصدر المدخلات غير محدود، فإن الترميز يأخذ الشكل التالي: $(M/D/03):(FCFS/\infty/\infty)$.
- النظام يتسم بالخصائص التالية: حالات الوصول بواسوني، ووقت الخدمة أسي، وقائم واحد بالخدمة، وأن النظام يتبع قاعدة من يأتي أولا يخدم أولا (FCFS)، والعدد الأقصى المسموح في النظام محدود 50 زبونا، ومصدر المدخلات محدود 50 زبون، فإن الترميز يأخذ الشكل التالي $(M/M/01):(FCFS/50/50)$ (نجم، 2013، صفحة 372).

كل ما تم شرحه سابقا يمكن أن نوضحه من خلال الشكل رقم 02 التالي:

الشكل رقم (02): تصنيف نظام صفوف الانتظار



المصدر: نجم عبود نجم، مدخل إلى الأساليب الكمية-النماذج الاحتمالية- مع التطبيقات باستخدام Microsoft Excel، الطبعة الأولى، دار الوراق للنشر والتوزيع، عمن-الأردن،2013، ص373

2.3. الرموز الرياضية المستخدمة في صفوف الانتظار

في دراستنا لنماذج صفوف الانتظار سوف نهتم فقط في حالة كون النظام مستقرا وذلك لأنها تنطبق على كثير من الظواهر التي يتشكل فيها صف الانتظار حيث أن فترة عمل هذه الظواهر تكون طويلة.

ولدى تحقق شرط الاستقرار في النظام سينصب اهتمامنا على حساب المؤشرات الهامة التالية:

λ: العدد المتوقع من الواصلين خلال وحدة الزمن (معدل الوصول)؛

μ: العدد المتوقع من الزبائن الذين تؤدى إليهم الخدمة (معدل الخدمة)؛

P_n: احتمال وجود n وحدة طالبة خدمة في النظام؛

L_s: متوسط عدد الوحدات طالبي الخدمة في النظام (العدد المتوقع للوحدات في النظام)؛

L_q: متوسط عدد الوحدات طالبي الخدمة في صف الانتظار (العدد المتوقع للوحدات في الصف)؛

W_s: متوسط زمن بقاء الوحدة الواحدة من طالبي الخدمة في النظام (الزمن المتوقع الذي تقضيه الوحدة الواحدة في النظام)؛

W_q: متوسط زمن بقاء الوحدة الواحدة من طالبي الخدمة في صف الانتظار (الزمن المتوقع الذي تقضيه الوحدة الواحدة في صف الانتظار)؛

ρ: معامل الاستخدام لمركز الخدمة والذي يساوي إلى حاصل قسمة معدل الوصول على معدل أداء الخدمة؛

C: عدد مراكز الخدمة؛

P_0: احتمال أن يكون النظام غير مشغول (عاطلا عن العمل).

وتعتبر عملية إيجاد الصيغة التي تعبر عن احتمال وجود n وحدة طالبة خدمة في النظام P_0: من أهم عمليات دارسة أنظمة صفوف الانتظار رياضيا وتعتمد بشكل أساسي على نظرية الاحتمالات والسياقات العشوائية، وبعد إيجاد صيغة P_n يصبح من السهل إيجاد بقية المؤشرات ويكون عندئذ:

-يتم حساب متوسط عدد الوحدات طالبي الخدمة في النظام بالعلاقة التالية:

$$L_S = \sum_{n=0}^{\infty} n \times P_n ....(01)$$

يتم حساب متوسط عدد الوحدات طالبي الخدمة في صف الانتظار L_q بالعلاقة التالية:

$$L_q = \sum_{n=0}^{\infty} (n-c) \times P_n ....(02)$$

يتم حساب معامل الاستخدام لمركز الخدمة بالعلاقة التالية:

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (03)$$

بالإضافة إلى ذلك هناك علاقة متينة بين L_S و W_S وبين L_q و W_q حيث أن معرفتنا بأحدهما تمكن من حساب الآخر فإذا كان معدل وصول الوحدات λ معلوما عندئذ:

$$L_S = \lambda \times W_S \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (04)$$

$$L_q = \lambda \times W_q \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (05)$$

بالإضافة إلى ذلك توجد علاقة متينة بين W_S و W_q بحيث:

الزمن المتوقع الذي تقضيه الوحدة الواحدة من طالبي الخدمة في النظام = الزمن المتوقع الذي تقضيه الوحدة الواحدة في الصف + الزمن المتوقع لتلقي الخدمة.

$$W_S = W_q + \frac{1}{\mu} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (06)$$

عندما يكون معدل وصول الوحدات طالبي الخدمة يساوي إلى λ ولكن عدم إمكانية أداء الخدمة لجميع الوحدات الواصلة لسبب ما (مثلا ضيق مكان الانتظار)، عندئذ ولحساب L_S و L_q بواسطة العلاقتين (04) و(05) لابد من الأخذ بعين الاعتبار قيمة λ الجديدة التي تعبر عن معدل الوصول للوحدات التي قدمت لها الخدمة فعلا أي عدد الوحدات من طالبي الخدمة التي سمح لها بدخول النظام في وحدة الزمن ونرمز لها بالرمز λ_{ef} والرمز ef اختصارا لكلمة effective وتعني الفعلية، عندئذ تصبح المعادلتين (04) و(05) كالتالي:

$$L_S = \lambda_{ef} \times W_S \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (07)$$

$$L_q = \lambda_{ef} \times W_q \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (08)$$

حيث أن

$$\lambda_{ef} = \beta \times \lambda \quad , 0<\beta<1$$

وبشكل عام يمكن إيجاد العلاقة التي تربط λ_{ef} بكلا من L_S و L_q والتي تعطى بالعلاقة التالية:

$$\lambda_{ef} = \mu \times \left(L_S - L_q\right) \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (09)$$

ويمكن التعبير بصورة عامة عن أسلوب حساب المؤشرات السابقة بعد معرفتنا لصيغة P_n

3.3. الصيغ الرياضية لأنظمة صفوف الانتظار

يمكن تصنيف نماذج صفوف الانتظار إلى قسمين كما يلي:

- صف الانتظار ذو مركز الخدمة الواحد؛
- صف الانتظار ذو مركز الخدمة المتعدد.

1.3.3. النماذج الرياضية لأنظمة صفوف الانتظار ذات القناة الواحدة:

من خلال هذا النموذج سوف نتطرق إلى نموذج صفوف الانتظار ذو المرحلة الواحدة بمجتمع غير محدود ومجتمع محدود كما سنرى لاحقا.

- **النموذج** $(M/M/01):(GD/\infty/\infty)$: هذا النموذج يشير إلى أننا أمام نظام صف انتظار فيه تدفق الوحدات طالبي الخدمة إلى النظام تخضع لتوزيع بواسون بمعدل وصول λ وزمن أداء الخدمة يخضع للتوزيع الاسي بمعدل أداء الخدمة μ وفيه أيضا مركز خدمة واحد (قناة واحدة) نظام الصف (نظام أداء الخدمة) عام، أما العدد الأعظمي للوحدات المسموح بها في النظام واستطاعة المصدر المولد للوحدات غير محدود، مع ملاحظة أنه يجب أن تكون λ أصغر من μ في هذا النموذج أي $\lambda<\mu$ وإلا فإنه ينشأ خط انتظار يزداد طوله إلى ما لانهاية (نائب و باقية، 1999، صفحة 354).

الجدول رقم (01): الصيغ الرياضية الخاصة بالنموذج $(M/M/01):(GD/\infty/\infty)$

الرمز	الاصطلاح	المعادلة الرياضية
ρ	معامل الاستخدام لمركز الخدمة	$\rho=\frac{\lambda}{\mu}\Rightarrow\rho<1$ $\lambda<\mu$
L_S	متوسط عدد الوحدات طالبي الخدمة في النظام	$L_S=\frac{\rho}{1-\rho}=\frac{\mu}{\mu-\lambda}$
L_q	متوسط عدد الوحدات طالبي الخدمة في صف الانتظار	$L_q=\frac{\rho^2}{1-\rho}=\frac{\lambda^2}{\mu\times(\mu-\lambda)}$
W_S	متوسط زمن بقاء الوحدة الواحدة من طالبي الخدمة في النظام	$W_S=\frac{L_S}{\lambda}=\frac{\frac{\rho}{1-\rho}}{\lambda}=\frac{\rho}{\lambda\times(1-\rho)}$
W_q	متوسط زمن بقاء الوحدة الواحدة من طالبي الخدمة في صف الانتظار	$W_q=\frac{L_q}{\lambda}=\frac{\frac{\rho^2}{1-\rho}}{\lambda}=\frac{\rho^2}{\lambda\times(1-\rho)}$
P_0	احتمال وجود صفر من الوحدات في النظام	$P_0=(1-\rho)$
P_n	احتمال وجود (n) من الوحدات في النظام	$P_n=\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n\times P_0=\rho^n\times(1-\rho)$ $\frac{\lambda}{\mu}<1$

المصدر: من إعداد الباحثين بتصرف

- **النموذج** $(M/M/01):(GD/N/\infty)$**:** في هذا النموذج تدفق الوحدات طالبي الخدمة يخضع لتوزيع بواسون بمعدل وصول λ وزمن أداء الخدمة يخضع للتوزيع الأسي بمعدل أداء الخدمة μ وفيه أيضا مركز خدمة واحد (قناة واحدة) نظام الصف (نظام أداء الخدمة) عام، أما العدد الأعظمي للوحدات المسموح بها في النظام فهو محدد ويساوي ل N (هذا يعني أن الطول الأعظمي لصف الانتظار (سعة مكان الانتظار) يساوي إلى (N-1)، وأخيرا استطاعة المصدر المولد للوحدات طالبي الخدمة غير محدد، الفرق بين هذا النموذج و سابقه هو تحديد عدد الوحدات طالبي الخدمة في النظام، وبالتالي لا يمكن أن ينضم إلى الوحدات طالبي الخدمة في النظام أي وحدة أخرى، طالما أنه موجود في النظام N وحدة لأنها سترفض مباشرة، ونتيجة لذلك فإن معدل الوصول الفعلي للوحدات λ_{ef} في هذا النموذج يصبح أقل من معدل الوصول λ، إن احتمال وجود n وحدة طالبة خدمة في النظام في وحدة زمنية معينة تعطى بالعلاقتين التاليتين (نائب و باقية، 1999، صفحة 359):

$$P_n = \begin{cases} \left(\dfrac{1-\rho}{1-\rho^{N+1}}\right)\times\rho^n & :\rho\neq 1 \\ & \qquad n=0,1,2,........,N \\ \dfrac{1}{N+1} & :\rho=1 \end{cases}$$

علما أن $\rho=\dfrac{\lambda}{\mu}$ يجب ألا تكون أقل من الواحد ونلاحظ هنا أن عدد الوحدات أو العملاء في النظام منظمة بطول الصف التي تساوي إلى N-1 وليس بدلالة λ و μ وباستخدام P_n، كما يمكن ايجاد العدد المتوقع في النظام و متوسط عدد الوحدات طالبي الخدمة في صف الانتظار و متوسط زمن بقاء الوحدة الواحدة من طالبي الخدمة في النظام و متوسط زمن بقاء الوحدة الواحدة من طالبي الخدمة في صف الانتظار من خلال العلاقات التالية:

- متوسط عدد الوحدات طالبي الخدمة في النظام (L_s) (سعيد، 2007، صفحة 361)

$$L_S = \begin{cases} \dfrac{\rho\times\left(1-\left(N+1\right)\times\rho^N+N\times\rho^{N+1}\right)}{\left(1-\rho\right)\times\left(1-\rho^{N+1}\right)} & :\rho\neq 1 \\ \dfrac{N}{2} & :\rho=1 \end{cases}$$

أما المؤشرات L_q و W_s و W_q فيمكننا حسابها بالاعتماد على L_s ولكن يجب الأخذ بعين الاعتبار قيمة معدل الوصول الفعلي λ_{ef}، ويمكن إيجاد معادلة الوصول الفعلي من خلال العلاقة التالية:

$$\lambda_{ef} = \lambda\left(1-P_N\right)$$

وبالتالي فإن متوسط زمن بقاء الوحدة الواحدة من طالبي الخدمة في النظام يعطى بالعلاقة التالية:

$$W_S=\frac{L_S}{\lambda_{eff}}=\frac{L_S}{\lambda\times(1-P_N)}$$

أما متوسط زمن بقاء الوحدة الواحدة من طالبي الخدمة في صف الانتظار يعطى بالعلاقة التالية (نائب و باقية، 1999، صفحة 360):

$$W_q=\frac{L_q}{\lambda_{eff}}=\frac{L_q}{\lambda\times(1-P_N)}$$

ويمكن إيجاد علاقة بين L_S و L_q كالتالي (سعيد، 2007، صفحة 361):

$$L_S=L_q+\frac{\lambda\times(1-P_N)}{\mu}$$

- **النموذج** $(M/M/01):(GD/\infty/N)$: يختلف هذا النظام عن نظام $(M/M/01):(GD/\infty/\infty)$ من حيث كون احتمال الوصول يعتمد على عدد الزبائن المحتمل دخولهم إلى النظام بحيث إذا كان N يمثل حجم المجتمع و n يمثل عدد الزبائن المحتملين في صف الانتظار فإن أي وصول جديد يتولد من N–n، ويمكن إعطاء العلاقات الخاصة بهذا النموذج كالتالي:

– احتمال وجود صفر من الوحدات في النظام P_0 هو (نجم، 2013، صفحة 385):

$$P_0=\frac{1}{\sum_{n=0}^{N}\left(\frac{N!}{(N-n)!}\right)\times\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n}$$

– احتمال وجود n من الزبائن في النظام P_n هو:

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

– متوسط عدد الوحدات طالبي الخدمة في صف الانتظار L_q:

$$L_q=N-\frac{\lambda+\mu}{\lambda}\times(1-P_0)$$

– متوسط عدد الوحدات طالبي الخدمة في النظام L_S:

$$L_S=L_q+(1-P_0)=N-\left(\frac{\mu}{\lambda}\right)\times(1-P_0)$$

– متوسط زمن بقاء الوحدة الواحدة من طالبي الخدمة في صف الانتظار W_q:

$$W_q=\frac{L_q}{\lambda\times(N-L_S)}=\frac{L_q}{\mu\times(1-P_0)}$$

– متوسط زمن بقاء الوحدة الواحدة من طالبي الخدمة في النظام W_S:

$$W_S = W_q + \frac{1}{\mu} \Rightarrow W_S = \frac{L_q}{\mu \times (1-P_0)} + \frac{1}{\mu} \Rightarrow W_S = \frac{L_q + (1-P_0)}{\mu \times (1-P_0)}$$

2.3.3. النماذج الرياضية لأنظمة صفوف الانتظار ذات القنوات المتعددة:

من خلال هذا النموذج سوف نتطرق إلى نموذج صفوف الانتظار ذات القنوات المتعددة بمجتمع غير محدود ومجتمع محدود كما سنرى لاحقا.

▪ **النموذج** $(M/M/C):(GD/\infty/\infty)$: يتصف هذا النموذج بتدفق الوحدات طالبي الخدمة الخاضعة لتوزيع بواسون بمعدل وصول λ و بزمن أداء الخدمة الخاضع للتوزيع الأسي بمعدل أداء الخدمة μ، أما عدد مراكز الخدمة فهو يساوي إلى C مركز (قناة) و سعة مكان الانتظار واستطاعة المصدر المولد للوحدات غير محدد بالإضافة إلى أن نظام أداء الخدمة عام (نظام صف عام).

إن وجود C مركز الخدمة في النظام يؤدون نفس العمل مقارنة مع حالة نظام ذو قناة واحدة، يعني تسريع عملية الخدمة C مرة، فإذا أخذنا بعين الاعتبار إمكانية وصول n زبون في آن واحد فعندئذ إذا كان:

- ✓ $n \geq C$ أي عدد وحدات طالبي الخدمة الواصلة إلى النظام أكبر أو يساوي إلى عدد مراكز الخدمة، عندئذ معدل أداء الخدمة يساوي إلى $C \times \mu$.
- ✓ $n < C$ أي عدد وحدات طالبي الخدمة الواصلة إلى النظام أقل من عدد مراكز الخدمة، عندئذ معدل أداء الخدمة يساوي إلى $n \times \mu$.

ويعتبر هذا النموذج تعميما للنموذج $(M/M/01):(GD/\infty/\infty)$ مع الأخذ بعين الاعتبار أن سرعة أداء الخدمة ستزداد بمقدار $n \times \mu$ عندما $n < C$ وبمقدار $C \times \mu$ عندما $n \geq C$، أما الصيغ المختلفة لهذا النموذج فيمكن أن نقدمها كالتالي:

- احتمال وجود صفر من الوحدات في النظام P_0 هو:

$$P_0 = \frac{1}{\sum_{n=0}^{C-1} \frac{\rho^n}{n!} + \frac{\rho^C}{C! \times \left(1 - \frac{\lambda}{C \times \mu}\right)}}$$

- احتمال وجود n وحدة طالبة خدمة في النظام P_n في وحدة زمنية معينة هو:

$$P_n = \begin{cases} \left(\frac{\rho^n}{n!}\right) \times P_0 & 0<n \leq C \\ \left(\frac{\rho^n}{C^{n-c} \times C!}\right) \times P_0 & n>C \end{cases}$$

حيث أن معامل الانشغال لهذا النموذج يجب أن يكون اصغر من الصفر أي أن (نائب و باقية، 1999، الصفحات 363-364):

$$\rho_C = \frac{\rho}{C} = \frac{\lambda}{C \times \mu}$$

- متوسط عدد الوحدات طالبي الخدمة في النظام L_S (الشمرتي, حامد سعد نور; الزبيدي, علي خليل، 2007، صفحة 498):

$$L_S = \left(\frac{\lambda \times \mu \times \rho^C}{(C-1)! \times (C \times \mu - \lambda)^C} \right) \times P_0 + \frac{\lambda}{\mu}$$

- متوسط عدد الوحدات طالبي الخدمة في صف الانتظار L_q (عادل، عليوة، و حبشي، 1985، صفحة 239):

$$L_q = L_S - \rho = \frac{\left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^{C+1}}{C! \times \left(1 - \frac{\lambda}{\mu} \right)^2} \times P_0$$

- متوسط زمن بقاء الوحدة الواحدة من طالبي الخدمة في صف الانتظار W_q : $W_q = \frac{L_q}{\lambda}$

- متوسط زمن بقاء الوحدة الواحدة من طالبي الخدمة في النظام W_S : $W_S = W_q + \frac{1}{\mu}$

4. قياس جودة الخدمات البنكية باستعمال نظرية صفوف الانتظار- دراسة تطبيقية BNA Tiaret

إن دراسة ظاهرة الوصول الزبائن ذات أهمية في نظرية الصفوف الانتظار حيث تكون عمليات الوصول الزبائن بشكل غير منتظم وفق فترات زمنية غير متساوية ولا يمكن تحديدها مسبقا من أجل معرفة التوزيع الاحتمالي الذي تخضع له ظاهرة وصول الزبائن إلى مركز الخدمة في البنك، حيث قمنا بمتابعة الوصول لهؤلاء الزبائن وقد تم اختيار 200 فترة عشوائية حيث تم اختيار فترة أو عدة فترات في كل يوم وبعدها تم تجميع المعلومات في جدول يضم الفترات المختارة وعدد الزبائن الواصلين خلال كل أسبوع والتي تم فيها تسجيل عدد الزبائن الواصلين كل 15 دقيقة، و يمكننا حساب معدل الوصول λ والذي يعبر في حياتنا عن متوسط عدد الزبائن الواصلين لنظام خلال فترة الزمنية مقدرة 15 دقيقة، وبعد ذلك تم التوصل إلى معدل وصول الزبائن $\lambda = 0.96$ زبون في الدقيقة، كما تتميز أزمنة أداء الخدمة بالعشوائية و بأنها غير ثابتة وتختلف من زبون لأخر ولمعرفة التوزيع الاحتمالي التي تخضع له أزمنة الخدمة سيتم إتباع نفس الخطوات التي قمنا بها لمعرفة توزيع الوصول ، حيث يحسب زمن الخدمة منذ

دخول الزبون إلى البنك حتى لحظة خروجه ، وقد تم اختيار (200 فترة خدمة) بطريقة عشوائية ، وبعد العمليات الحسابية الضرورية تم الوصول إلى معلمة التوزيع الأسي والتي تساوي $\mu = 0.40$ ومن أجل معرفة وتحديد نوع النموذج لصف انتظار الزبائن في البنك الوطني الجزائري في تيارت يجب تحديد الخصائص الرئيسية لظاهرة الانتظار، وكذلك بهدف قياس مستوى جودة الخدمة المقدمة من مراكز خدمة العاملين في البنك وتحليل توقعات الزبائن حول الوقت الذي يمكن أن ينتظروه من أجل الحصول على الخدمة.

وبعد القيام بالدراسة الإحصائية لأوقات الوصول والخدمة التي قمنا بها سابقا، يمكن تحديد الخصائص الرئيسية لنموذج صف انتظار الزبائن في البنك الوطني الجزائري في تيارت وهي كالتالي:

$$(M/M/03):(FCFS/\infty/\infty)$$

وباستخدام البرنامج المتخصص في بحوث العمليات QM for windows V5 وبإدخال معلمة التوزيع البواسني ومعلمة التوزيع الأسي سيتم إيجاد مختلف مقاييس الأداء.

1.4. النتائج ومناقشتها:

يمكن حساب المؤشرات الأخرى التي تخص صفوف الانتظار بالبنك الوطني الجزائري في تيارت فنختار نموذج M/M/S خاصة بأن وصول الزبائن يتبع التوزيع بواسوني و أزمنة الخدمة تتبع توزيعا أسيا وهناك عدة مراكز للخدمة وبعد اختيار النموذج M/M/S وإدخال القيم التالية فيه:

معامل الاستخدام (P): وهو أول مؤشر نقوم بحسابه، ويشترط فيه أن يكون $P<1$

$$\begin{cases} \lambda = 0.96 \\ \mu = 0.40 \Rightarrow P = \dfrac{\lambda}{C \times \mu} = \dfrac{0.96}{03 \times 0.40} = 0.80 \\ c = 03 \end{cases}$$

بعد إدخال كل من معدل الوصول ومعدل الخدمة نتحصل على مختلف مقاييس من خلال ملاحظة مختلف النتائج السابقة وجدنا أن:

– معامل الاستخدام يساوي 0،80 وهذه النتيجة تعني أن احتمال أن يكون النظام (مركزي الخدمة أو العاملين) مشغولا يساوي 0،80 أي أن 80% من الوقت يكون العاملون فيه في حالة عمل وهذا ما يعطي إشارة واضحة على وجود ازدحام كبير للزبائن في البنك الوطني في تيارت، وهذه النتيجة تدل على أن العاملين لا يكونون في حالة راحة إلا بنسبة 20% من الوقت؛

– متوسط عدد الزبائن في صف الانتظار يساوي02،59، أي أن هناك حوالي 03 زبائن في صف الانتظار؛

– متوسط عدد الزبائن في النظام 04،99 أي عدد الزبائن في صف الانتظار بالإضافة إلى عدد الزبائن الذين تقدم لهم الخدمة هو 05 زبائن؛

– متوسط الوقت المستغرق في الصف يساوي 02،70 دقيقة، حيث يعتبر هذا المؤشر ذا أهمية على البنك الوطني الجزائري في تيارت، فدراسة هذا الوقت وتفسيره قدر الإمكان بالنسبة إلى الزبون المنتظر في الصف بمقارنة هذه النتيجة المتحصل عليها مع توقعات الزبائن في المقابلة نجد أن كل الزبائن لا يرضيهم الوضع الحالي حيث أن هناك فئة من الزبائن يستطيعون انتظار فترة الخدمة فقط؛

– متوسط وقت الزبون المستغرق في النظام يساوي 05،20 دقائق ويعتبر هذا المؤشر من مؤشرات جودة الخدمة البنكية وتعتبر هذه المدة طويلة وهذا راجع لطول الوقت الذي يقضيه الزبون في صف الانتظار لأن العميل لا يستغرق وقتا طويلا في تأدية الخدمة بحيث يقدر ب 03 دقائق وهذا ما يدل على أن وصول الزبائن الكبير يفوق معدل الخدمة المقدمة.

خاتمة:

بعد تطبيق نظرية صفوف الانتظار على بعض الخدمات التي يقدمها البنك الوطني الجزائري من خلال وكالته بتيارت، فقد وضعت هذه النظرية من أجل تحسين جودة الخدمة البنكية و إعطاء نموذج يرتكز على أسس علمية تساعد في تقليص الأزمنة الطويلة التي يقضيها الزبائن في صفوف الانتظار، و إن أهم شيء قدمته هذه النظرية هو اقتراحها نموذجا أمثلا لصف انتظار الزبائن بطرق إحصائية دقيقة.

من خلال نتائج المؤشرين W_S, W_q الأخيرين و بالمقارنة مع النتائج نجد أن زمن الانتظار للزبون في الصف أو في النظام ككل طويل نوعا ما وهذا ما يدل على نقص الجودة في البنك الوطني الجزائري.

الاقتراحات:

ومن أجل تغيير الوضع الحالي وتحسين جودة الخدمات المقدمة وتخفيض الصف على مركزي الخدمة (عاملين) على متخذ القرار في البنك الوطني الجزائري التفكير في تخفيض زمن الانتظار واتخاذ الإجراءات اللازمة وإضافة مركز خدمة جديد.

و في الأخير يمكن أن نقول أن نظرية صفوف الانتظار كغيرها من النظريات، لها شروط و فرضيات محددة لإمكانية تطبيقها، ففي ظل هذه الفرضيات يمكن لهذه النظرية أن تساعد بشكل فعال في حل مشاكل الانتظار.

المراجع:

براهيم نائب، و أنعام باقية، 1999، بحوث العمليات، خوارزميات وبرامج حاسوبية. عمان، الاردن: دار وائل للنشر والتوزيع.

احمد عبد إسماعيل الصفار، و ماجدة عبد اللطيف التميمي، 2007، بحوث العمليات تطبيقات على الحاسوب، عمان، الاردن: دار المناهج للنشر والتوزيع.

الشمرتي, حامد سعد نور; الزبيدي, علي خليل، 2007، مدخل الى بحوث العمليات (الإصدار الطبعة الاولى)، عمان، الاردن: دار مجدلاوي للنشر والتوزي.

النعيمي, م، ع،, الحمداني, ر، ش،, الحمداني, أ، ش،2011 ، بحوث العمليات ، الطبعة الثانية، عمان, الاردن: دار وائل للنشر والتوزيع.

حامد سعد نور الشمرتي، 2010، بحوث العمليات "مفهوما وتطبيقا"، بغداد، العراق: مكتبة الذاكرة.

زيد تميم البلخي، 2006، مقدمة في بحوث العمليات، المملكة العربية السعودية، المملكة العربية السعودية: جامعة الملك سعود.

سهيلة عبد الله سعيد، 2007، الجديد في الاساليب الكمية وبحوث العمليات (الإصدار الاولى)، عمان، الاردن.

سونيا محمد البكري، 1997، استخدام الاساليب الكمية في الادارة، الاسكندرية، مصر: مطبعة الاشعاع.

مازن بكر عادل، محمد كامل عليوة، و جميل حنا حبشي، 1985، بحوث العمليات للادارة الهندسية، بغداد، العراق: الجامعة التكنولوجية،

ماهر وحيد أحمد، 2013، بحوث العمليات والطرق الكمية، مصر، القاهرة: جامعة عين شمس.

محمد محمد كعبور، 1992، أساسيات بحوث العمليات -نمذج وتطبيقات- (الإصدار الاولى)، ليبيا، منشورات كلية المحاسبة-غريان-.

نجم عبود نجم، 2013، مدخل الى الاساليب الكمية-النماذج الاحتمالية- مع التطبيقات باستخدام Microsoft Excel-(الإصدار الطبعة الاولى)، عمان، الاردن: مؤسسة الوراق للنشر والتوزيع.

الملاحق

الملحق 1

الجدول رقم 02: إدخال معدلي الوصول والخدمة وعدد مراكز الخدمات

Cost analysis

No costs

Use Costs

Time unit (arrival, service rate)

Minutes

دراسة حالة: البنك الوطني الجزائري وكالة تيارت

Parameter	Value
M/M/s	
Arrival rate(lambda)	0.96
Service rate(mu)	0.40
Number of servers	3

المصدر: من إعداد الباحثين باستخدام برنامج QM for windows V5

الملحق 2

الجدول رقم 03: مقاييس أداء النموذج

Cost analysis

No costs

Use Costs

Time unit (arrival, service rate)

Minutes

دراسة حالة: البنك الوطني الجزائري وكالة تيارت Solution

Parameter	Value		Parameter	Value	Seconds	Seconds * 60
M/M/s			Average server utilization	,8		
Arrival rate(lambda)	,96		Average number in the queue(Lq)	2,59		
Service rate(mu)	,4		Average number in the system(L)	4,99		
Number of servers	3		Average time in the queue(Wq)	2,7	161,8	9707,86
			Average time in the system(W)	5,2	311,8	18707,86

المصدر: من إعداد الباحثين باستخدام برنامج QM for windows V5.