نظرية صفوف الانتظار: (Queuing Theory)

أولا: تمهيد: يعتبر مشاكل الانتظار من المشاكل المعروفة لدينا في حياتنا اليومية الاعتيادية، إذ نشاهد الناس في صفوف **(طوابير)** انتظار في المؤسسات العمومية والخاصة، وتمتد لتشمل العناصر غير البشرية كانتظار الطائرات على الممرات للإقلاع، وانتظار السفن في الموانئ لتفريغ البضائع أو شحنها، وانتظار برامج الكمبيوتر للتنفيذ، وانتظار الأجهزة والآلات المعطوبة لإصلاحها ... إلخ.

وتتلخص المسألة في مثل هذه الحالات بتتابع وصول العناصر التي تحتاج للخدمة، والتي نسميها بالزبائن (customers)إلى إمكانية (facility) ما تستطيع أن تقدم لهم هذه الخدمة، ونسميها عادةً محطة الخدمة service) (stationأو قنوات الخدمة .(service channels) فإذا كانت محطة الخدمة مشغولة، فإن الزبائن يقفون أمامها في صف أو طابور (queue) بانتظار تقديم الخدمة لهم، وتحتاج عملية تقديم الخدمات للزبائن إلى تنظيم دقيق، إلا أن مثل هذا التنظيم هو من الأمور غير السهلة. فمن المعروف أن إدارة النظام (النظام هنا هو قناة أو قنوات الخدمة) تحرص على تلبية جميع الزبائن، وهذا أمر صعب بل ومستحيل أحيانًا لما يترتب على ذلك من تكاليف كبيرة للنظام. ولذلك فإن ما تهدف إليه أنظمة صفوف الانتظار عادة هو تحقيق مستوى مقبول من الخدمة (appropriate level of services)لزبائنها ضمن مستوى معقول من التكاليف.

ثانيا: أهمية نظرية صفوف الانتظار:

- **تقليل تكاليف الانتظار :**تُساعد نظرية صفوف الانتظار في تحسين إدارة العمليات وتقليل زمن الانتظار، مما يُؤدي إلى خفض التكاليف المترتبة على ذلك.
- **تحسين رضا العملاء :**تُحسّن نظرية صفوف الانتظار من تجربة العملاء من خلال تقليل زمن الانتظار وتحسين جودة الخدمة.
- **زيادة كفاءة العمليات :**تُساعد نظرية صفوف الانتظار في تحسين كفاءة العمليات من خلال تحسين تخصيص الموارد وتقليل وقت التوقف.

ثالثا: خصائص ومكونات نظرية صفوف الانتظار (الطوابير):

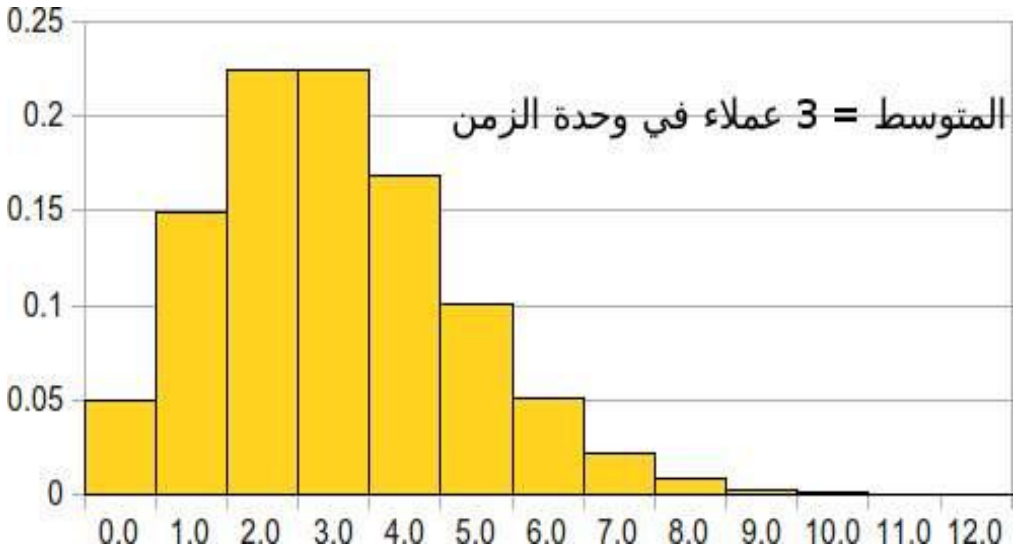
نظرية صفوف الانتظار تهتم بدراسة سلوك وأداء الأنظمة التي تتكون من صفوف من العملاء أو الوحدات القادمة للخدمة، تشمل هذه النظرية مجموعة من الخصائص والمكونات مثل وصف الوصول ونوع الخدمة والقدرة على الخدمة ونوع الانتظار ووقت الانتظار واستراتيجيات إدارة الطوابير والتوزيع الاحتمالي لأوقات الخدمة وقياسات الأداء والأهداف. وان فهم هذه الجوانب يساعد في تحليل وتصميم نظم الطوابير بشكل فعال لتحسين تجربة العميل وزيادة كفاءة العملية.

أ- **مصدر طالبي الخدمة** "Source of Service Demand" : إن مصدر طالبي الخدمة يختلف من حالة لأخرى، ففي بعض الحالات يكون هناك مصدر طالبي الخدمة غير محدود (أي كبير جدا) (infinite)، وفي حالات أخرى يكون مصدر طالبي الخدمة محدودا (finite) فالبنك والمستشفى والسوق التجاري يتعامل مع عدد غير محدود من طالبي الخدمة لأن الخدمة غير قاصرة على بضعة أفراد بل يمكن لأي فرد أن يقرر الذهاب إلى السوق التجاري في أي وقت، ولكن الموظف المسئول عن صيانة عدد محدد من الماكينات في المصنع فإنه يتعامل مع عدد محدود من طالبي الخدمة، وكذلك الممرضة التي تتابع عدد محدد من المرضى وهكذا.

ب- **طول الطابور** "Queue Length" : أحيانا يكون طول الطابور محدودا بمساحة أو عدد مقاعد وكثيرا ما يكون الطول غير محدود فالطابور قد يمتد عبر الطريق المجاور أو عبر السلالم. لاحظ أن طول الطابور يختلف عن مصدر طالبي الخدمة، فالأخير يتعلق بكل من بإمكانهم الذهاب لطلب الخدمة، بينما الأول يتعلق بالمنتظرين داخل مكان تقديم الخدمة في نفس الوقت.

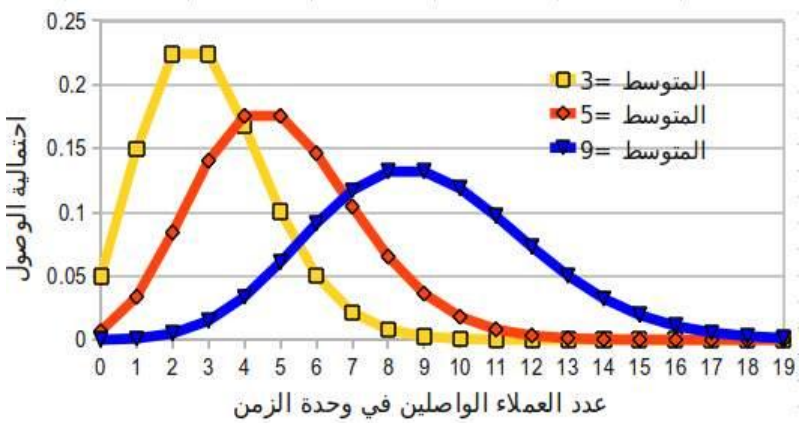
ت- **نظام الطابور** "Queueing System": نظام الطابور يعني طريقة ترتيب العملاء أو النظام الذي بمقتضاه يحصل هذا على الخدمة قبل ذاك. هناك أنظمة متعددة وأكثرها شيوعا هو الخدمة بأسبقية الحضور (First Come First Served) بمعنى أن من يأتي أولا يحصل على الخدمة أولا، ولكن هناك أنظمة أخرى مثل تحديد أولويات الحصول على الخدمة حسب خاصية معينة مثل خطورة الحالة في طوارئ المستشفى أو نوع الخدمة المطلوبة: سريعة أم عادية. ولكل نظام تطبيقاته ولكن نظام الخدمة بأسبقية الوصول هو الأكثر استخداما في نظرية الطوابير.

ث- **التوزيع الاحتمالي لوصول العملاء** (Probability Distribution of Customer Arrivals)**:** معدل وصول العملاء يعني العدد المتوسط للعملاء الذين يصلون في وحدة الزمن، فعندما يصل 100 عميل في أربع ساعات فإن معدل وصول العملاء يساوي 100 / 4 = 25 عميل في الساعة، هذا لا يعني أن كل ساعة سيحضر 25 عميلا ولكن قد يحضر ثلاثون في الساعة الأولى وعشرون في الثانية، فهذا هو العدد المتوسط في الساعة.



عادة ما يصل العملاء بشكل عشوائي (أي غير منظم) وبشكل مستقل أي أن وصول هذا العميل لا يرتبط بحضور غيره، وقد وجد الباحثون أن معدل وصول العملاء لطلب الخدمة يخضع عادة لتوزيع احتمالي يسمى بتوزيع بوسون (Distribution Poisson Probability)، ويمكننا فهم توزيع وصول العملاء على أنه معادلة تحدد احتمالية وصول عدد من العملاء في وقت محدد، فإذا كان معدل وصول العملاء هو 25 عميل في الساعة فما هي احتمالية وصول 15 عميلا في الساعة أو 50 عميلا في الساعة؟ هذا ما يحدده التوزيع الاحتمالي. الشكل أعلاه يبين توزيع بوسون لمتوسط 3 عملاء في وحدة الزمن (الدقيقة على سبيل المثال)، يمكن ملاحظة ان التوزيع يبين احتمالية حضور 8 عملاء في الدقيقة ولكن هذا قليل الحدوث، وهناك احتمالية لحضور عميل واحد في الدقيقة أو أربعة أو ستة وهكذا، ولكل حالة نسبة حدوثها حسب الرقم المبين على المحور الرأسي.

أما الشكل أدناه فيبين اختلاف توزيع بوسون حسب اختلاف معدل الحضور من 3 إلى 5 إلى 9.



ج- **التوزيع الاحتمالي لزمن الخدمة ("Probability Distribution of Service Time"):** أما زمن الخدمة فإن نظرية الطوابير تفترض أنه يخضع للتوزيع الأسي (Exponential Distribution) وهو ما ينطبق على الكثير من الخدمات، ولكن من المهم أن نتأكد قبل استخدام نظرية الطوابير من أن زمن الخدمة الفعلي يتبع التوزيع الأسي فعلا وإلا فإن علينا اللجوء لأساليب أخرى مثل المحاكاة بالحاسوب أو بعض الحلات الخاصة من نظرية الطوابير.

ولو تأملنا الشكل أدناه للاحظنا أنه من المقبول أن يشابه هذا المنحنى زمن الخدمة الحقيقي، فالمنحنى يتميز بوجود احتمالية كبيرة لأن يكون زمن الخدمة أقل من المتوسط، وهناك احتمال لزيادة الزمن عن المتوسط ولو بزيادات كبيرة في أحيان قليلة جدا، وفي الواقع فإن الخدمة التي تتم عادة في دقيقتين قد تستغرق دقيقة ونصف في أحيان عديدة وقد تستغرق 5 دقائق في أحوال قليلة وقد تستغرق سبع دقائق في أحوال نادرة.