المحور الثاني:نماذج صفوف الإنتظار.

مقدمة:

تستخدم نماذج الصفوف في دراسة المواقف التي تتسم بنقاط الاختناق وطوابير الانتظار، ويتكون طابور الانتظار عندما يطلب العملاء الخدمة ولا يحصلون عليها في الحال، وذلك بسبب عدم توازن الطلب على الخدمة وطاقة مركز الخدمة، ومن الأمثلة على المشكلات التي يحتاج فيها متخذ القرار إلى الاستعانة بنظرية الصفوف: مشكلة انتظار السيارات للإصلاح والصيانة في محطة خدمة ما، مشكلة الكتب التي تنتظر دورها في الطباعة في المطبعة، مشكلة الآلات التي تنتظر دورها في الصيانة الوقائية
أو الإجرائية في مصنع ما.

1.نشأة صفوف الإنتظار :

يرجع الفضل في معرفة نظرية صفوف الإنتظار إلى المهندس الدنماركي إيرلنق وذلك عام1909م حيث أجرى تجاربه على مشكلة كثرة المكالمات الهاتفية، وتعرض طالبو هذه المكالمات إلى التأخير لعدم قدرة العملات على تنفيذ الطلبات الواردة بنفس السرعة التي تتصل بها، وقد عالج إيرلنق المشكلة بحساب التأخير بالنسبة لعاملة واحدة قي ذلك الحين، وفي عام 1917م تكرر البحث في تلك المشكلة ولكن بالنسبة لأكثر من عاملة واحدة، ونشأت بذلك نظرية صفوف الإنتظار وامتد إستخدامها لحل العديد من المشكلات الإدارية المشابهة، وتستخدم الآن هذه النظرية على نطاق واسع في جميع المنشآت الإنتاجية كوسيلة رياضية لخدمة الإدارة في اتخاذ أنسب القرارات حول هذه النوعية من المشكلات.

تعريف صفوف الانتظار:

يمكن تعريف صفوف الانتظار بأنها "هي المعادلات والعلاقات الرياضية التي يمكن توظيفها من أجل تحديد خصائص تشغيل لخط انتظار معين".

ويمكن تعريفها أيضا"بأنها النظرية التي تهتم بوضع الأساليب الرياضية اللازمة لحل المشاكل المتعلقة بالمواقف التي تتسم بنقاط الاختناق، أو تشكل صفوف إنتظار نتيجة لوصول الوحدات الطالبة للخدمة وإنتظار دورها لتلقي الخدمة، 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 أنشأ من أجله، ويكون ذالك عن طريق قياس رياضي دقيق لمتوسط وقت الانتظار للحصول على الخدمة.

بوجه عام تنشأ مشكلات صفوف الانتظار عند تحقق إحدي 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.

تقوم صفوف الإنتظار على علاج المشكلة في الحالتين للوصول إلى الموقف الأمثل الذي يحقق تخفيضا في وقت الانتظار لكل من العملاء ووحدات تأدية الخدمة، بحيث تصبح مدة الانتظار لكلاهما معا أقل ما يمكن.

أهمية صفوف الانتظار:

يوجد العديد من الأعمال التي تبرز أهمية صفوف الإنتظار وهي:

1.ارتباط صفوف الانتظار بتكلفة تهيئة مكان الانتظار.

2.ارتباط صفوف الانتظار باحتمال فقدان مجال النشاط نظرا لمغادرة العملاء لخط الخدمة قبل حصولهم على الخدمة أو رفض الانتظار من أساسه.

3.ارتباط صفوف الانتظار باحتمال سوء سمعة المنشأة نتيجة بطء تقديم الخدمة.

4.ارتباط صفوف الانتظار باحتمال رضا العميل.

عناصر نظرية صفوف الانتظار:

توجد أربعة عناصر رئيسية لمشكلة صفوف الإنتظار وهي:

1.طالب الخدمة (العميل).

2.خط الانتظار (الطابور).

3.مقدم الخدمة.

4.نظام الخدمة.

وسوف يتم شرح كل عنصر بشيء من التفصيل المناسيب لتمكننا لاحق من فهم بعض المصطلحات التي قد يشوبها الغموض.

أولا-طالب الخدمة (العميل)

يقصد بطالب الخدمة أنه العنصر أو العميل سواء كان بشريا أو ماديا، ويجب الأخذ في الاعتبار لثلاثة خصائص لعملية وصول العملاء وهم:حجم المجتمع الذي يطلب الخدمة، شكل ونمط وصول العملاء(طالبي الخدمة)، وأخيرا سلوك طالبي الخدمة للحصول على الخدمة أو الخدمات.

فالمجتمع الذي يطلب الخدمة من الممكن أن يكن مجتمع غير محدود (لا نهائي) أو (نهائي)، عندما يكون عدد العملاء(طالبي الخدمة) في لحظة معينة يمثل جزء صغير من طالبي الخدمة فإنه يطلق على حجم المجتمع في هذه الحالة بأنه مجتمع غير محدود، مثال ذلك عدد السيارات في لحظة معينة والتي تطلب التزود بالبنزين في محطة على الطريق السريع يمثل جزءا من المجتمع غير محدود. وتبنى معظم نماذج الصفوف على هذه الخاصية (خاصية المجتمع غير المحدود)، ومن الأمثلة على المجتمع المحدود مكتبة لكتابة الرسائل العلمية به ثلاثة أجهزة كمبيوتر، فعندما تحدث بعض الأعطال لجهاز من هذه الأجهزة، فإن رجل الصيانة(مقدم الخدمة) أو مندوب الصيانة ينظر إلى المكتب على أنه مجتمع محدود.

أيضا يجب ملاحظة نمط وصول العملاء فقد يكون وصول العملاء طالبي الخدمة إلى محطة الخدمة يأتي وفقا لجدول زمني معروف ومحدد أو يتم وصول العملاء عشوائيا، فوصول العملاء متلقي الخدمة عشوائيا عندما يكون كل عميل مستقل عن العملاء الأخرين، كما لا يمكن التنبؤ بحدوث عملية الوصول لمتلقي الخدمة، و يترتب على ذلك أن عدد العملاء متلقي الخدمة لكل وحدة من الزمن يمكن تقديرها باستخدتم توزيع بواسون.

أيضا يجب ملاحظة سلوك طالبي الخدمة فيفترض في معظم نماذج الصفوف أن متلقي(طالب)الخدمة عندما يصل سوف ينتظر حتى يتلقى الخدمة، ولن يقوم بتغيير محطة الخدمة أو الصف الذي وصل إليه، ولكن عمليا نجد في كثير من الحالات التي يرفض فيها العميل(المتلقي)الخدمة الإنضمام لصف الانتظار، ذلك لأن طول الصف لن يحقق له احتياجاته ورغباته من تلقي الخدمة بشكل أو بأخر في وقت معين ويطلق على العميل في هذه الحالة "العميل الذي يتوقف فجأة عند إتمام تلقي الخدمة، وفي بعض الحالات الأخرى قد يرتد العميل ويغادر الصف قبل تلقي الخدمة.

ثانيا:خط الانتظار(الطابور):

بعد وصول طالبي الخدمة فإنهم سوف يتحولون إلى طوابير، هده الطوابير لها خصائص مختلفة حسب طولها وحسب طريقة تنظيمها وحسب القاعدة التي يتم خدمة العميل على أساسها.

فطول خط الطابور قد يكون محدود أو غير محدود، بمعنى أنه إذا كانت هناك قيود تعوق جعل الطابور غير محدود فإنه من المنطقي جعل الطابور محدود فمثلا إذا وجد في محل حلاقة 05مقاعد فهذا يعني أن الطابور لابد أن يكون محدود ولا يزيد عن 05أشخاص فقط لأنه إذا أنه وصل عدد من طالبي الخدمة أكثر من 05أشخاص فإنهم لن يجدوا مكانا للانتظار.

يختلف أيضا طول الطابور حسب الأسلوب أو مجموعة العناصر التي تتبع في خدمة العملاء ويوجد عدة أساليب من ضمنها:

-قاعدة الواصل أولا يخدم أولا Fifo وهذا المبدأ هو السائد في معظم أنظمة الصفوف،كما في خدمة العملاء حين شراء التذاكر للمباريات أو دفع قيمة المشتريات في إحدى المؤسسات أو محطات الوقود وغيرها.

–قاعدة الواصل ألا يخدم أخيرا Lifo وهذا يعني أن العميل الذي يأتي أخيرا يخدم أولا حسب عكس ترتيب الوصول، ويستخدم هذا المبدأ في معظم أنظمة التخزين حيث يتم استهلاك البضاعة التي خزنت أخيرا لأنها تكون في متناول اليد.

قاعدة الخدمة العشوائية SIRO حيث لا يتبع نظام محدد في خدمة الزبائن فمن يطلب الخدمة يحصل عليها، ويتم اختيار العنصر في شكل عشوائي لخدمتها بغض النظر عن وقت وصولها كما هو الحال في بعض عمليات إدخال البيانات.

-قاعدة الخدمة للأفضلية PRI فتعطى الأولوية في الخدمة مثلا "للعميل الذي قام بحجز مسبق،أو لعلاج المرضى في المستشفيات في حالات الإسعاف، أو للعملاء الذين يرتدون اللباس الرسمي لأنهم على رأس عملهم وللوقت أهمية لديهم، أو قد تكون الأفضلية حسب ترتيب أو مقياس معين.

ثالثا: مقدم الخدمة:

هي الجهة (الأفراد أو الوسائل) التي تقدم الخدمة مباشرة لطالبي الخدمة ويخلف مقدمي الخدمة حسب عدد منافذ تقديم الخدمة، حسب تسلسل تقديم الخدمة، حسب سرعة أداء تنفيذ الخدمة.

رابعا: نظام الخدمة:

يمكن تقسيم أنظمة الخدمة على عدة أقسام حسب الهدف من التقسيم، فيمكن تقسيمها إلى أنظمة خدمة بدون صف انتظار، أنظمة خدمة مع وجود صف انتظار.

أنظمة خدمة دون صف انتظار يحدث ذلك عندما يصل طالب الخدمة إلى النظام في لحظة يكون فيها جميع مقدمي الخدمة مشغولين فيغادر النظام دون تلقي للخدمة ولا تقدم له الخدمة لاحقا مثل طلب رقم هاتف ما إذا كان الرقم مشغولا فإن الطلب يلقى الرفض ويغادر دون تلقي الخدمة.

أنظمة خدمة مع صف انتظار يحدث ذلك عندما يصل طالب الخدمة إلى النظام في لحظة تكون فيها جميع مقدمي الخدمة مشغولين ولا يغادر النظام بل يقف في صف الانتظار على أمل الحصول على الخدمة لاحقا، وتصنف أنظمة الخدمة مع صف انتظار إلى عدة أنواع: صفوف الإنتظار المحدودة وصفوف الانتظار غير المحدودة.

كما يمكن تقسيم أنظمة الخدمة إلى:

أنظمة الخدمة المفتوحة يعني ذلك أن كثافة تدفق طلبات الخدمة على النظام لا ترتبط بحالة نظام الخدمة أي لا تتأثر بعدد مقدمي الخدمة المشغولين في النظام (عدد الطلبات في النظام).

أنظمة الخدمة المغلقة:يعني ذلك أن كثافة تدفق طلبات الخدمة على النظام ترتبط بحالة النظام فمثلا إذا كان عامل الصيانة يخدم عددا محددا من الآلات التي تحتاج للصيانة من وقت لأخر فإن كثافة الطلب من جهة الآلات يتوقف على العدد المعطل منها والذي يحتاج للحصول على الخدمة.

ومن الملاحظ أن أطول خط للانتظار يتوقف على العلاقة بين معدلات وصول العملاء وطاقة مراكز الخدمة :فإذا كانت معدلات وصول العملاء أكثر بكثير من طاقة مراكز الخدمة فإن خط الانتظار سيكون طويلا ،أما إذا كانت معدلات وصول العملاء أقل بكثير من طاقة مراكز الخدمة فإن خط الانتظار سيكون قصيرا، إذا كنا تهتم بانتظار العملاء، أما اذا كان الاهتمام بانتظار مراكز الخدمة أو بمعنى أخر إذا كان يهمنا الوقت المعطل الذي تنتظره مراكز الخدمة فإن طول خط الانتظار للمراكز سيكون قصيرا إذا كانت معدلات وصول العملاء أكبر من طاقة مراكز الخدمة (أي أن خط انتظار العملاء طويل)، وبالعكس سيكون طول خط الانتظار لمراكز الخدمة طويلا إذا كانت معدلات وصول العملاء أقل من طاقة مراكز الخدمة (أي أن خط انتظار العملاء قصير).

ـكثافة التشغيل = عدد العملاء المتوقع فى فترة زمنية معينة ÷ الطاقة الانتاجية لوحدات الخدمة خلال فترة زمنية معينة.

ـ وقت الانتظار االمتوقع = معدل التشغيل المتوقع ÷ طاقة وحدات الخدمة

المصطلحات الرياضية لصفوف الانتظار

معدلات الوصول λ .

معدل أداء الخدمة μ .

الوقت المتوقع بين وصول طالبي الخدمة في المتوسط λ t .

الوقت المتوقع لاداء خدمة للعميل فى المتوسط μ t .

معامل الاستخدام P .

وقت اYنتظار، ويمثل الفرق بين وصول العميل ووقت بدء الخدمة wq .

الوقت الكلى الذي يقضيه العميل حتى تؤدى له الخدمة فى المتوسط w .

طول صف الانتظار اى عدد العملاء فى الصف Lq .

احتمال وجود عدد من الوحدات في صفوف الانتظار عند لحظة معينة من الزمن Pn .

عدد مراكز اداء الخدمة K .

مثال :يبلغ عدد السفن التي تصل الى ميناء بور تسودان (40)سفينة أسبوعيا ويبلغ معدل التفريغ فى الميناء (50) سفينة أسبوعيا، علما أن هنالك رصيف واحد لتأدية خدمة التفريغ .
المطلوب: حساب كلا مما يلي :

- الوقت المتوقع بين وصول السفن.
- الوقت المتوقع لتفريغ السفن.
- درجة كثافة الحركة فى الميناء.
- الوقت المنقضي قبل تفريغ السفينة.
- الوقت الكلي للانتظار.
- طول صف الانتظار.

الحل

الوقت المتوقع بين وصول السفن (أسبوع) $\lambda t = 1 \div 40 = 0.025$

الوقت المتوقع لتفريغ السفن (أسبوع) $\mu t = 1 \div 50 = 0.02$

درجة كثافة الحركة فى الميناء $P = \lambda \div \mu = 40 \div 50 = 0.80$

الوقت المنقضي قبل تفريغ السفينة :

$$Wq = \lambda \div \mu (\mu - \lambda) = 40 \div 50 (50-40) = 0.08 \text{ week} = 13.44 \text{ hrs}$$

الوقت الكلي للانتظار:

$$W = 1 \div (\mu - \lambda) = 1 \div (50 - 40) = 1 \text{ week} = 16.8 \text{hrs}$$

طول صف الانتظار:

$$Lq = \lambda \div (\mu - \lambda) = 40 \div (50 - 40) = 4$$