

بسم الله الرحمن الرحيم

اكاديمية المنهل للعلوم

بحوث العمليات

الفصل الدراسي الثامن نظم معلومات ادارية

مفردات المقرر.



➤ مفهوم استخدام بحوث العمليات.

➤ تخطيط وضبط المشروعات.

➤ نماذج شبكات الاعمال.

• نماذج اقصر طريق .

• نماذج اقصى تدفق .

• نماذج تقييم ومراجعة البرامج والمسار الحرج.

➤ نظرية صفوف الانتظار.

➤ البرمجة الخطية.

د / احمد عبد الرحمن

قائمة المراجع:

❖ الاساليب الكمية ، المفاهيم العلمية والتطبيقات الإدارية ، ج2
 ، أحمد محمد غنيم ، كلية التجارة ، جامعة المنصورة
 (مكتبة جامعة السودان للعلوم والتكنولوجيا) (658) .

❖ بحوث العمليات المتقدمة ، محمد الفاتح محمود المغربي ،
 مكتبة جامعة السودان (659) .

❖ عبد العزيز جزاع دياب. بحوث العمليات. الطبعة الاولى . مطبعة
 جامعة بغداد. 1985.

❖ ليونارد سوانسون. البرمجة الخطية . النظرية الاساسية . ترجمة د
 عدنان . بغداد , 2000.

❖ محمد عثمان اسماعيل . قياس مخاطر الاستثمار . دار النهضة
 العربية . القاهرة . 1990.

❖ مروان عوض . العملات الاجنبية . النظرية والتطبيق . معهد
 الدراسات العربية المصرفية . عمان . 1988.

❖ منير ابراهيم هندي . ادوات الاستثمار في سوق رأس المال . الاوراق
 المالية وصناديق الاستثمار . منشورات المعهد العربي للدراسات
 المالية والمصرفية . 1993.

❖ مني قاسم . صناديق الاستثمار للبنوك والمستثمرين . الدار

المصرية اللبنانية . القاهرة . 1995.

❖ مروان عوض . العملات الاجنبية . النظرية والتطبيق .

مفهوم استخدام بحوث العمليات

إن النمو السريع في حجم وتركيب التنظيم الحديث، وتعدد

وتعدد العمليات الإدارية والإنتاجية والتقدم الفني والتكنولوجي في وسائل

ومعدات الإنتاج وما ترتب عنه في زيادة التخصص وتقسيم العمل وزيادة

الدراسات والبحوث لتطوير المنتجات، كل هذه العوامل ترتب عليها تعقيد

في العملية الإدارية وتركيب في وظائف الإدارة وصعوبات في صنع واتخاذ

القرار الإداري.

وأدى ذلك في الأربعين سنة الأخيرة من القرن الحالي إلى استخدام بحوث

العمليات أو أساليب علم الإدارة كمنهج وطريقة علمية لصنع القرارات وحل

مشاكل الإدارة.

وتعتمد بحوث العمليات على تطبيق مبادئ التحليل الكمي

Quantitative Analysis وبناء واستخدام النماذج Models في وضع

العوامل المركبة التي ترتبط بمشكلة صنع القرار للوصول إلى استنتاجات

علمية. كما تعتمد بحوث العمليات على استخدام الحاسوب في معالجة

العدد الهائل من العمليات الحسابية والرياضية اللازمة لحل النماذج واستخراج الحلول للمشاكل وكان ذلك دافعاً قوياً على سرعة انتشار واستخدام وتنوع الحاسبات الالكترونية.

ويعود تاريخ بحوث العمليات إلى العام 1759م، إلا أنها أصبحت موضوعاً مهماً معترفاً به بصورة رسمية خلال الحرب العالمية الثانية حيث جاءت بحوث العمليات وصفاً ملائماً للمجال الذي استخدمت فيه وهو "بحوث العمليات العسكرية". ولكن بعد ذلك تم استخدامها وتطبيقها بكثرة لمواجهة احتياجات الصناعة وحل مشاكل مشروعات الأعمال، فظهرت تحت مسميات مختلفة فقد وصفها البعض بأنها حالة من حالات دراسة العمل Work Study، والبعض الآخر يرى بأنها رياضيات تطبيقية Applied Mathematics، وبالنسبة لرجال الأعمال فهي تعني تطبيق الإحصاء Statistics . من خلال ما ورد أعلاه يمكن تعريف بحوث العمليات على أنها الإدارة أو الوسيلة الرياضية التي تعمل على تصميم وتشغيل النظم البشرية الآلية بصورة أفضل، عادة في ظل الظروف التي تستلزم تخصيص الموارد المحددة. ولا يخفى على أحد أهمية نماذج بحوث العمليات وكثرة تطبيقاتها في الحياة اليومية، فهي تدرس اليوم في مختلف التخصصات كالإحصاء، والرياضيات، والحاسوب، والاقتصاد، والإدارة، والتجارة، والهندسة وغيرها.

تخطيط وضبط المشروعات (مفهوم شبكات الأعمال):

أهتم العديد من الباحثين و الدارسين و الكتاب بتعريف شبكات الأعمال ، حيث قدموا لها العديد من المفاهيم والتي كان من أهمها ما يلي :

- تم تعريف شبكة الاعمال بانها سلسلة من الدوائر و السهام و التدفقات في شكل سلع و خطوط أنابيب... الخ فوق هذه السهام و التي تصل هذه الدوائر ببعضها البعض .

- وتم تعريف شبكات الأعمال بانها رسومات يتم إعدادها لتوضيح وبيان العلاقات المتداخلة للمهام و الأعمال المختلفة التي يتكون منها مشروع ما وكذلك توضيح الأنشطة الحرجة لهذا المشروع.

هذا وتتكون أي شبكة أعمال من ثلاثة مكونات اساسية تتمثل فيما يلي :

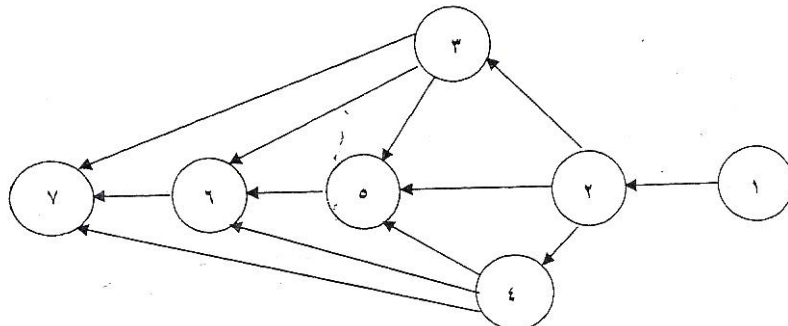
1- الدوائر Nodes: وعادة ما يتم ترقيمها بارقام خاصة لتعبر عن جهات مرسله (مصادر) اوجهات مستقبله .

2- السهام Arcs: وعادة ما يتم وصفها برموز لوصف الدوائر التي تصل بينها

3- التدفق Flow: وهو يمثل قيمة مجهولة يتم البحث عنها عن طريق حل

النموذج .

ويوضح الشكل التالي نمودجا لشكل شبكة أعمال :



وتمثل الدوائر في هذا الشكل نقط الشبكة ، حيث قد ترمز إلى موقع مخزن أو محطة عمل أو منطقة أو مدينة....الخ ، بينما تشيرالخطوط وهي السهام الممتدة بين نقاط هذه الشبكة إلى خطوط الاتصال أو الطرق أو الشوارع أو المواسير التي تصل بين كل نقطة وأخرى، كما توضع الأحمال المراد تدفقها فوق هذه السهام بين كل دائرتين. يجدر بالذكر وجود اشكال اخري لشبكات الاعمال. تشير البحوث و الدارسات و الكتابات العلمية المتعددة و المتخصصة في مجال بحوث العمليات الى وجود ثلاثة انواع اساسية من نماذج شبكات الأعمال يمكن توضيح كل منها بإيجاز فيما يلي:

1- نماذج اقصر طريق The shortest Route Models

تستخدم هذه النماذج لتحديد اقصر طريق او مسار بين نقطة المصدر ونقطة أو اخرى من نقطة الوصول .

2- نماذج اقصي تدفق The Max Flow Models:

تستخدم هذه النماذج لتحديد اقصي تدفق يمكن تحقيقه لمتغير معين وذلك بداية من نقطة المصدر وحتى نقطة الوصول.

3- نموذجي تقييم ومراجعة البرامج والمسار الحرج :

Program Evaluation and Review Technique "PERT" and Critical path method "CPM"

نماذج اقصر طريق The shortest Route Models

تسعي نماذج اقصر طريق الى تحديد اقصر طريق بين نقطة المصدر ونقطة الوصول او اقصر طريق بين نقطتين على الشبكة .
 هذا و يمكن تحديد اقصر طريق يمكن ان يقطعه متغير ما مثل منتج أو جزء منه او سيارة او مكالمة تليفونية من نقطة المصدر إلى نقطة الوصول عن طريق صياغة نموذج رياضي خطي يفترض ان هذا المتغير ينطلق من نقطة المصدر (1) ويمر عبر مجموعة من النقط الوسيطة (2) ، (3) ، (4) وذلك حتي يصل الى نقطة الوصول (5).

وتستخدم نماذج اقصر طريق لعلاج الكثير من المشكلات و التي يتمثل أهمها فيما يلي :

- 1- مشكلة اقصر مسار .
- 2- مشكلة اقصر شجرة توصيل .
- 3- مشكلة إحلال وتجديد الآلات .

مشكلة اقصر مسار The shortest Path problem

تتمثل هذه المشكلة في تحديد اقصر مسار يمتد من نقطة معينة او مركز معين الى نقطة اخرى او مركز آخر أو اكثر في شبكة أعمال معينة ،ويمكن توضيح ذلك من خلال تحليل بيانات التطبيق التالي :

تطبيق : توفرت اليك البيانات التالية و الخاصة بمسارات لنقل منتج ما من

نقطة المصدر (1) وحتى نقطة الطلب (7) . ومسافة كل مسار بالكيلومتر:

$$30 = 64 \quad 30 = 52 \quad 30 = 21$$

$$16 = 65 \quad 50 = 72 \quad 25 = 31$$

$$19 = 75 \quad 6 = 43 \quad 35 = 41$$

$$15 = 76 \quad 40 = 63 \quad 20 = 32$$

المطلوب :

أ. رسم شبكة الاعمال موضحاً عليها النقط و المسارات ومسافة كل مسار.

ب. تحديد اقصر مسار لنقل المنتج من نقطة المصدر الى نقطة الوصول النهائية وطوله.

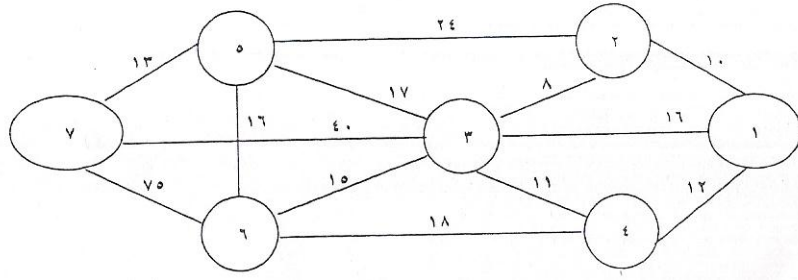
مشكلة اقصر شجرة توصيل: The Minimum spanning Tree problem

تتمثل هذه المشكلة في التوصل الى مجموعة الخطوط التي تصل بين جميع مراكز شبكة الأعمال عن طريق اختيار الخطوط (الفروع) التي تكون شجرة تمتد على شبكة الأعمال وذلك باقل طول اجمالي لفروع التوصيلات الخاصة بهذه الشجرة.

تطبيق: توفرت لديك البيانات التالية من دراسة عن كابلات التليفونات التي

يجب انشاؤها لتوصيل كل سنترالات التليفونات ببعضها في المدينة (س)،

المسافات بالكيلومتر.



المطلوب : اعداد شجرة التوصيل لكل سنترالات التليفونات ببعضها البعض باقل طول اجمالي للكابل الموصل لكل السنترالات.

مشكلة إحلال وتجديد الآلات: Replacement by Network

تساعد شبكات الأعمال على تحديد افضل فترة لاستخدام الآلات و المعدات وذلك عن طريق تطبيق نماذج الاحلال و اقصر طريق على هذه الشبكات، هذا و يمكن توضيح ذلك من خلال التطبيق التالي :

تطبيق: تحتاج إحدى الشركات الصناعية الى آلة لأحد اقسامها الانتاجية، وقد تبين أنه يمكن شراء هذه الآلة واستخدامها لمدة اربعة سنوات فقط بعدها تباع كخردة ، أو يمكن احلال الآلة في نهاية أي عام آخر جديد بحيث يتطلب ذلك صيانة اقل . يوضح الجدول التالي تكاليف التشغيل و الصيانة الصافية المقدرة لشراء الآلة في بداية أي عام آخر (القيمة بالآلف جنية):

السنوات	1	2	3	4	5
1	-	12	19	33	59
2	-	-	14	23	38
3	-	-	-	16	26
4	-	-	-	-	13

المطلوب : استخدام نموذج اقصر طريق لتحديد سياسة الإحلال المثلي و التي
تخفض التكلفة الكلية للتشغيل خلال فترة العقد .

نماذج اقصى تدفق: The Max flow problem:

تتكون شبكة أعمال اقصى تدفق من نقطة مصدر و نقطة وصول بينهما
مجموعة من النقط الوسطية، وتربط بين كل تلك النقط مجموعة خطوط إما
أمامية أو خلفية ، وقد يمثل المصدر اكثر من نقطة ، كما قد يمثل الوصول اكثر
من نقطة ايضا حيث قد تنتهي الشبكة بأكثر من نقطة ، هذا ولكل خط من
الخطوط الأمامية طاقته المحدودة .

وتسعى نماذج أقصى تدفق بصفة عامة الى تحديد اقصى كمية تدفق ممكنة
لمتغير ما مثل المياه و المرور و المعلومات..... الخ ، والتي يراد مرورها او نقلها

خلال مراكز او نقاط او مسارات شبكة الأعمال. ويوضح التطبيق التالي

كيفية حساب اقصي تدفق :

تطبيق: توفرت لديك البيانات التالية الخاصة بمسارات تدفق منتج ما من

مصدر الانتاج (1) وحتى مركز التوزيع (7) وكذلك طاقة كل مسار كما يلي:

المسار	طاقة المسار بالوحدة
(2-1)	54
(3-1)	75
(4-2)	36
(5-2)	39
(4-3)	45
(5-3)	57
(6-4)	63
(6-5)	90
(7-6)	147

المطلوب :

- 1- رسم شبكة الأعمال موضحاً عليها النقاط والمسارات وطاقة كل مسار.
- 2- تحديد اقصي تدفق للمنتج من نقطة المصدر (1) الى نقطة الطلب (7)

تطبيقات

1- أجب عن الاسئلة التالية :

أ- حدد المقصود بشبكات الأعمال ؟ ثم أشرح أهمية استخدامها في المجالات التطبيقية المختلفة .

ب- أذكر شكل شبكات الأعمال ثم حدد مفهوم كل شكل منها .

ج- أذكر انواع نماذج شبكات الأعمال.

2- توفرت لديك البيانات التالية والخاصة بمسارات لنقل

المنتج (س) من نقطة المصدر (1) وحتى نقطة الطلب (7).

ومسافة كل مسار بالكيلومتر:

$$41=64$$

$$35=52$$

$$40= 21$$

$$29=65$$

$$32=72$$

$$45=31$$

$$20=76$$

$$34=43$$

$$30=41$$

$$42=63$$

$$25=32$$

المطلوب :

- أ- رسم شبكة الأعمال موضحاً النقط و المسارات ومسافة كل مسار.
 أ- تحديد اقصر مسار لنقل المنتج (س) من نقطة المصدر الى نقطة الوصول النهائية وطوله.

3- توفرت لديك البيانات التالية والخاصة بمسارات تنقل
 وسفر احد مندوبي المبيعات بين عدة مواقع
 (المسافة بالكيلومتر):

19=53	15= 21
20=63	12=21
16=43	22=41
25=54	10=32
20=75	14=62
24=76	15=43

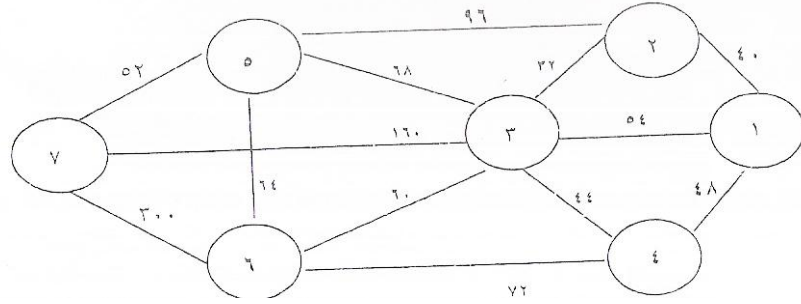
المطلوب :

- أ- رسم شبكة الأعمال موضحاً النقط و المسارات ومسافة كل مسار.
 وتحديد اقصر مسار لتحرك مندوب البيع من نقطة المصدر الى نقطة الوصول
 مع تحديد طول هذا المسار.

4- توفرت لديك البيانات التالية من دراسة عن كابلات

التليفونات التي يجب انشاؤها لتوصيل كل سنترالات

التليفونات ببعضها البعض في المدينة (ق) :



فإذا علمت أن المسافة بالكيلومتر، قم باعداد شجرة التوصيل لكل سنترالات

التليفونات ببعضها باقل طول إجمالي للكابل الموصل لكل السنترالات.

5- يوضح الجدول التالي تكاليف التشغيل و الصيانة الصافية

المقدرة لشراء الآلة في بداية العام الأول وبيعها في بداية أي

عام آخر وذلك لمدة اربعة سنوات (القيمة بالألف جنيه):

السنوات	1	2	3	4	5
1	-	15	20	45	60
2	-	-	25	24	40
3	-	-	-	22	30
4	-	-	-	-	19

المطلوب: استخدام نموذج اقصر طريق لتحديد سياسة الإحلال المثلي والتي

تخفض التكلفة الكلية للتشغيل .

6- يوضح الجدول التالي تكاليف التشغيل و الصيانة الصافية

المقدرة لشراء آلة جديدة في بداية العام الأول وبيعها في أي

عام آخر خلال اربعة سنوات (القيمة بالألف جنيه):

السنوات	1	2	3	4	5
1	-	25	30	50	70
2	-	-	40	35	55
3	-	-	-	45	60
4	-	-	-	-	50

المطلوب :استخدام نموذج اقصر طريق لتحديد سياسة الإحلال المثلي والتي
تخفض التكلفة الكلية للتشغيل .

نماذج تقييم ومراجعة البرامج PERT والمسار الحرج

.CPM

استخدام اسلوب المسار الحرج CPM في تحليل

وقت تنفيذ المشروع :

يمكن توضيح كيفية استخدام اسلوب المسار الحرج في تحليل وقت تنفيذ
المشروع من خلال التطبيق التالي :

تطبيق : يوضح الجدول التالي الوقت المتوقع لأنشطة تنفيذ إحدى

المشروعات الصناعية :

الوقت المتوقع بالساعة	مسار النشاط
100	(2-1)
200	(4-2)
250	(6-4)
350	(3-1)
150	(5-3)
400	(6-5)
400	(6-1)

المطلوب:

- رسم شبكة الأعمال لهذا المشروع .
- تحديد المسار الحرج .
- تحديد الاوقات المبكرة و المتأخرة و الراكدة لكل نشاط من أنشطة المشروع .

استخدام اسلوب تقييم ومراجعة البرامج PERT في

تحليل وقت تنفيذ المشروعات :

يعتمد أسلوب PERT في تحليلاته على افتراض وجود عنصر عدم التأكد الذي صاحب عمليات تنفيذ المشروعات، لذلك فإنه يعتمد على تقدير أزمته تنفيذ أنشطة المشروعات باستخدام التوزيع الاحتمالي، حيث يعتمد في هذا الصدد على استخدام توزيع بيتا الاحتمالي (Beta Distribution) والذي يسعى بدوره إلى حساب ثلاثة تقديرات للوقت، وهي تقدير الوقت المتفائل حيث يعطيه وزنا واحدا، وتقدير الوقت الأكثر احتمالا حيث يعطيه أربعة أوزان، وتقدير الوقت المتشائم ويعطيه وزنا واحدا. وفي ضوء ذلك فإنه يمكن حساب الوقت المتوقع باستخدام المعادلة التالية :

$$\text{الزمن المتوقع} = \frac{1 \times \text{الوقت المتشائم} + 4 \times \text{الوقت الأكثر احتمال} + 1 \times \text{الوقت المتفائل}}{6}$$

ويوضح التطبيق التالي كيفية استخدام اسلوب PERT في تحليل وقت تنفيذ المشروعات:

تطبيق : توفرت لديك البيانات التالية و التي تتعلق بالأنشطة اللازمة لتنفيذ مشروع معين وكذلك الوقت اللازم لكل نشاط منها باليوم .

تقديرات الوقت بالأيام			مسار النشاط
المتفائل	الاكثر احتمالاً	المتشائم	
15	22.5	45	(2-1)
12.5	20	42.5	(3-2)
10	17.5	55	(5-3)
10	17.5	40	(4-3)
10	17.5	25	(5-4)
10	25	55	(5-2)
5	12.5	20	(6-5)

المطلوب:

- رسم شبكة بيرت.
- تحديد الوقت المتوقع للانتهاء من المشروع.
- تحديد المسار الحرج للمشروع.
- تحديد احتمال تنفيذ المشروع في 112 يوم .

نظرية صفوف الانتظار

من أهم موضوعات بحوث العمليات, نظرية صفوف الانتظار (نظرية الأرتال) التي نشأت عام 1909م. وقد استخدمت بكثرة في كثير من نواحي الحياة وخاصة النواحي التي ترتبط مباشرة بالزبون وإمكانية حصوله على خدمة ما بأسرع وقت و اقل تكلفة.

تعرف صفوف الانتظار بأنها: " خطوط انتظار الزبائن القادمين إلى أماكن تقديم خدمة مطلوبة أو تسهيلات معينة " ومن الأمثلة على صفوف الانتظار مجموعة الأشخاص الواقفين أمام شباك محصل أجور فواتير قوائم الكهرباء، السفن التي تنتظر في الموانئ لتفريغ حمولتها أو تنتظر دورها في التحميل، الطائرات التي تحوم في الجو انتظارا للهبوط وإلى ذلك من الشواهد في الحياة العملية.

ويتكون صف الانتظار من مركز الدخول ومركز الخدمة، إضافة إلى موقع الانتظار، ولكل منها مواصفات خاصة تؤثر في دراسة ذلك الصف. ولعل من أهم المتغيرات الواجب أخذها بالاعتبار لتحديد مواصفات صف الانتظار تلك التي تخص طبيعة الدخول إلى صف الانتظار، بما في ذلك الفترة الزمنية بين زبون وآخر، والتي غالبا ما تحدد بالتوزيع الاحتمالي للمتغير العشوائي الذي يمثل الفترة الزمنية لوقت الدخول، كذلك ومما يؤثر في صف الانتظار عدد وحدات

الخدمة ووقت الخدمة المخصص لكل زبون، وحيث أن هذا الوقت غير ثابت في معظم الأحيان بل يتأثر بتأثيرات عشوائية لذا فان من الضروري الاهتمام بالتوزيع الاحتمالي لهذا الوقت - إضافة إلى أهمية معرفة طريقة تصرف وحدة الخدمة والتسلسل الذي تؤدي به الخدمة للزبائن المنتظرين حيث يمكن أن يكون التسلسل حسب تسلسل وصولهم أو العكس أو بواسطة الاختيار العشوائي من بين الزبائن أو الوحدات المنتظرة للخدمة "العملاء". إن صف الانتظار يمكن أن يكون في حيز محدود مثل عيادة الطبيب أو يكون مفتوحاً بلا نهاية محددة كالانتظار على حجز بضاعة والمسألة الأخيرة التي تؤثر في صف الانتظار هي مصدر القادمين لصف الانتظار وهل أن هذا المصدر محدوداً مثل الماكينات العاطلة في معمل معين وسبب صف الانتظار هو العطل أو أن يكون ذلك المصدر مفتوحاً.

يمكن النظر إلى كثير من النماذج التي نصادفها في حياتنا كنماذج صفوف انتظار "طوابير" "Queuing System" إذ يوجد بهذه النماذج عنصرين أساسيين هما: مقدم الخدمة وطالب الخدمة .

فإذا أخذنا السيارات المصطفة أمام محطات الوقود للتزود بالوقود على أنها نموذج للصفوف، حيث تمثل محطة الوقود جهة الخدمة "مقدم الخدمة" وتمثل السيارات الواردة للمحطة بطالبي الخدمة، وغيرها الكثير من الأمثلة المباشرة، ولكن هناك أمثلة لطوابير غير مباشرة ولكنها بمثابة نموذج للصفوف،

فمثلاً الرسائل التي تتجمع أمام إحدى الطابعات في انتظار الطباعة، فالطابعات تمثل مقدم الخدمة، والرسائل المراد طباعتها تمثل طالبي الخدمة، والعمال الذين يقفون أمام مخزن أدوات الشغل في انتظار استلامها، كل هذه أمثلة لظاهرة الصفوف. أي أن طالب الخدمة أو كما نسميه الزبون يأخذ عدة أشكال، كما أن الخدمة قد تتم بانتقال الزبون إلى الشخص أو المكان حيث تقدم الخدمة أو قد تتم بانتقال مقدم الخدمة نفسه إلى الزبون طالب الخدمة .

وبصورة عامة يمكن تعريف الصف على انه الوحدات (أشخاص - سيارات - رسائل.. الخ) التي تصل إلى مكان الخدمة وتنتظر في صف ثم تحصل في النهاية على الخدمة، وأخيراً تغادر مكان الخدمة.. ونموذج الصفوف هو مجموعة العملاء ومجموعة مقدمي الخدمة.

يرجع اصل نظرية صفوف الانتظار إلى أعمال (A. K. Erlang) التي بدأت عام 1959م، وقد أجرى (Erlang) تجاربه على مشكلة تتعلق بالازدحام في حركة تلقي المكالمات التلفونية، ففي خلال الفترات التي تكثف فيها المكالمات يتعرض طالبو المكالمات إلى شيء من التأخير لعدم قدرة العاملات على مواجهة الطلبات بالسرعة التي تحدث بها، والمشكلة الأصلية التي عالجها (Erlang) كانت عبارة عن حساب هذا التأخير بالنسبة لعاملة واحدة.

وفي عام 1917م استخدمت النتائج لتشمل عدد من العاملات وقد استمر

التطور في مجال حركة المكالمات التليفونية على نفس الأسس التي بدأها (Erlang)، وبعد انتهاء الحرب العالمية الثانية امتد استخدام العمل الذي بدأه Erlang ليشمل عدداً من المشاكل العامة التي لها صلة بصفوف الانتظار.

وتطبق نظرية صفوف الانتظار في أوجه كثيرة من الحياة، فقد تستخدم بعض المحلات الكبرى (Super markets) نظرية صفوف الانتظار لتحديد عدد المحطات التي يدفع فيها العملاء حسابهم عند الخروج (Check Out Stations) لضمان التشغيل الاقتصادي لهذه المحلات في مختلف الأوقات خلال اليوم، كما تستخدم هذه النظرية لتحليل تأخير السيارات عند محطات دفع الرسوم عند المرور في الكباري أو الأنفاق لتحديد عدد وحدات تشغيل هذه المحطات على أساس (24) ساعة خدمة بهدف تخفيض التكاليف عند مستوى معين من الخدمة. وتستخدم على نطاق واسع في المنشآت الصناعية.

وهناك مشكلة حلت بنجاح باستخدام نظرية صفوف الانتظار وهي مشكلة تجديد عدد الأرصفة التي تستقبل السفن أو عربات نقل البضائع في الموانئ أو محطات النهايات، لان المعروف أن كلاً من تكاليف الأرصفة وتكاليف غرامات التأخير ترتفع، وعلى ذلك فانه من المرغوب فيه إقامة عدد من الأرصفة يؤدي إلى خفض مجموع هذه التكاليف.

ومن كل ما سبق ذكره نستنتج أن نظرية صفوف الانتظار تعتبر أداة تحليل تقدم معلومات أكثر أهمية عن النموذج المدروس، وأنها نظرية تقوم على أساس

وصف معدل الوصول ووقت تقديم الخدمة باستخدام التوزيعات الاحتمالية المناسبة كما يجب أن تكون القرارات المتعلقة بالطابور مبنية على أساس من التكلفة مما يجعل مجموع التكاليف (تكلفة الخدمة + تكلفة الانتظار) اقل ما يمكن.

العناصر الأساسية لنموذج صف الانتظار:

يتكون نموذج صف الانتظار من سبعة مكونات أو عناصر أساسية وفيما يلي عرض موجز لكل عنصر على حده:

1/ توزيع الوصول: Arrival Distribution

يقصد به الكيفية التي يصل بها طالب الخدمة إلى مركز تقديم الخدمة فقد يكون الوصول بمعدل ثابت، مثلاً كل نصف ساعة يأتي إلى مركز الخدمة عشرين عميل، وقد يكون الوصول عشوائياً أي أن معدل الوصول (القدوم) يختلف من زمن لآخر. فقد يصل العميل إلى مركز الخدمة ويحصل على الخدمة منفرداً أو يصل العملاء وتتم خدمتهم مجتمعين في شكل مجموعات كما في المطاعم وعادة ما يطلق على هذه الحالة " الخطوط المجمععة ".

وهناك طريقتين للتعبير عن معدل الوصول، قد يكون عدد الوحدات التي تصل وتنضم للنموذج في الوحدة الزمنية، وقد يكون التعبير في شكل الوقت الذي يمضي بين وصوليين متتاليين.

2/ توزيع الخدمة: Service Distribution

يقصد به الكيفية التي تقدم بها الخدمة فقد يكون تقديم الخدمة يتم بشكل ثابت أو عشوائي. ويتم التعبير عن معدل الخدمة بطريقتين، قد يكون على شكل عدد الوحدات التي تُقدم لها الخدمة في الوحدة الزمنية، أو يكون على شكل الوقت المطلوب لتقديم الخدمة لزبون ما.

3/ طريقة تقديم الخدمة: Service Discipline

هي الترتيب الذي يُخدم به العملاء، وقد تكون على أساس من يصل أولاً يُخدم أولاً (FCFS) (First Come First Service)، وقد تكون على أساس من يصل أخيراً يُخدم أولاً (LCFS) (Last Come First Service)، وقد تكون على أساس عشوائي (SIRO) (Service In Random Order) وقد تكون على الأسبقية (SIP) (Service in Priorities) حيث تقدم الخدمة لطلابها وفقاً لحاجتهم الملحة لها كما يحدث في المستشفيات.

4/ مركز تقديم الخدمة: Service Facility

قُسم مركز تقديم الخدمة على أساس عدد مقدمي الخدمة في النموذج فقد يوجد مقدم خدمة واحد (Single Channel System) وقد يوجد أكثر من مقدم خدمة (Multiple Channel System) وهنا فإن طالب الخدمة قد تقدم له الخدمة من أي من مراكز الخدمة المتعددة تلك.

5/ عدد طالبي الخدمة: Input Population

قد يكون عدد من يطلبون الخدمة عدداً محدوداً (Finite) مثل خمس الآلات في أحد المصانع تصاب بالعطل بين الوقت والآخر، وقد يكون عدد الوحدات الطالبة للخدمة عدداً لا نهائياً (Infinite) مثل السيارات التي تأتي لمحطات الوقود للتزود بالوقود.

6/ طاقة النظام: System Capacity

طاقة النظام هي اكبر عدد من الوحدات يسمح النموذج بدخولها إليه (الوحدات التي في الطابور+ الوحدات التي تقدم لها الخدمة) في نفس الوقت. وقد يكون عدد الوحدات محدود مثل انتظار المرضى في حجرة أحد الأطباء، أو يكون غير محدود كالسيارات المصطفة على طريق عام، لدفع ضريبة المرور على جسر معين مثلاً.

7/ السلوك البشري: Human Behavior

بعض العملاء قد يصلون إلى الطابور، ولكن لا ينضمون إليه نظراً لان عدد كبير من العملاء ينتظرون الخدمة لحظة وصولهم، والبعض الآخر قد ينضم للطابور لفترة معينة، ثم يغادره قبل حصولهم على الخدمة التي كانوا ينتظرونها، والبعض قد ينضم إلى الطابور لفترة، ثم يغادره لينضم إلى طابور آخر تقدم فيه نفس الخدمة، لأنه اقل عدداً من الطابور الأول الذي كان فيه. أيضاً قد يسرع

مقدم الخدمة (البشري) من معدل أداء الخدمة عندما يرى زيادة في طول خط الانتظار. نلاحظ انه وفقاً للطبيعة البشرية، وقت الانتظار الذي يعتبر طويلاً لشخص معين قد لا يكون كذلك لشخص آخر.

وأيضاً لا يمكن أن تأخذ نماذج الانتظار في الاعتبار سلوك كل عميل على حده أثناء وجوده في مركز الخدمة، لذلك سيعتبر السلوك الشاذ من عميل معين على انه سلوك فردي ويجب إهماله عند تصميم النموذج.

عند دراسة سلوك الصف يجب دراسة ذلك السلوك لفترة طويلة نسبياً من الزمن، وذلك لان خصائص السلوك المبدئي للنموذج قد لا تكون ممثلة للسلوك الدائم له، وهذه الحالة تمثل حالة الاستقرار في سلوك النموذج المدروس، وتسمى بحالة التوازن (Balance State).

مقاييس الأداء لصفوف الانتظار:

نبين هنا حالات حدوث عمليات الوصول والمغادرة (بعد الحصول على الخدمة) في وقت واحد. وسنركز اهتمامنا على خطوط الانتظار التي يوجد بها عدد c من مقدمي الخدمة على التوازي بحيث يتم خدمة عدد c عميل في وقت واحد. ويعرض كل مقدمي الخدمة خدمات متساوية من حيث وقت أداء الخدمة لكل عميل. والشكل أدناه يوضح رسم تخطيطي لنظام خطوط انتظار متوازية و

نلاحظ أن عدد العملاء المتواجدين في النظام في أي نقطة زمنية يشتمل على عدد العملاء في صفوف الانتظار بالإضافة إلى العملاء الجاري خدمتهم.

وتوضع الرموز الملائمة لتلخيص الخصائص الرئيسية لخطوط الانتظار المتوازية في شكل نمطي متعارف عليه عالمياً وهو :

$$(a/b/c) : (d/e/f)$$

حيث ترمز الحروف أعلاه إلى العناصر الأساسية للنموذج وهي كالآتي:

a : توزيع الوصول

b : توزيع زمن أداء الخدمة (أو المغادرة)

c : عدد مقدمي الخدمة على التوازي ($c=1,2,\dots,\infty$).

d : نظام الخدمة (SIP , SIRO , LCFS , FCFS) .

e : أقصى عدد يسمح له بالتواجد في النظام (في الصفوف + في الخدمة).

f : حجم مصدر طلب الخدمة.

إن مقاييس الأداء لصفوف الانتظار هي التي تحدد بواسطتها كفاءة صف الانتظار من حيث معدل الدخول ومعدل الخدمة وطول صف الانتظار ووقت الانتظار فيه، وهي كالآتي:

1. طول صف الانتظار L_q :

يمثل عدد الزبائن الموجودين في صف الانتظار في وقت معين. ويعتبر من أهم المقاييس لقياس كفاءة النظام، حيث بزيادة صف الانتظار تقل كفاءة النظام .

2. طول صف الانتظار للنظام L :

وهو عدد الزبائن الموجودين في صف الانتظار مضافاً لهم عدد الموجودين في مركز الخدمة في وقت معين، إذ غالباً ما يكون هناك عدد من الزبائن الذين يتلقون الخدمة حتى وإن كان صف الانتظار خالياً وبذلك يتأثر النظام حيث تقل كفاءته عند زيادة عدد الزبائن الموجودين في مركز الخدمة.

3. الوقت المتوقع للانتظار في صف الانتظار W_q :

وهو الوقت المتوقع للانتظار داخل صف الانتظار مستثني منه الوقت المستغرق داخل مركز الخدمة وزيادة وقت الانتظار يقلل كفاءة النظام .

4. الوقت المتوقع للانتظار في النظام W :

ويمثل الوقت المتوقع للانتظار داخل صف الانتظار مضافاً له الوقت المستغرق داخل مركز الخدمة .

5. معدل الوصول λ :

ويمثل معدل عدد الداخلين في صف الانتظار خلال الزمن. وبزيادة قيمة λ عن طاقة النظام يؤدي ذلك إلى التقليل من كفاءة النظام.

6. معدل المغادرة أو الخدمة μ :

وهي تمثل معدل عدد المغادرين "المخدومين" خلال الزمن. وكلما كان معدل عدد الداخلين أكثر من معدل المغادرين قلت كفاءة النظام .

7. كثافة الخدمة ρ :

وهي نسبة الداخلين إلى المغادرين في صف الانتظار خلال وحدة الزمن.

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu}$$

وعندما تكون $\rho < 1$ يكون مجتمع الوصول محدوداً (N) وتفيد في قياس توازن صف الانتظار حيث عندما تكون $\rho \geq 1$ بمعنى أن مجتمع الدخول يصبح غير محدود (∞) .

نموذج صف الانتظار M/M/1.

يشخص هذا النموذج بثلاثة عناصر:

العنصر الأول:

ويشار إليه بالرمز M نسبة إلى كلمة Memory less والتي تعني خاصية نقصان الذاكرة وهذه تقترن بالتوزيع الأسّي السالب (الدالة التراكمية للتوزيع الأسّي). فهناك نظرية تنص على أنه إذا كان وصول الوحدات إلى النظام يتبع توزيع بواسون بالمعلمة λ فإن الوقت المحصور بين كل وصول وحدتين متتاليتين يتبع التوزيع الأسّي السالب بمقلوب معلمة توزيع بواسون أي بـ $\frac{1}{\lambda}$ وهذا يعني أن الزمن المحصور بين وصول الوحدة الأولى والثانية ليس له علاقة بالزمن المحصور بين وصول الوحدة الثانية والثالثة وهكذا. إذن الشرط الأول لهذا النموذج هو أن توزيع الوحدات الواصلة إلى النظام يتبع توزيع بواسون بالمعلمة λ أو أن الزمن المحصور بين وصول وحدتين متتاليتين يتبع التوزيع الأسّي السالب بالمعلمة $\frac{1}{\lambda}$.

العنصر الثاني:

ويشار إليه بالرمز M أيضاً نسبةً إلى كلمة نقصان الذاكرة وتشير إلى نفس الحالة السابقة ولكن بالنسبة إلى المغادرة أو الخدمة، فإذا كان مغادرة الوحدات من النظام يتبع توزيع بواسون بالمعلمة μ فإن الزمن المحصور بين كل مغادرتين متتاليتين يتبع التوزيع الأسّي السالب بالمعلمة $\frac{1}{\mu}$ وإن الزمن المحصور بين مغادرة الوحدتين الأولى والثانية ليس له أية علاقة بالزمن المحصور بين

مغادرة الوحدات الثانية والثالثة وهكذا فهذه هي خاصية نقصان الذاكرة. أي أن الشرط الثاني لهذا النموذج هي أن عدد الوحدات المغادرة تتبع توزيع بواسون بالمعلمة μ أو أن الزمن المحصور بين مغادرتين وحدتين متتاليتين يتبع التوزيع الأسّي السالب بالمعلمة $\frac{1}{\mu}$.

العنصر الثالث:

العدد 1 ويشير إلى وجود قناة خدمة واحدة في النظام أي أن $S=1$.

فروض النموذج:

1- طاقة النظام غير محدودة، أي أن النظام يسمح بتواجد عدد غير محدود من الوحدات.

2- عدد طالبي الخدمة غير محدود، أي أن عدد الوحدات التي تطلب الخدمة غير محدود.

3- معدل الوصول اقل من معدل المغادرة أي أن $\lambda < \mu$.

3- طريقة تقديم الخدمة هي من يأتي أولاً تقدم له الخدمة أولاً أي FIFO أو

. FCFO

مقاييس النموذج:

1- احتمال تواجد n من الوحدات في النظام:

$$\therefore P_n = \rho^n P_0 = \rho^n (1 - \rho) ; n \geq 1 , \rho = \frac{\lambda}{\mu}$$

وهي تمثل دالة كتلة الاحتمال للتوزيع الهندسي ، أي أن عدد الوحدات في النظام يتبع التوزيع الهندسي بالمعلمة (ρ) .

2- طول النظام:

ويمثل عدد الوحدات المتوقع وجودها في النظام (عدد الوحدات في الصف + عدد الوحدات في مركز الخدمة)، وهو يمثل متوسط التوزيع الهندسي:

$$L = \frac{\rho}{1 - \rho}$$

3- طول صف الانتظار:

ويمثل عدد الوحدات المتوقع وجودها في صف الانتظار:

$$L_q = \frac{\rho^2}{1 - \rho}$$

4- الوقت المتوقع في النظام:

وهو عبارة عن متوسط الوقت الذي ستنتظره الوحدة في النظام أي منذ دخولها الصف ولغاية خروجها من مركز الخدمة، يحسب من خلال:

$$W = \frac{L}{\lambda}$$

5- الوقت المتوقع في صف الانتظار:

وهو عبارة عن متوسط الوقت الذي ستنتظره الوحدة في الصف أي منذ دخولها الصف ولغاية دخولها إلى مركز الخدمة، يحسب من خلال:

$$W_q = \frac{L_q}{\lambda}$$

تطبيق:

تتكون محطة لتزويد السيارات بالوقود من مضخة واحدة، وجد أن معدل وصول السيارات لها يتبع توزيع بواسون بمتوسط 10 سيارات في الساعة، وان وقت تقديم الخدمة يتبع التوزيع الأسي بمتوسط 3.75 دقيقة للسيارة الواحدة افترض أن المحطة تعمل لمدة 24 ساعة، المطلوب مع التعليق على النتائج الآتي:

أ- احتمال كون المحطة مشغولة.

ب- احتمال كون المحطة فارغة.

ج- احتمال وجود سيارة واحدة في المحطة.

د- احتمال وجود سيارة واحدة في المحطة.

هـ- احتمال وجود على الأقل 3 سيارات في المحطة.

و- حساب مقاييس النموذج.

واجب الفصل الدراسي : البرمجة الخطية

والله الموفق