

## استعمال نماذج صفوف الانتظار متعددة مراحل الخدمة

### في تحليل خدمة المسافرين في مطار السليمانية الدولي

أ.م.د. خالد ضاري عباس

طالب الماجستير. زانا نجم عبدالله (\*)

كلية الادارة والاقتصاد / جامعة بغداد

### المستخلص

تضمن هذا البحث استعمال نظرية صفوف الانتظار بهدف الوقوف على حل المشكلات التي يعاني منها مطار السليمانية الدولي من ناحية انتظار المسافرين في مراحل الخدمة ، وقد تبين ان هناك مراحل متعددة الخدمة ومتعددة محطات الانتظار ، لذلك فان اختيار نموذج بسيط ذي قناة خدمة واحدة لا يمثل واقع الخدمة في المطار ، ولأجل اعطاء حلول ناجحة لمشكلة الانتظار في المطار يجب استعمال أنموذج يتلاءم مع واقع النظام ، لذلك جرى اختيار أنموذج صف انتظار متعدد مراحل الخدمة وهو (M/M/C)، اذ إنه أكثر ملاءمة لتعدد الخدمة في مطار السليمانية ، وهذه المراحل هي : ( تفتيش الحقائب ، وتذكرة السفر ، وختم الجواز ، وفحص الجواز ) ،

وتعد هذه المراحل من ابرز المراحل الاساسية للزبائن في مطار السليمانية لاحتوائها على صف انتظار . وقد جرى حساب وقت وصول الزبون ووقت الخدمة لكل مرحلة من مراحل الخدمة في المطار ، ثم استخراج معدل الوصول ومعدل الخدمة لكل مرحلة ايضا ، وايجاد التوزيع المناسب لهذه البيانات المحسوبة في المطار ، وايجاد مقاييس الانجاز للأنموذج ( $L_s, L_q, W_s, W_q$ ) للمراحل كافة ، وعمل مقارنة بين محطات الخدمة الاصلية ومحطة جديدة يمكن اضافتها لكل مرحلة . وقد تبين عند اضافة محطة جديدة ان هناك تأثيرا على الانتظار يقلل من عدد الزبائن المنتظرين في النظام .

وقد جرى تحليل بيانات الوصول وبيانات الخدمة باستعمال برنامج (Win QSB) ثم جرى التوصل الى النتائج المطلوبة ، فتبين أن بيانات الوصول والخدمة لكل مرحلة متغيرة ، إذ إن التوزيع يتغير بحسب البيانات . فالتوزيع المتقطع المستعمل هو (Geometric distribution) والتوزيعات المستمرة المستعملة هي (Pareto distribution) و (weibull distribution).

### Abstract

*This research included the use of Queuing Theory in order to solve the problems of the Sulaimaniyah International Airport in terms of waiting passengers in the stages of the service, it was shown that there are stages of a multi-service, multi-stations of waiting time, so the choice of a simple model*

(\*) جزء مسئل من رسالة ماجستير للباحث الثاني.

*with one service channel does not represent the reality of the service at the airport, in order to give the successful solutions to the problem of waiting at the airport it must be used a model that fits with the reality of the system, so queuing model was selected as a multi-phased Service and was: (M/M/C) as more suitable for multi-service at the airport in Sulaimaniya, and these stages (inspection leakages, travel ticket, stamp the passport, the passport checking). This is the most prominent stages of the main stages of the customers at the airport in Sulaimaniya as where queue.*

*It has been computed the arrival time and customer service time at each stage of the service at the airport and then obtain the access rate and the rate of service for each phase and also to find the appropriate distribution of these data calculated at the airport, and to find measures of performance of the model ( $L_s$ ,  $L_q$ ,  $W_s$ ,  $W_q$ ) , for all phases of work and then a comparison between the original service stations and a new station can be added for each stage. It was found when adding a new station that there is some effect on the waiting that reduces the number of customers waiting in the system.*

*The access data and the service data were analyzed by using (Win QSB) and then obtaining the desired results, and the access and service for each phase are variables so, the distribution was changed according to data. The discrete distribution was used (Geometric distribution) and continuous distributions is used to distribute and (Pareto distribution) and (weibull distribution).*

## المقدمة

يلعب النقل الجوي دوراً مهماً في حياتنا الحالية كنقل الزبائن والتجارة الخارجية والداخلية بجانبها الاستيراد والتصدير، لاسيما بعد تماسك العلاقات التجارية الدولية وتنوعها. ويزداد الأمر أهمية بالنسبة للعراق خاصة إذا ما علمنا أن هذا النوع من النقل يغطي أكثر من ٨٠% من تبادلاتها مع العالم الخارجي. إن مسألة الحد من الازدحام صارت ضرورة ملحة ليس فقط لتقليل التكاليف بل لضمان تتابع واستمرار نشاط المطار، ويمكن أن يتحقق ذلك إما من خلال إنشاء مراكز جديدة للخدمة، أو بتحسين مستوى أداء الخدمة أو عن طريق الدمج بين الأسلوبين ومن أجل الوقوف على أي منها ستكون أكثر فاعلية، استخدم الباحث نظرية صفوف الانتظار (Queuing Theory) التي كثيراً ما استعملت في معالجة مثل هذا النوع من المشاكل وذلك بما تتضمنه من مؤشرات توفرها نماذجها النظرية، خاصة نموذج النظام العام (M/M/1) و (M/M/C) الذي يتسم كما يدل عليه اسمه بصفة العمومية، فيمكن استخدامه مهما كان شكل توزيع الوصول والخدمة. واستعمل نظرية صفوف الانتظار ذات مراكز الخدمة المتعددة في عملية الوصول والمغادرة للزبائن في المطار لمعرفة أوقات انتظار الزبائن لحين تقديم الخدمة لهم، ويحدث الانتظار عندما يكون الطلب على الخدمة أعلى من طاقة نظام الخدمة ونظراً لصعوبة التنبؤ بعدد الزبائن الواصلين وكذلك الوقت الذي يستغرقه الزبون في محطة الخدمة لهذا تكون عملية الحصول على مقاييس الأداء ضرورية قبل تنفيذ منظومات صفوف الانتظار. وحيث يمكن من خلال تطبيق هذه النظرية معرفة عدد مراكز الخدمة المثلى والتي تعكس إيجابياً لطالبي الخدمة (الزبائن)، عندما تكون طاقة نظام الخدمة عالية جداً فإن هذا يؤدي إلى التأثير على جودة النظام، وعلى العكس من ذلك عندما تكون طاقة نظام رديئة لخدمة الزبون فإن ذلك يؤدي إلى زيادة وقت الانتظار في صف الانتظار من ثم تحميل النظام

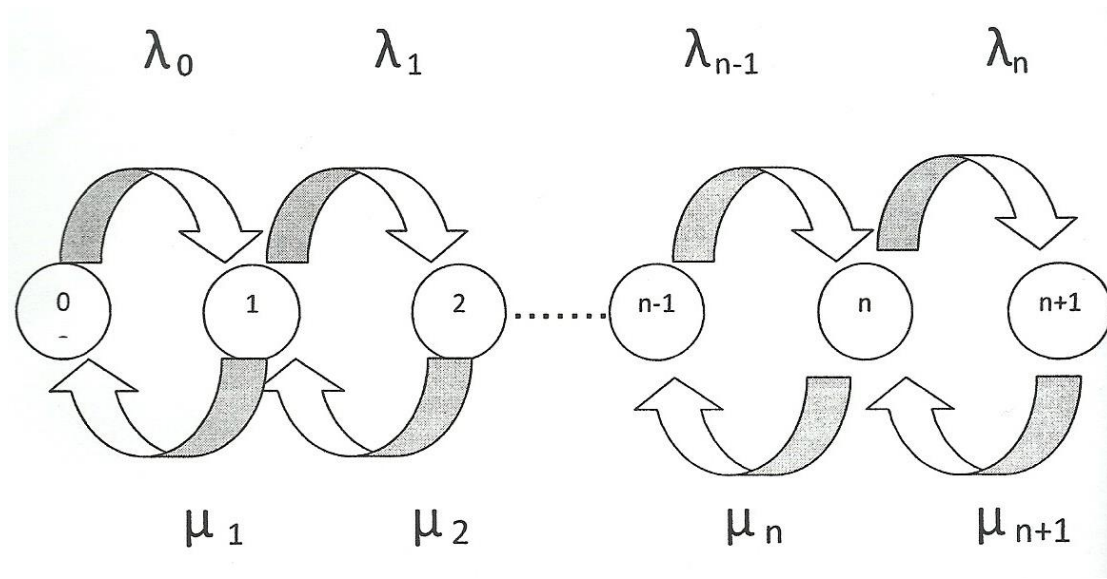
فوق طاقته اضافة الى فقدان النظام لزيائنه، لذلك توجهت الانتظار الى ما يسمى بنظرية صفوف الانتظار لحل مثل هذه المشكلات ثم التوصل الى موازنة في عمل النظام.

### هدف البحث

يهدف البحث الى وضع نظام لنقل المسافرين وبضائعهم في مطار السليمانية لغرض تقليل وقت الانتظار ووقت الخدمة باستعمال أنموذج صف انتظار متعدد المراحل ، والعمل على تحسين كفاءة هذه المراحل التي تحتوي على صف انتظار . لتمكين القائمين على المطار باتخاذ القرارات السليمة عند تقديم الخدمة للمسافرين .

### عمليات الوصول والمغادرة (Birth and Death Process) (10,8):

ان عملية الوصول والمغادرة هي احدى العمليات العشوائية التي تؤثر على صف وصول او خدمة وان الفكرة من عملية الوصول والمغادرة جاءت من الارتفاع والانخفاض في نظام الزبائن فكل حالة في عملية الوصول والمغادرة يمكن ان توصف بعدد الزبائن الموجودين في النظام وبما ان تحول الحالة هو تغير في النظام من حالة الى اخرى فالوصول هو تحول في حالة النظام من حالة (n) الى حالة (n+1) مع احتمالية  $\lambda_n$  والمغادرة هو التحول من حالة النظام من حالة (n) الى حالة (n-1) مع احتمالية  $\mu_n$ ، وفيما يأتي فقرة تمثل تحويلات الحالة في عملية الوصول والمغادرة الحالات مرقمة (0,1,2,...,n) ومعدلات الوصول والخدمة هي  $\mu_i, \lambda_i$  على التوالي .

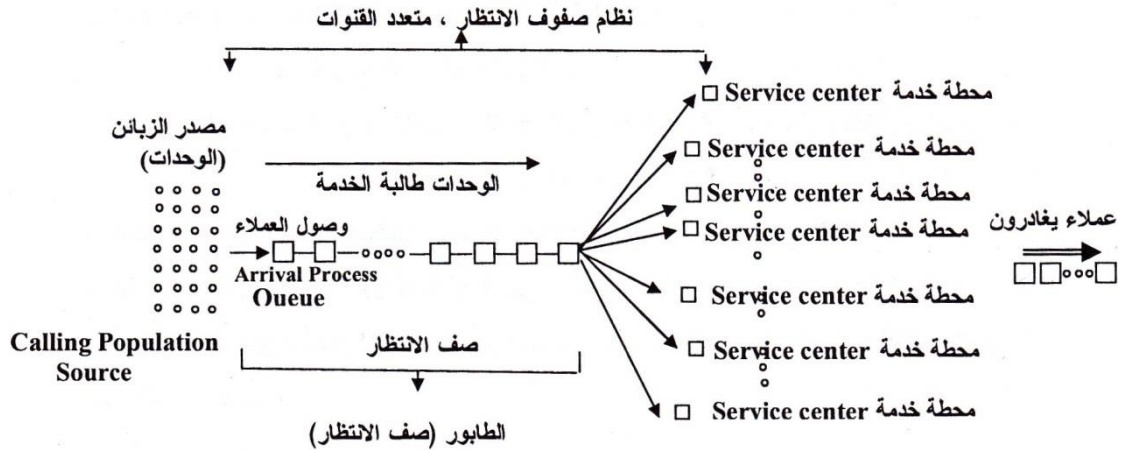


الشكل (١): يمثل حالة الثبات في عملية الوصول والمغادرة .

### نموذج الصفوف للخدمة المتعددة (4، ١): Multiple server Queuing Model

ان ما يميز هذا النموذج تعدد المحطات من النوع (C) اي هنالك اكثر من محطة خدمة واحدة، حيث ان المسافرين يتجه مباشرة الى مراكز الخدمة التي تكون خالية في حالة ان احد مراكز الخدمة يكون مشغولاً، وان المسافرين ينتظر في صف لحين مغادرة احد المسافرين لمركز الخدمة ليحل محله. لهذا النظام تطبيقات كثيرة ولاسيما في مجالات حياتنا اليومية وقد نلمسها جميعا في الخدمات في حجز تذاكر السفر من مكاتب تابعة لأحدى الخطوط

الجوية ، او محطة تعبئة الوقود التي فيها اكثر من مضخة وقود واحدة وحيث نرى كل سائق سيارة يختار المضخة التي يرغب فيها والخ .



الشكل (٢) : يمثل قنوات خدمة متعددة

The (M/M/C):(GD/∞/∞) (8,2,5,4):

نموذج صف الانتظار

ان عمليات الانتظار التي تخضع لهذا النموذج يجب ان يتحقق فيها ما يأتي :

- ❖ ان عدد الوحدات الواصلة والمغادرة في وحدة الزمن تخضع لتوزيع ما ، ان معدل وصول الوحدات في وحدة الزمن هي  $(\lambda)$  وان  $\frac{1}{\mu}$  تشير الى متوسط الزمن اللازم لخدمة وحدة واحدة .
- ❖ عدد محطات الخدمة : هنالك C من محطات الخدمة التي تؤدي خدمة للمسافرين .
- ❖ ليس هناك حدود لمدى استيعاب نظام الانتظار .
- ❖ ان حجم المجتمع الذي يأتي منه المسافرون غير محدود .
- ان التأثير المهم لاستخدام C من مراكز اداء الخدمة في الحقيقة هو في تسريع عملية الخدمة وتقليص وقت الانتظار للوحدات في نظام الانتظار بالمقارنة مع باقي الانظمة من حيث مركز اداء الخدمة فان :
- $\lambda$  : معدل نسبة الوصول .
- $\mu$  : معدل الخدمة .
- $\rho$  : عبارة عن نسبة كثافة الحركة او عامل المنفعة .
- n : عبارة عن عدد الوحدات في النظام في الفترة (t) مقاسة بوحدات الزمن .

$\Delta t$  : فترة زمنية صغيرة جدا .

$P_n(t)$  : عبارة عن احتمال وجود (n) من وحدات في النظام في الزمن (t)

t : معدل الوقت

- ١- اذا كان عدد الوحدات في النظام (n) اكبر من او يساوي عدد مراكز اداء الخدمة (c) فان النسبة الموحدة للوحدات المغادرة في وحدة الزمن سيكون  $(c\mu)$ .
- ٢- اذا كان عدد الوحدات في النظام (n) اقل من عدد مراكز اداء الخدمة فان النسبة الموحدة للوحدات المغادر في وحدة الزمن ستكون  $(n\mu)$  لأنه لن يكون هناك اكثر من (n) ومراكز اداء الخدمة مشغولة .

وللتمييز بين أنموذج الذي يحتوي على مراكز خدمة متعدد المراحل وباقي النماذج الأخرى. والذي تم ذكره فأنا سنرمز للنموذج العام بالشكل  $(GD/\infty/\infty)$ :  $(M_n/M_n/C)$  للإشارة إلى أن كلا من  $\lambda_n$ ,  $\mu_n$  يعتمدان على  $(n)$ ، وفي نموذج الانتظار العام ذي مركز أداء الخدمة الواحدة:  $(M_n/M_n/C)$ :  $(GD/\infty/\infty)$  علما أن قيمة  $(c=1)$  سيكون لدينا فترة صغيرة جدا من الزمن مثل  $(\Delta t > 0)$ .

$$p\{\text{عدم وصول أي وحدة ضمن الفترة } \Delta t \text{ ووجود } n \text{ من الوحدات في النظام}\} \approx 1 - \lambda_n \Delta t$$

$$p\{\text{عدم مغادرة أي وحدة ضمن الفترة } \Delta t \text{ ووجود } n \text{ من الوحدات في النظام}\} \approx 1 - \mu_n \Delta t$$

وعلى فرض حدوث حالة وصول أو مغادرة لوحدة واحدة للنظام ضمن الفترة فأنا يمكن أن نحصل:

$$P_n(t+\Delta t) \approx P_n(t)(1 - \lambda_n \Delta t)(1 - \mu_n \Delta t) + P_{n-1}(t)\lambda_{n-1}\Delta t(1 - \mu_n \Delta t) + (1 - \mu_n \Delta t) + P_{n-1}(t)(1 - \lambda_n \Delta t)\mu_n + \Delta t$$

$$P_0(t+\Delta t) \approx P_0(t)(1 - \lambda_0 \Delta t) + P_1(t)(1 - \lambda_1 \Delta t)\mu_1 \Delta t \dots \dots \dots$$

وللوصول إلى احتمالات إثبات فأولا الحصول على معادلات حالة إثبات من خلال تعريف المشتقة فيكون:

$$\frac{P_n(t + \Delta t) - P_n(t)}{\Delta t} \xrightarrow{\Delta t \rightarrow 0} P_n(t)$$

$$\approx -(\lambda_n + \mu_n)P_n(t) + \mu_{n+1}P_{n+1}(t) + \lambda_{n-1}P_{n-1}(t)$$

$$\frac{P_0(t + \Delta t) - P_0(t)}{\Delta t} \xrightarrow{\Delta t \rightarrow 0} P_0(t) \approx -\lambda_0 P_0(t) + \mu_1 P_1(t)$$

وبمساواة الدالتين أعلاه بالصفر واخذ الغاية عند  $t \rightarrow 0$  نحصل على:

$$-(\lambda_n + \mu_n)P_n(t) + \mu_{n+1}P_{n+1}(t) + \lambda_{n-1}P_{n-1}(t) = 0, n > 0$$

$$-\lambda_0 P_0(t) + \mu_1 P_1(t) = 0, n = 0$$

وبإعادة كتابة المعادلة أعلاه بالشكل:

$$P_1 = \frac{\lambda_0}{\mu_1} P_0 \dots \dots \dots (1)$$

$$P_{n+1} = \frac{\lambda_n + \mu_n}{\mu_{n+1}} P_n - \frac{\lambda_{n-1}}{\mu_{n+1}} P_{n-1} \dots \dots \dots (2)$$

وبالتعويض المتعاقب بقيم  $(n=1,2,3,\dots)$  في معادلتنا أعلاه فأنا سنحصل على قيم احتمالات الحالة الثابتة فعند التعويض ب  $(n=1)$  في معادلة سيكون:

$$P_2 = \frac{\lambda_1 + \mu_1}{\mu_2} P_1 - \frac{\lambda_0}{\mu_2} P_0 \dots \dots \dots (3)$$

وبالتعويض بقيمة المعادلة (١) والمعادلة (٣) أعلاه سنحصل على:

$$P_2 = \frac{\lambda_1 + \mu_1}{\mu_2} * \frac{\lambda_0}{\mu_1} P_0 - \frac{\lambda_0}{\mu_2} P_0 = \frac{\lambda_0}{\mu_2} P_0 \left( \frac{\lambda_1 + \mu_1}{\mu_1} - 1 \right)$$

$$P_2 = \frac{\lambda_0 \cdot \lambda_1}{\mu_1 \cdot \mu_2} P_0 \quad \dots \dots \dots (4)$$

اما عند التعويض بقيمة  $n=2$  في المعادلة (٢) فان :

$$P_3 = \frac{\lambda_2 + \mu_2}{\mu_3} P_2 - \frac{\lambda_1}{\mu_3} P_1 \quad \dots \dots \dots (5)$$

$$= \frac{\lambda_2 + \mu_2}{\mu_3} * \frac{\lambda_0 \cdot \lambda_1}{\mu_1 \cdot \mu_2} P_0 - \frac{\lambda_1}{\mu_3} \left( \frac{\lambda_0}{\mu_1} P_0 \right)$$

$$= \frac{\lambda_0 \cdot \lambda_1}{\mu_1 \cdot \mu_3} P_0 \left[ \frac{\lambda_0 + \mu_2}{\mu_2} - 1 \right] \quad \dots \dots \dots (6)$$

$$P_3 = \frac{\lambda_0 \cdot \lambda_1 \cdot \lambda_2}{\mu_1 \cdot \mu_2 \cdot \mu_3} P_0$$

$$\therefore P_n = \frac{\lambda_0 \cdot \lambda_1 \cdot \lambda_2 \dots \dots \lambda_{n-1}}{\mu_1 \cdot \mu_2 \cdot \mu_3 \dots \dots \mu_n} P_0, n \geq 1 \quad \dots \dots (7)$$

بما ان مجموع القيم الاحتمالية لكل قيم يجب ان يساوي الواحد الصحيح اي ان مجموع  $P_n$  مساو واحد  
فأننا نحصل على  $P_0$  بالشكل :

$$1 = P_0 + \sum_{n=0}^{\infty} P_n \quad \dots \dots \dots (8)$$

$$= P_0 + \sum_{n=0}^{\infty} \left( \prod_{i=1}^n \frac{\lambda_i - 1}{\mu_i} \right) P_0$$

$$= P_0 \left[ 1 + \sum_{n=0}^{\infty} \left( \prod_{i=1}^n \frac{\lambda_i - 1}{\mu_i} \right) \right]$$

$$\therefore P_0 = \frac{1}{\left[ 1 + \sum_{n=0}^{\infty} \left( \prod_{i=1}^n \frac{\lambda_i - 1}{\mu_i} \right) \right]} \quad \dots \dots (9)$$

ان الهدف الاساس من تطوير نموذج الانتظار لقناة خدمي واحد  $(GD/\infty/\infty)$ :  $(M_n/M_n/1)$  اعلاه واشتقاق احتمالات الحالة الثابت له يمثل في الحقيقة بانه قاعدة الاساس في اشتقاق احتمالات الحالة الثابتة لنماذج انتظار من نوع  $(M/M/C)$  وبالنتيجة فان كافة المؤشرات والتحليلات التي تقوم عليها والتي يمكن ان نستخلصها من نموذج الانتظار  $(M/M/C)$  تستند الى النموذج  $(GD/\infty/\infty)$ :  $(M_n/M_n/1)$ .  
ولفرض الحصول على احتمالات الحالة الثابت لنموذج الانتظار  $(GD/\infty/\infty)$ :  $(M_n/M_n/1)$  فأننا سنقوم بالتعويض في المعادلة اعلاه بالمعلمات الاتية :

$$\lambda_n = \lambda, n \geq 0$$

$$\mu_n = \begin{cases} n\mu & , 0 \leq n \leq c \\ c\mu & , c \leq n \end{cases}$$

فيكون :

١- عندما  $0 \leq n \leq c$  .

$$P_n = \frac{\lambda_n}{\mu(2\mu) \cdot (3\mu) \dots (n\mu)} P_0 \dots \dots (10)$$

$$= \frac{\lambda^n}{n! \mu^n} P_0 = \frac{\rho^n}{n!} P_0$$

$$P_n = \frac{\lambda^n}{\mu(2\mu) \cdot (3\mu) \dots (c-1)\mu \cdot (c\mu) \dots} P_0$$

$$P_n = \frac{\lambda^n}{c! c^{n-c} \cdot \mu^n} P_0 = \frac{\rho^n}{c! c^{n-c}} P_0 \dots \dots (11)$$

اما قيمة  $P_0$  فيمكن تحديدها من خلال مجموع كل الاحتمالات الممكنة يساوي الواحد الصحيح :

$$1 = \sum_{n=0}^{\infty} P_n = P_0 \left[ \sum_{n=0}^{c-1} \frac{\rho^n}{n!} + \sum_{n=0}^{\infty} \frac{\rho^n}{c! c^{n-c}} \right]$$

$$P_0 = \left[ \sum_{n=0}^{c-1} \frac{\rho^n}{n!} + \frac{\rho^c}{c!} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{\rho^{n-c}}{c^{n-c}} \right]^{-1} \dots \dots (12)$$

بافتراض ان  $j=n-c$  فان :

$$P_0 = \left[ \sum_{n=0}^{c-1} \frac{\rho^n}{n!} + \frac{\rho^c}{c!} \sum_{n=0}^{\infty} \left( \frac{\rho}{c} \right)^j \right]^{-1}$$

$$= \left[ \sum_{n=0}^{c-1} \frac{\rho^n}{n!} + \frac{\rho^c}{c!} \cdot \frac{1}{1 - \frac{\rho}{c}} \right]^{-1}, \frac{\rho}{c} < 1 \dots \dots (13)$$

$$P_n = \begin{cases} \frac{\rho^n}{n!} P_0, & 0 \leq n \leq c \\ \frac{\rho^n}{c! c^{n-c}} P_0, & n \geq c \end{cases} \dots \dots (14)$$

$$P_0 = \left[ \sum_{n=0}^{c-1} \frac{\rho^n}{n!} + \frac{\rho^c}{c!} \cdot \frac{1}{1 - \frac{\rho}{c}} \right]^{-1} \quad \dots \dots \dots (15)$$

حيث ان :

$$\frac{\rho}{c} = \frac{\lambda}{c \cdot \mu} < 1 \quad \dots \dots \dots (16)$$

اما ابرز مؤشرات نظام الانتظار (GD/∞/∞): (M/M/C) فهي :

١-

$$Lq = \sum_{n=0}^{\infty} (n - c) P_n = \sum_{n=0}^{\infty} (n - c) \frac{\rho^n}{c! c^{n-c}} P_0 \quad \dots (17)$$

وبافتراض ان  $k=n-c$  فان :

$$Lq = \sum_{n=0}^{\infty} k \frac{\rho^{k+c}}{c! c^k} P_0$$

$$Lq = P_0 \frac{\rho^n}{c!} \cdot \frac{\rho}{c} \sum_{n=0}^{\infty} k \left( \frac{\rho}{c} \right)^{k-1}$$

$$= P_0 \frac{\rho^{c+1}}{c! \cdot c} \cdot \frac{d}{d \left( \frac{\rho}{c} \right)} \sum_{n=0}^{\infty} \left( \frac{\rho}{c} \right)^k$$

$$= P_0 \frac{\rho^{c+1}}{c! \cdot c} \cdot \frac{d}{d \left( \frac{\rho}{c} \right)} \cdot \frac{1}{1 - \frac{\rho}{c}}$$

$$\therefore Lq = \frac{\rho^{c+1}}{c! \cdot c} \cdot \frac{1}{\left( 1 - \frac{\rho}{c} \right)^2} P_0 \quad \dots \dots \dots (18)$$

وباستخدام صيغة  $Lq$  الواردة اعلاه وبموجب صيغة لتل (Little's Formula) التي تربط ما بين مؤشرات نظم الانتظار فان بقية مؤشرات نظام الانتظار (M/M/C): (GD/∞/∞) ستكون:

٢-

$$Ls = Lq + \rho \quad \dots \dots \dots (19)$$

٣-

$$Wq = \frac{Lq}{\lambda} \quad \dots \dots \dots (20)$$

٤-

$$W = Wq + \frac{1}{\mu} \quad \dots \dots \dots (21)$$



### نموذج صف الانتظار في مطار السليمانية الدولي .

بينما سابقا ان هناك عدداً من المراحل للانتظار وهناك عدد من مراكز الخدمة لكل مرحلة لذلك فان اختيار نموذج انتظار بسيط بنمط انتظار واحد وقناة خدمة واحدة لا يمثل واقع الخدمة في المطار .  
لأجل اعطاء حلول ناجحة لمشكلات الانتظار بالمطار يجب اختيار نموذج يتلاءم مع واقع النظام لذلك تم اختيار نموذج الانتظار المتعدد المراكز المختلف ومحطات خدمة مختلفة والنموذج هو:

(M/M/C):(GD/∞/∞)

### زمن اداء الخدمة للمسافرين الواصلين الى المطار.

لدى مراجعة مطار السليمانية الدولي لقياس الزمن الذي تتم فيه خدمة الزبون في فترات زمنية مختلفة واخذ رحلة من الرحلات في المطار ثم اخذ اكثر الرحلات عددا في المطار وهي رحلة الذهاب من السليمانية الى تركيا ثم اخذ احدى الرحلات ذهابا الى تركيا بصورة عشوائية واخذ عينة بحجم تسعة وثلاثين مسافراً (n=39) من ثلاثة الاف مسافر في الشهر. وتم حساب وصول الزبائن يدويا ، وان الزبائن يستغرق زمن خدمتهم في حدود الدقيقتين في حين ان اخرين منهم زمن اداء خدمتهم قد يستغرق ما بين ثلاث الى خمس دقائق وهذا يعتمد على نوع مرحلة الخدمة التي يتلقاها الزبون في المطار .

### السلسلة الرمزية لنظام صف الانتظار (4,5,9,13):

لغرض حل مشكلة صف الانتظار رياضيا لابد من تحديد نوع صف الانتظار وبصورة دقيقة وفقا لخصائصه وحسب السلسلة الرمزية الاتية :

(M/M/C):(GD/∞/∞)

حيث ان :

M: توزيع وقت الوصول (Arrival time distribution) .

M: توزيع وقت الخدمة (Service time distribution) .

C: عدد محطات الخدمة (No of Service Channels) .

GD: سعة النظام (system Capacity) .

∞: مصدر الزبائن (Source of Population) .

∞: نظام صف الانتظار (Queue Discipline) .

الجدول الاتي يوضح زمن الوصول وزمن بدء بالخدمة والانتهاء من الخدمة للمسافرين لأول مرحلة من مراحل الخدمة في المطار وهي خدمة (تفتيش الحقائب).

الجدول (١): يمثل بيانات لمرحلة التفتيش في المطار .

رقم الوصول	زمن وصول الزبائن	زمن البدء بالخدمة في المطار	زمن نهاية الخدمة في المطار
1	٥:3:00	5:3:00	5:5:06
2	5:3:00	5:5:06	5:7:08
3	٥:6:00	5:7:08	٥:9:10
4	٥:9:10	٥:9:10	٥:11:13
5	٥:9:10	٥:11:13	٥:14:16
6	٥:12:05	٥:14:16	5:16:18
7	٥:15:13	٥:16:18	٥:18:21
8	٥:15:13	٥:18:21	٥:20:24
9	٥:18:07	٥:20:24	٥:21:26
10	٥:20:12	٥:21:26	٥:22:28
11	٥:23:11	5:22:28	٥:25:31
12	٥:23:11	٥:25:31	٥:28:35
13	٥:26:00	٥:28:35	٥:31:36
14	5:29:04	٥:31:36	٥:34:39
15	٥:33:13	٥:34:39	٥:36:39
16	٥:35:03	٥:36:39	٥:38:39
17	٥:35:03	٥:38:39	٥:41:39
18	٥:38:09	٥:41:39	٥:44:41
19	٥:41:09	5:44:41	5:47:42
20	٥:42:00	٥:47:42	5:49:44
21	٥:46:05	٥:49:44	٥:51:44
22	5:46:05	5:51:44	5:53:46
23	٥:50:15	٥:53:46	5:55:49
24	٥:53:03	٥:55:49	٥:57:49
25	٥:55:16	٥:57:49	5:59:49
26	٥:55:16	٥:59:49	٦:١:١٢
27	5:56:06	٦:١:١٢	٦:٣:١٨
28	٥:58:02	٦:٣:١٨	٦:٥:٢١
29	5:58:17	٦:٥:٢١	٦:٧:٢٣
30	٥:59:14	٦:٧:٢٣	٦:١٠:٢٣
31	6:1:01	٦:١٠:٣٠	٦:١٢:٣٠
32	٦:٤:١٠	٦:١٢:٣٢	٦:١٥:٣٢
33	٦:٨:١٢	٦:١٥:٣٢	٦:١٨:٠٦

٦:٢١:١٢	٦:١٨:٢٨	٦:١١:٢٨	34
٦:٢٣:٠٣	٦:٢١:٢٨	٦:١٤:٢٨	35
٦:٢٥:١٣	٦:٢٣:٠٣	٦:١٧:٠٥	36
٦:٢٧:٢٣	٦:٢٥:١٣	٦:١٩:١٠	37
٦:٢٩:٢٣	٦:٢٧:٢٣	٦:٢١:٣٣	38
٦:٣٢:٢٣	٦:٢٩:٢٣	٦:٢٣:٠٢	39

الجدول (٢) :يمثل بيانات لمرحلة التذكرة في المطار .

رقم الوصول	زمن وصول الزبائن	زمن البدء بالخدمة في المطار	زمن نهاية الخدمة في المطار
1	5:6:06	5:6:06	5:8:06
2	5:8:08	5:8:08	5:9:10
3	٥:10:10	٥:10:10	٥:11:19
4	٥:12:13	٥:12:13	٥:14:14
5	٥:15:16	٥:15:16	٥:16:17
6	5:17:18	5:17:18	5:19:28
7	٥:19:21	5:19:28	5:21:28
8	٥:21:24	5:21:28	5:23:35
9	٥:22:26	5:23:35	5:25:35
10	٥:23:28	5:25:35	5:27:05
11	٥:26:31	٥:27:05	٥:29:21
12	٥:29:35	٥:29:35	٥:31:35
13	٥:32:31	٥:32:31	٥:35:31
14	٥:35:18	٥:35:31	٥:37:20
15	٥:37:39	٥:37:39	٥:39:39
16	٥:39:39	٥:39:39	٥:41:39
17	٥:41:39	٥:41:39	٥:43:09
18	٥:45:41	٥:45:41	٥:47:50
19	5:48:42	5:48:42	5:50:04
20	5:50:44	5:50:44	5:52:03
21	٥:52:44	٥:52:44	٥:54:01
22	5:54:46	5:54:46	5:56:46
23	5:56:49	5:56:49	5:58:29
24	٥:58:09	٥:58:09	6:00:09
25	6:00:11	6:00:11	6:02:10
26	٦:٢:١٢	٦:٠٢:١٢	٦:٠٤:٠٩
27	٦:٤:١٨	٦:٠٤:١٨	٦:٠٦:١٨
28	٦:٦:٢١	٦:٠٦:٢١	٦:٠٨:٢٥

٦:١٠:٢٥	٦:٠٨:٢٥	٦:٨:٢٣	29
٦:١٣:٠٣	٦:١١:٢٣	٦:١١:٢٣	30
٦:١٥:٣٨	٦:١٣:٣٠	٦:١٣:٣٠	31
٦:١٨:٣٢	٦:١٦:٣٢	٦:١٦:٣٢	32
٦:٢١:٢٦	٦:١٩:٠٦	٦:١٩:٠٦	33
٦:٢٤:١٩	٦:٢٢:١٢	٦:٢٢:١٢	34
٦:٢٦:١٣	٦:٢٤:١٩	٦:٢٤:٠٣	35
٦:٢٨:١٣	٦:٢٦:١٣	٦:٢٦:١٣	36
٦:٣٠:٤٠	٦:٢٨:٢٣	٦:٢٨:٢٣	37
٦:٣٢:١٤	٦:٣٠:٤٠	٦:٣٠:٢٣	38
٦:٣٥:٤٢	٦:٣٣:٢٣	٦:٣٣:٢٣	39

الجدول (٣): يمثل بيانات لمرحلة ختم الجواز في المطار .

رقم الوصول	زمن وصول الزبائن	زمن البدء بالخدمة في المطار	زمن نهاية الخدمة في المطار
1	5:11:06	5:11:06	5:13:10
2	5:12:10	5:13:10	5:15:15
3	٥:14:19	5:15:15	5:17:20
4	٥:17:14	٥:17:20	٥:19:29
5	٥:19:06	٥:19:29	5:22:18
6	5:22:28	5:22:28	5:24:12
7	5:24:28	5:24:28	5:26:30
8	5:26:35	5:26:30	5:28:08
9	5:28:35	5:28:08	5:31:38
10	5:30:05	5:31:38	5:34:38
11	٥:32:21	5:34:38	5:37:17
12	٥:34:35	5:37:17	5:40:11
13	٥:38:31	5:40:11	5:43:01
14	٥:40:20	5:43:01	5:46:21
15	٥:42:39	5:46:21	5:48:06
16	٥:44:39	5:48:06	5:50:46
17	٥:46:09	5:50:46	5:53:20
18	٥:50:50	5:53:20	5:56:00
19	5:53:04	5:56:00	5:59:10
20	5:55:03	5:59:10	6:01:00
21	٥:57:01	6:01:00	6:03:00
22	5:59:46	6:03:00	6:05:09
23	6:01:29	6:05:09	6:07:29

6:10:19	6:07:29	٦:03:09	24
6:12:30	6:10:19	6:05:10	25
6:14:33	6:12:30	٦:٠٧:٠٩	26
6:17:07	6:14:33	٦:٠٩:١٨	27
6:19:23	6:17:07	٦:١١:٢٥	28
6:21:27	6:19:23	٦:١٣:٢٥	29
6:24:06	6:21:27	٦:١٦:٠٣	30
6:26:06	6:24:06	٦:١٨:٣٨	31
6:29:13	6:26:06	٦:٢١:٣٢	32
6:32:00	6:29:13	٦:٢٤:٢٦	33
6:35:03	6:32:00	٦:٢٧:١٩	34
6:37:18	6:35:03	٦:٢٩:١٣	35
6:39:10	6:37:18	٦:٣١:١٣	36
6:42:50	6:39:10	٦:٣٣:٤٠	37
6:45:40	6:42:50	٦:٣٥:١٤	38
6:48:30	6:45:40	٦:٣٨:٤٢	39

الجدول (٤): يمثّل بيانات لمرحلة فحص الجواز في المطار .

رقم الوصول	زمن وصول الزبائن	زمن البدء بالخدمة في المطار	زمن نهاية الخدمة في المطار
٣٠	5:17:10	5:17:10	5:17:40
٣٠	5:19:15	5:19:15	5:19:45
٣٠	5:21:20	5:21:20	5:21:50
٣٠	٥:23:01	٥:23:01	٥:23:31
٣٠	5:26:09	5:26:09	5:26:39
٣٠	5:28:12	5:28:12	5:28:42
٣٠	5:30:30	5:30:30	5:31:00
٣٠	5:32:08	5:32:08	5:32:38
٣٠	5:35:38	5:35:38	5:36:08
٣٠	5:38:38	5:38:38	5:39:08
٣٠	5:41:17	5:41:17	5:41:47
٣٠	5:44:11	5:44:11	5:44:41
٣٠	5:47:01	5:47:01	5:47:31
٣٠	5:50:21	5:50:21	5:50:51
٣٠	5:52:06	5:52:06	5:52:36
٣٠	5:54:46	5:54:46	5:55:16
٢٠	5:57:20	5:57:20	5:57:40

6:00:20	6:00:00	6:00:00	٢٠
6:03:30	6:03:10	6:03:10	٢٠
6:05:30	6:05:00	6:05:00	٣٠
6:07:30	6:07:00	6:07:00	٣٠
6:09:39	6:09:09	6:09:09	٣٠
6:11:59	6:11:29	6:11:29	٣٠
6:14:49	6:14:19	6:14:19	٣٠
6:17:00	6:16:30	6:16:30	٣٠
6:19:03	6:18:33	6:18:33	٣٠
6:21:37	6:21:07	6:21:07	٣٠
6:23:53	6:23:23	6:23:23	٣٠
6:25:57	6:25:27	6:25:27	٣٠
6:28:36	6:28:06	6:28:06	٣٠
6:30:26	6:30:06	6:30:06	٢٠
6:33:33	6:33:13	6:33:13	٢٠
6:36:20	6:36:00	6:36:00	٢٠
6:39:23	6:39:03	6:39:03	٢٠
6:41:38	6:41:18	6:41:18	٢٠
6:43:30	6:43:10	6:43:10	٢٠
6:46:20	6:45:50	6:45:50	٣٠
6:48:10	6:47:40	6:47:40	٣٠
6:53:00	6:52:30	6:52:30	٣٠

- $(P_0)$  يمثل احتمال عدم انشغال مركز الخدمة .
- $(L_s)$  يمثل معدل عدد الزبائن في النظام .
- $(L_q)$  معدل عدد الزبائن في صف الانتظار .
- $(W_s)$  معدل الوقت الذي يقضيه الزبون في النظام .
- $(W_q)$  معدل الوقت الذي يقضيه الزبون في صف الانتظار .

محطات الخدمة	عدد محطات الخدمة	التوزيع	$p_0$	$L_s$	$L_q$	$W_s$	$W_q$
تفتيش الحقائب	2	- Pareto Geometric	6%	6	5	18.3219	13.4964
التكث	2	- weibull Geometric	17%	٢	1	6.3809	2.9163
ختم الجواز	3	- weibull Geometric	20%	2	0.2146	4.4465	0.5393
فحص الجواز	2	- weibull Geometric	5%	7	5	20.1335	14.9617

جدول نتائج مراحل الخدمة في المطار

### الاستنتاجات :

من خلال الدراسة التي اجريتها على مطار السليمانية الدولي تمكنت من الوقوف على جملة من النتائج والاستنتاجات الآتية :

- ١- من خلال الدراسة وتحليل النتائج وتقويم اداء النظام تبين لنا ان هناك انتظارا في المراحل الاولى (تفتيش الحقائب) والثانية(التذكرة) والرابعة(فحص الجواز) ، والسبب الرئيس لمشكلة الانتظار وطول المدة الزمنية المستغرقة في المراجعة للحصول على الخدمة يعود الى المرحلة الاولى والثانية خاصة ، إذ يكون فيهما وقت انتظار للمسافرين .
- ٢- الموظف في المحطة الاولى يستغرق (٢-٥) دقيقة من الوقت لتفتيش الحقائب وذلك بسبب منع بعض المواد المحظورة من السفر .
- ٣- الموظف في المرحلة الثانية يستغرق (٢-٥)دقيقة من الوقت لتدقيق حجز المسافر في الرحلة ومطابقة اسمه في الجواز مع التذكرة .
- ٤- ان معدل عدد الزبائن في نظام المرحلة الأولى ( $L_s=6.8052$ ) اي ما يقارب (6 زبون) إذ يوجد انتظار في النظام ، وفي حال اضافة قناة للمرحلة الاولى مرحلة خدمة (تفتيش الحقائب) يصير معدل عدد الزبائن في النظام ( $L_s=2.1500$ ) اي ما يقارب (2 زبون) فسوف يقل انتظار عدد الزبائن في النظام ، ويكون توزيع الوصول باريتو وتوزيع الخدمة توزيعا هندسيا .
- وان معدل عدد الزبائن في نظام المرحلة الثانية ( $L_s=2.6195$ ) اي ما يقارب (2 زبون) إذ يوجد انتظار في النظام ، في حال اضافة قناة للمرحلة الثاني مرحلة خدمة (التكث) يصير معدل عدد الزبائن في النظام ( $L_s=1.5779$ ) اي ما يقارب (2 زبون) اي يوجد انتظار في النظام ، ويكون توزيع الوصول ويبل وتوزيع الخدمة توزيعا هندسيا .
- ان معدل عدد الزبائن في نظام المرحلة الرابعة ( $L_s=7.0109$ ) اي ما يقارب (7 زبون) إذ يوجد انتظار في النظام، وفي حال اضافة قناة للمرحلة الاولى مرحلة خدمة (تفتيش الحقائب) يصير معدل عدد الزبائن في النظام ( $L_s=2.1609$ ) اي ما يقارب (2 زبون) سوف يقل انتظار عدد الزبائن في النظام ، ويكون توزيع الوصول ويبل وتوزيع الخدمة توزيعا هندسيا .
- ٥- تم استعمال نموذج صفوف الانتظار من نوع (M/M/C) لتعدد المراحل وتعدد محطات الخدمة .

٦- وقد جرى تحليل بيانات الوصول وبيانات الخدمة باستعمال برنامج (Win QSB) ثم جرى التوصل الى النتائج المطلوبة ، فتبين أن بيانات الوصول والخدمة لكل مرحلة متغيرة ، إذ إن التوزيع يتغير بحسب البيانات . فالتوزيع المتقطع المستعمل هو (Geometric distribution) والتوزيعات المستمرة المستعملة هي (Pareto distribution) و (weibull distribution).

### التوصيات :

يجب ان تتوافر قاعدة كاملة للبيانات في كل مرحلة يدون فيها ما يأتي ، ليتسنى للباحثين الحصول على البيانات التي تمكنهم من اجراء البحوث التطويرية التي تقيد بشكل واضح عمل المطار مستقبلا .

- ١- عدد الوحدات الخدمية .
- ٢- عدد الموظفين .
- ٣- عدد الزبائن الداخلين والخارجين من المطار .

٤- حساب وقت انتظار الزبون لكل مرحلة .

### وعليه نقترح ما يأتي :

في بعض المراحل التي يكون الانتظار فيها طويلاً بسبب قلة وحدات الخدمة لذلك نقترح زيادة الوحدات الخدمية في الوقت الحاضر لكي تساهم في تقليل وقت الانتظار للزبون وتسريع عملية الخدمة المقدمة للزبون في كل مرحلة وبالتالي زيادة عدد الزبائن الواصلة للمطار . استعمال التكنولوجيا الحديثة في مراحل الخدمة للزبائن لتقليل الوقت والجهد.

### المصادر:

- ١- خيوكة ، عامر فاضل توفيق حسن ، "استخدام نموذج متعدد قنوات الخدمة في عمليات التصليح والادامة — مع تطبيق في كلية طب الاسنان "رسالة ماجستير في الاحصاء ،كلية الادارة والاقتصاد ، الجامعة المستنصرية ،العراق ١٩٩٠ .
- ٢- سماهر طارق ابراهيم (٢٠١٠) ، دراسة تطبيقية لمشاكل صفوف الانتظار للمركبات في بعض محطات التعبئة لمدينة بغداد ، رسالة ماجستير في بحوث العمليات / كلية الادارة والاقتصاد / جامعة بغداد .
- ٣- محمود ،ايمان حسن (٢٠٠١) ، "اسناد القرار لمنظومة صفوف الانتظار متعدد المراحل " ، رسالة ماجستير ،قسم الاحصاء / كلية الادارة والاقتصاد / جامعة بغداد .
- ٤- نعيمة احمد بودريسة (٢٠٠٢) "استخدام نظرية صفوف الانتظار لدراسة مشكلة الاكتظاظ بميناء الجزائر " رسالة الماجستير /قسم الاحصاء ،كلية الادارة والاقتصاد ،الجامعة المستنصرية .

5- Andrea swilling ,1999,A Short in production to Queuing Theory ,Technical University Berlin , Telecommunication Networks Group Seeker .FT5-2,Eisteinufer 25,10587 Birling ,July 21,1999.

6- AMatt R, DE Palma A,2000, "Queuing Process " Tin Bergen institute Discussion Papers for M tin Bergen institute .

7- Tickioo . Sikdar ,2004, "Queuing analysis and delay Mitigation in IEE 802 .11 Random Access mac Based Wireless Network .

8- Wang Jinan –Ping ,Huang ,2008, The 7<sup>th</sup> International Symposium on Operation Research and its Application Copy right ,2008, Orsk and Aporc. Pp .60 .65.