

# 逢甲大學學生報告 ePaper

報告題名：

應用等候線理論改善台中商圈等候線問題之改善報告

研究對象：明治高纖現炒館

Improved report of using queuing theory to improve Taichung  
marketplace : A Case Study of Ming Chih High Fiber Restaurant

作者：黃怡菁、王珮瑄、黃靖純、高玉穎

系級：工業工程與系統管理學系三年級乙班

學號：D0070608、D0070506、D0292957、D0029719

開課老師：林暘桂 老師

課程名稱：作業研究(二)

開課系所：工業工程與系統管理學系

開課學年：102 學年度 第2學期



## 中文摘要

根據台中市政府民政局的戶籍人口調查，北區的戶籍人口數超過 14 萬人，而在密集的人口居住地生活，當用餐時間來臨，餐廳及各個小吃攤總是有許多的排隊人潮，我們將利用這學期修習的科目—作業研究(二)中所學的等候線理論，以明治高纖現炒館餐廳作為研究對象，將等候線理論應用於此餐廳的排隊情況，幫助店家改善排隊冗長的狀況。

此研究中，我們將在餐廳收集顧客到達資料以及服務時間( $\mu$ )，並將數據整理並計算出顧客到達間隔時間( $\lambda$ )，將數據整理好後運用軟體 ExpertFit 計算出顧客到達間隔時間( $\lambda$ )以及服務時間( $\mu$ )的分配情況。將數據整理好後，Model 近似 M/G/C，並利用此模型去計算出此餐廳的  $L_q$ 、 $W_q$ 、 $L$ 、 $W$ ，最後提出改善方法，並將改善後的排隊情況再利用 M/G/C 模型計算出新的  $L_q$ 、 $W_q$ 、 $L$ 、 $W$ ，並比較改善前後之差異。

**關鍵字：**等候線理論、排隊、明治高纖現炒館



## Abstract

According the census of Taichung City Government, there are more than fourteen thousand people living in North area. At mealtimes, people will line up at the restaurant and the vendors. If you want to buy your lunch or dinner, you should wait for a long time.

We want to solve this problem, so we will find a method by queueing theory that we learn from Operation Research. We invite the Ming Chih high fiber restaurant to be our object of study. We hope we can help them solve the queueing method.

In this study, we will collect the customer's arriving time and serving time( $\mu$ ), and we will use these data to compute the customer's interval arriving time( $\lambda$ ).

When Finishing the data collecting, we will use a software named Experfit to compute the distribute of these data. After running the software, we find its model is similar to M/G/C. We will use this model to compute the  $L_q$ ,  $W_q$ ,  $L$ ,  $W$  of the restaurant. Finally, we will make a suggestion to help the restaurant. After they use the method to improve their queueing condition, we will collect the new data and compute the new  $L_q$ ,  $W_q$ ,  $L$ ,  $W$  by the M/G/C model to compare the difference.



**Keyword : arriving time , queueing theory, waiting time**

## 目錄

一、研究目的.....	3
二、研究方法.....	4
三、研究對象、地點及店面布置圖(目標店家說明).....	6
四、資料收集及分析.....	8
五、Model 分析.....	13
六、改善方法.....	18
七、利益分析.....	19
八、結論.....	20
九、附錄.....	21
1. 原始資料.....	21
2. 整理後的資料.....	23
3. QTS 所分析出之結果.....	25
4. 照片.....	28

## 一、 研究目的

明治高纖現炒館位於台中市北區的北平路上，北平路上有許多小吃店及飲料店，餐點種類樣多樣，每到中餐及晚餐時段北平路總是容易塞車，我們選擇明治高纖現炒館做研究，這家餐廳的炒飯口味多元，所有餐點不但價格親民，份量也十足，尤其老闆為人大方親切，因此客人總是源源不絕的上門享用餐點；此餐廳的客人時常要等上八至十分鐘，內用的桌數也是有限的，因此排隊人潮也容易使客人流失。

我們選擇晚上的用餐人潮較多時段進行研究，利用在課堂上所學的研究方法，改善顧客排隊的壅塞情況。

桌號: <input type="checkbox"/> 外帶 訂購專線: 04-22963789 北平店: 台中市北平路二段85-1號			
炒飯類		現炒類	
單價	數量	單價	數量
* 陳皮(雞丁.豬柳)蛋炒飯	80	* 宮保(雞丁.鮮蝦.雙魷)	90
* 宮保雞丁蛋炒飯	80	* 陳皮(雞丁.豬柳)	90
* 腰果雞丁蛋炒飯	80	腰果(雞丁.鮮蝦.雙拼)	90
* 糖醋雞丁蛋炒飯	80	* 魚香(雞丁.豬柳)	90
* 魚香(雞丁.豬柳)蛋炒飯	80	糖醋(雞丁.鮮蝦)	90
* 左宗雞蛋炒飯	80	梅林(雞丁.豬.牛)	90
* 金邊牛肉(雞.豬.羊)蛋炒飯	80	三 林 雞	90
* 黑胡椒(牛.豬.羊)蛋炒飯	80	* 左 宗 雞	90
* 梅林雞丁(豬.牛)蛋炒飯	80	* 沙 茶 雞 丁	90
三 林 雞 炒 飯	80	南洋鹽焗(牛.羊.雞.豬)	90
* 沙茶雞丁蛋炒飯	80	黑胡椒(牛.羊.豬)	90
* 越南干炒河粉	75	沙茶(牛.羊.豬)	90
(牛.羊.雞.豬.海鮮)		青椒(牛.羊.豬)	90
* 高纖什錦蛋炒飯	75	鳳 梨 蝦 球	90
* 熟海三鮮蛋炒飯	75	爐 三 鮮	90
* 夏威夷蛋炒飯	75	陸 鼓 鮮 蚵	90
* 客家鹹豬肉炒飯	75	清 蒸 鱈 魚	90
* 挪威鮭魚蛋炒飯	75	吮 指 鮮 蚌	90
* 中國揚州蛋炒飯	70	芹 菜 花 枝	90
* 皇后叉燒蛋炒飯	70	* 客 家 酸 白 菜	90
* 青椒牛肉蛋炒飯	70	醬 炒 劍 筍	90
* 明治牛肉蛋炒飯	70	京 醬 肉 絲	90
* 伊豆鮮蝦蛋炒飯	70	碧 綠 雙 翠	90
* 鳳梨鮮蝦蛋炒飯	70	明 治 小 炒	90
* 咖哩雞肉蛋炒飯	70	* 川 味 雙 絲	90
* 叻仔魚蛋炒飯	70	回 鍋 叉 燒	90
* 培根蛋炒飯	70	玉 米 蝦 仁 炒 蛋	90
* 黑胡椒牛肉(羊.豬)蛋炒飯	70	紅 燒 豆 腐	90
* 鮭魚雞肉蛋炒飯	70	客 家 鹹 豬 肉	90
* 北海鮭魚蛋炒飯	70	蔥 爆 牛 肉	90
* 沙茶牛肉(羊.豬)蛋炒飯	70	五 味 三 鮮	90
* 雞 粒 蛋 炒 飯	65	醋 溜 白 玉 (牛.羊.豬)	90
* 茄 汁 蛋 炒 飯	60	* 麻 婆 豆 腐	80
* 肉 絲 蛋 炒 飯	55	鑊 油 香 菇	80
* 台灣火腿蛋炒飯	55	滑 蛋 沙 拉	70
麵 類		銀 絲 炒 蛋	70
* 什 錦 炒 麵	75	烘 蛋 (魚.香.蝦.仁.培根)	60
* 三 鮮 炒 麵	75	煎 蛋 (菜脯.蔥花.九層塔)	50
* 黃金奶油培根炒麵	75	炒 時 菜	50
* 牛肉(羊)炒麵	70	湯 類	
* 蝦 仁 炒 麵	70	鮮 蚵 湯	40
* 鮮 蚵 炒 麵	70	鮮 蚌 湯	40
* 鮮 蚌 炒 麵	70	香 菇 肉 絲 湯	40
* 雞 肉 炒 麵	65	榨 菜 肉 絲 湯	30
* 香 菇 肉 絲 炒 麵	65	玉 米 蛋 花 湯	30
* 肉 絲 炒 麵	55	青 菜 豆 腐 湯	30
* 什 錦 湯 麵 (河粉)	75(85)	蔬 菜 湯	25
* 鮮 鮮 湯 麵 (河粉)	70(80)	小 菜	
* 香 菇 肉 絲 湯 麵 (河粉)	65(75)	燙 青 菜	30
* 榨 菜 肉 絲 湯 麵 (河粉)	55(65)	皮 蛋 豆 腐	30
燴 飯 類		白 飯	10
* 什 錦 燴 飯	75	合 計 :	
* 三 鮮 燴 飯	75		
* 廣 州 燴 飯	70		
* 蝦 仁 燴 飯	70		
* 牛肉(羊.雞.豬)燴飯	70		

圖 1、菜單

## 二、 研究方法

我們將利用課程上所學的排隊理論進行研究，以下將簡單介紹排隊理論。排隊理論(Queueing Theory)又稱之為等候線理論(Waiting Lines Theory)，是一項研究等候線在不同狀態下情況的理論，當我們外出去商店買東西，不管是到大商場或是路邊攤，當店家的生意狀況是忙碌的情形下，都有可能產生顧客等待的情況發生，而台灣地狹人稠，排隊的情況更是非常頻繁，人們也習慣於排隊，但商家可能會因為店內排隊冗長的因素使顧客流失。

而等候線理論就是利用收集商店的資訊，定義出商店的等候線模型(Queueing model)，利用此模型表達商店的等候情況，並計算出系統內的平均等候時間。下圖為等候線的基本過程：

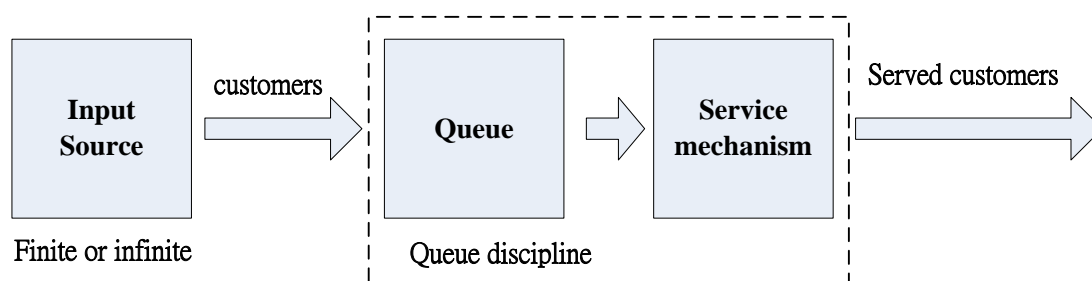


圖 2、基本的等候線程序

本次的研究會使用到 M/M/c 模型及 M/G/c 模型：

- M/M/c 模型：假設顧客的到達間隔時間是獨立的且為指數分配或是 Poisson 分配，服務時間為另一個指數分配，服務人員為 c 人(c 為任意正整數)。
- M/G/c 模型：假設顧客的到達間隔時間是獨立的且為指數分配或是 Poisson 分配，服務時間不限制任何分配，且需知道或估計服務時間分配的平均值和變異數，服務人員為 c 人(c 為任意正整數)。

專有名詞及符號：

1. 模型的符號寫法為  $\rightarrow$  「 1 / 2 / 3 」，第一個格子為顧客到達間隔時間的分配，第二個為服務時間的分配，而第三個格子為服務人員的數目。
2. 模型的代號如下：
  - M：Exponential distribution
  - D：Degenerate distribution
  - Ek：Erlang distribution
  - G：General distribution
3. N(t)：在時間 t ( $t \geq 0$ ) 時，等候系統中的顧客數。
4. Pn(t)：給定在時間 0 的顧客數，等候系統在時間 t 時剛好有 n 個顧客的機率。

5.  $C$ ：等候系統內的服務人員個數。
6.  $\lambda_n$ ：當已有  $n$  個顧客在系統中時，新顧客的平均到達速率（單位時間的期望到達人數）。
7.  $\mu_n$ ：當已有  $n$  個顧客在系統中時，整個系統的平均服務速率（每單位時間完成服務的期望顧客數）。
8.  $\rho$ ：是服務人員的繁忙程度。
9. 下列為假設系統為穩定的情況時，此系統的數學符號如下：
  - $P_n$ ：恰好有  $n$  個顧客在等候系統內的機率。
  - $L$ ：在等候系統內的期望顧客數  $= \sum_{n=0}^{\infty} nP_n$
  - $L_q$ ：等候線的期望長度（不包括正在被服務的顧客）
  - $\omega$ ：每一個顧客在系統內的等候時間（包括服務時間）。
  - $W = E(\omega)$ 。
  - $\omega_q$ ：每一個顧客在系統內的等候時間（不包括服務時間）。
  - $W_q = E(\omega_q)$ 。





### 三、研究對象、地點及店面布置圖(目標店家說明)

#### 1. 明治高纖現炒館介紹

吃在北平穿在天津，位於北平路的這家現炒館，不論中午還是晚上人潮都很多，店裡老闆很親切，不管是路人還是客人都會很熱情的打招呼，一整天嘴巴幾乎沒有停過，手也沒有停過，是個很特別的老闆，至於客人的部分，雖然每到中午晚上點一份炒飯要等超過十分鐘，卻也沒看到客人不耐煩等待的態度，外帶客人就算趕，看老闆忙成這樣也會體諒，內用客人，因為有電視，服務人員會先上小菜和湯，讓客人覺得等待時間不會很長，在顛峰時間點一份餐至少要等 10 分鐘以上，也因為這樣，讓我們找上這間店。

#### 2. 地點

地址：台中市北區北平路二段 85 號之 1



圖 3、餐廳地圖



### 3. 店面布置圖

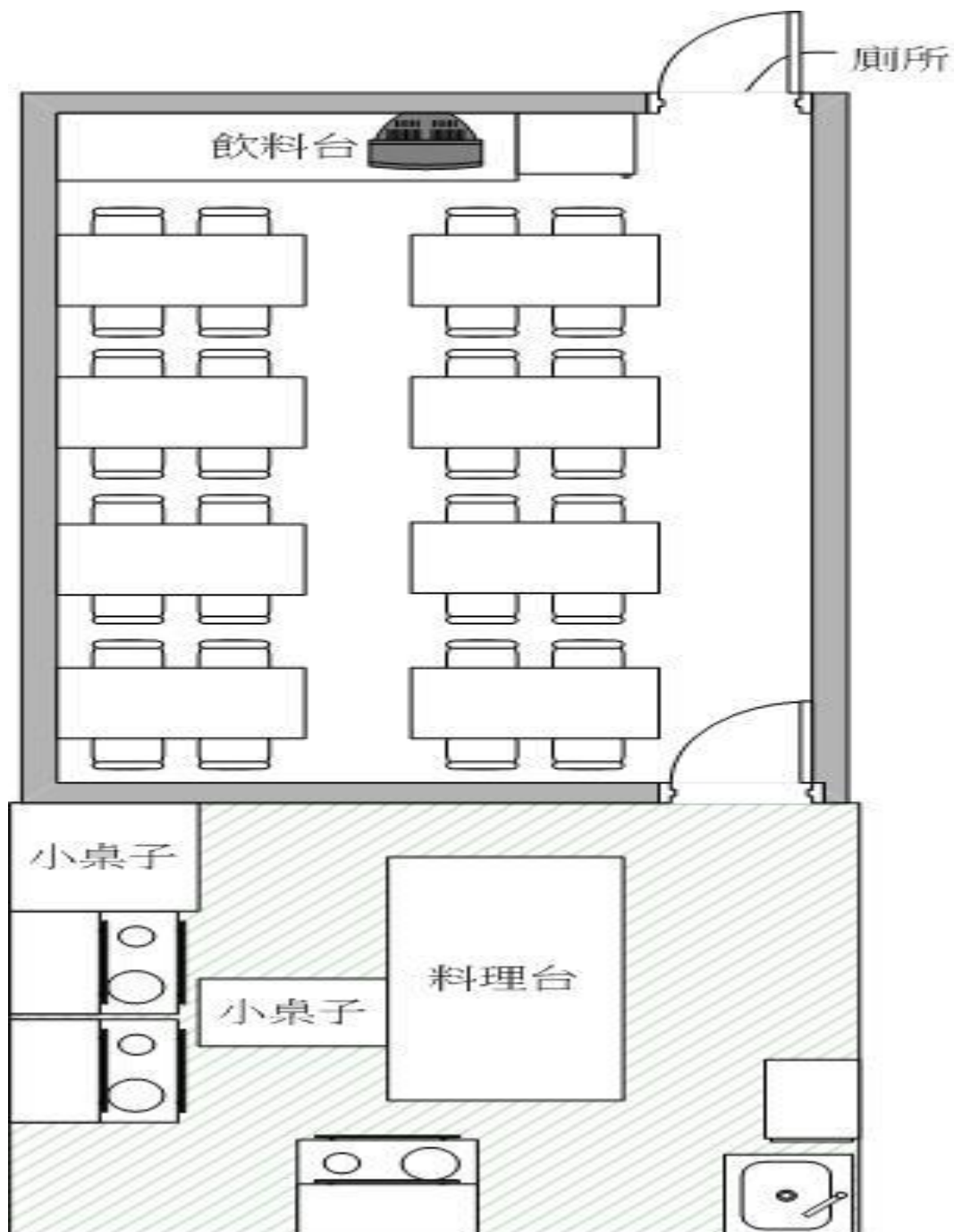


圖 4、店面布置圖

#### 四、資料收集及分析

##### 1. 資料收集

我們實地到研究對象(明治高纖現炒館)進行資料收集，收集資料的方式為記錄顧客到達時間、顧客開始被服務的時間、以及顧客等候時間，工作分配為一人填表、一人紀錄顧客到達時間，兩人紀錄顧客服務時間、以及一人觀看顧客動態並隨時回報，其流程如以下附圖：

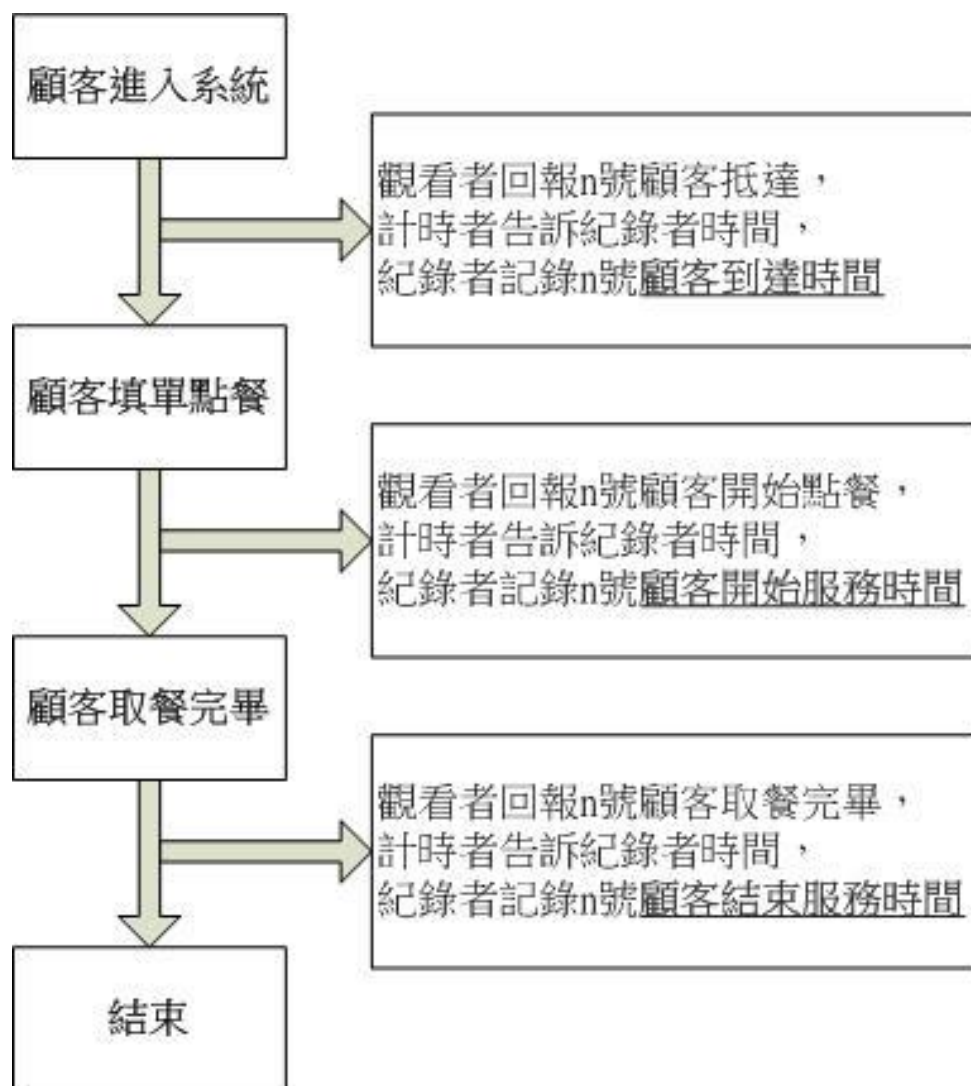


圖 5、流程圖

## 2. 資料分析

我們將原始資料計算出顧客到達間隔時間( $\lambda$ )，數據的單位皆為分鐘，並將數據帶入 ExpertFit 軟體並統計出顧客到達間隔時間( $\lambda$ )的分配。統計的結果為下列附圖：

Data Characteristic	Value
Source file	顧客到達間隔時間
Observation type	Real valued
Number of observations	50
Minimum observation	0.20000
Maximum observation	2.78300
Mean	0.91734
Median	0.77900
Variance	0.39803
Coefficient of variation	0.68774
Skewness	1.01326

圖 6、顧客到達間隔時間 Data-Summary Table

Relative Evaluation of Candidate Models			
Model	Relative Score	Parameters	
1 - Weibull(E)	88.89	Location	0.19991
		Scale	0.71316
		Shape	0.98409
2 - Exponential(E)	69.44	Location	0.20000
		Scale	0.71734
3 - Gamma(E)	66.67	Location	0.19991
		Scale	0.79828
		Shape	0.89872

10 models are defined with scores between 0.00 and 88.89

---

**Absolute Evaluation of Model 1 - Weibull(E)**

Evaluation: Good  
 Suggestion: Additional evaluations using Comparisons Tab might be informative.

---

**Additional Information about Model 1 - Weibull(E)**

"Error" in the model mean  
 relative to the sample mean                       $-6.7847e-4 = 0.07\%$

圖 7、顧客到達間隔時間 Automated-Fitting Results

註：此研究在軟體輸入的數據單位為分鐘

由附圖 6 和附圖 7 可得到顧客到達間隔時間所適合的分配有 Weibull(E)、Exponential(E)、Gamma(E)三種分配，此研究所採用的分配為 Exponential 分配，顧客到達間隔時間( $\lambda$ )與指數分配的圖形如下列附圖 8：

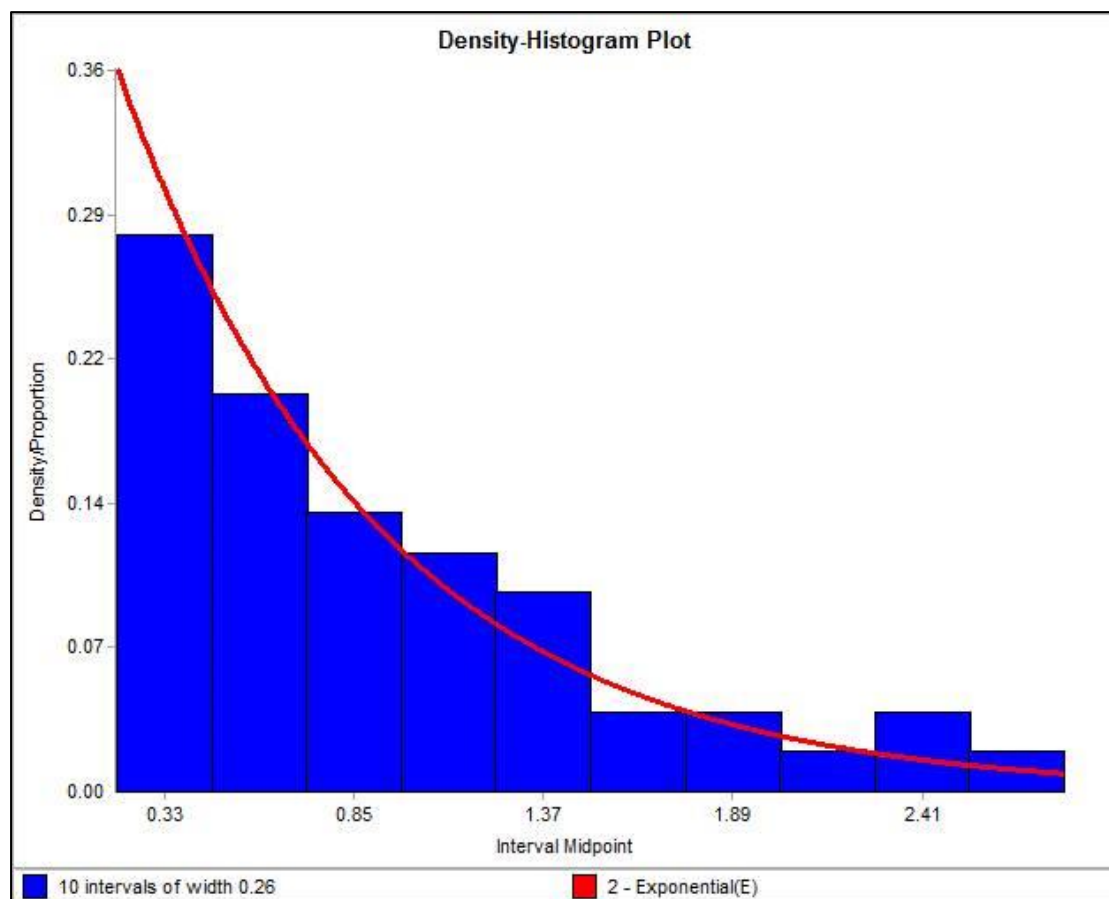


圖 8、顧客到達間隔時間 Density-Histogram Plot

接著計算服務時間( $\mu$ )，數據的單位皆為分鐘，並將數據帶入 ExpertFit 軟體並統計出服務時間( $\mu$ )的分配。統計的結果為下列附圖：

Data Characteristic	Value
Source file	服務時間
Observation type	Real valued
Number of observations	48
Minimum observation	1.82600
Maximum observation	2.63200
Mean	2.10417
Median	2.09050
Variance	0.02883
Coefficient of variation	0.08069
Skewness	0.63949

圖 9、服務時間 Data-Summary Table

<b>Relative Evaluation of Candidate Models</b>			
<b>Model</b>	<b>Relative Score</b>	<b>Parameters</b>	
<b>1 - Lognormal</b>	<b>97.22</b>	<b>Location</b>	<b>0.00000</b>
		<b>Scale</b>	<b>2.09764</b>
		<b>Shape</b>	<b>0.07840</b>
<b>2 - Log-Logistic</b>	<b>88.89</b>	<b>Location</b>	<b>0.00000</b>
		<b>Scale</b>	<b>2.09179</b>
		<b>Shape</b>	<b>22.25780</b>
<b>3 - Gamma</b>	<b>80.56</b>	<b>Location</b>	<b>0.00000</b>
		<b>Scale</b>	<b>0.01306</b>
		<b>Shape</b>	<b>161.05481</b>

10 models are defined with scores between 0.00 and 97.22

---

**Absolute Evaluation of Model 1 - Lognormal**

**Evaluation: Good**

**Suggestion: Additional evaluations using Comparisons Tab might be informative.**

---

**Additional Information about Model 1 - Lognormal**

**"Error" in the model mean**  
**relative to the sample mean**                      **7.3096e-5 = 0.00%**

圖 10、服務時間 Automated-Fitting Results

由附圖 9 和附圖 10 可得到服務時間所適合的分配有 Lognormal、Log-Logistic、Gamma 三種分配，此研究所採用的分配為 Lognormal 分配，服務時間( $\mu$ )與 Lognormal 分配的圖形如下列附圖 11：

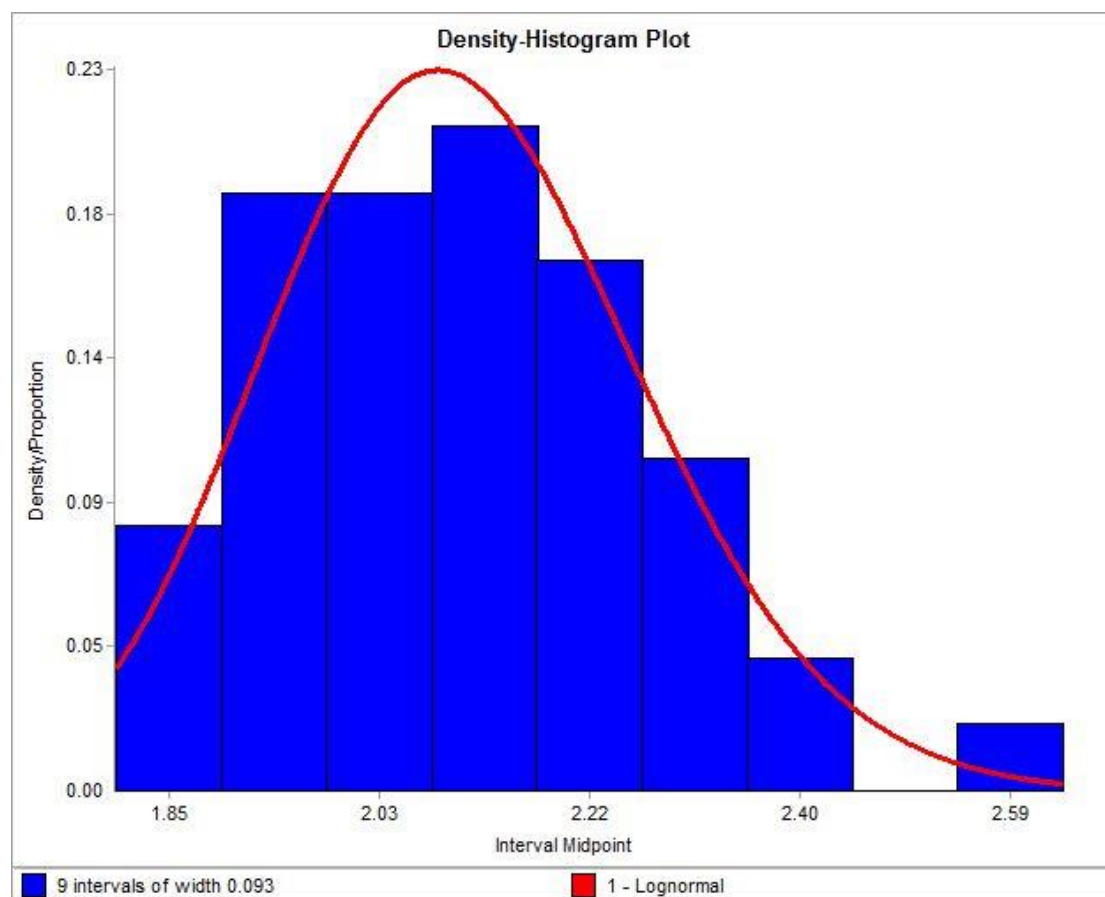


圖 11、服務時間 Density-Histogram Plot

在分析完上述的分配並作整理後，就等候線理論(Queuing Theory)的型態而言，此 Model 近似 M/G/C 的型態。



## 五、 Model 分析

### 1. Queueing Theory Software 分析

在前面資料分析完之後得知原始數據的型態為 M/G/2，第一個 M 代表顧客到達間隔時間呈現指數分配，第二個 G 代表服務時間呈現一般分配，第三個 2 是服務人員共有 2 位(廚師、送餐人員)，而下表是整理計算完後的結果：

表 1

$\lambda$	0.917
$\lambda_{\text{eff}}$	0.8634
$\mu$	0.475
$1/\mu$	2.104
$(cv)^2$	0.00651

$\lambda_{\text{eff}}$ ：有效期望單位時間顧客到達數

$$\lambda_{\text{eff}} = \lambda \times (1 - \text{balk}\%) = 0.91734 \times (1 - 5.88\%) = 0.8634$$

$$\text{balk}\% = (\text{突然離開的顧客} / \text{進入系統的總顧客數})\% = 3 / 51 = 5.88\%$$

因 QTS 軟體中沒有 M/G/C 的 Model，所以我們利用近似等候理論進行 Lq 和 Wq 的公式換算，藉由 M/M/C 的模型，經由 M/G/1 等候線系統中的校正公式  $(1 + (cv)^2/2)$  去對應 M/M/1 模型，對應的公式如下：

$$cv = \frac{\text{standard deviation}}{\text{mean}}$$

$$Lq = \left( \frac{\rho^2}{1 - \rho} \right) \left( \frac{1 + (cv)^2}{2} \right), \text{ when } (cv)^2 = \frac{V(x)}{E(x)^2} = \sigma^2 \mu^2$$

M/G/C 等候線系統 Lq 和 Wq 的近似方程式，我們可以透過校正因子對應到 M/M/C 校正公式中的 Lq 和 Wq 來獲得 M/G/C 近似方程式，且 cv 越接近 1 越近似。我們將利用 M/G/C 的近似方程式來計算其等候時間、設備利用率…等相關資訊，利用 QTS 軟體進行 M/M/2 分析整理後得到下表結果：

表 2

M/M/2	
服務者的設備利用率 ( $\rho$ )	90.84%
整個系統中平均顧客人數 (L)	10.389
等候線系統中平均顧客人數 (Lq)	8.573
整個系統中顧客平均等候時間 (W)	12.0332
等候線系統中顧客平均等候時間 (Wq)	9.929

我們根據上表分析出來的結果，利用 M/G/C 的近似方程式來計算出 Lq、Wq、L、W，其計算公式如下：



$$Lq = Lq \times \left( \frac{1 + (cv)^2}{2} \right) = 8.573 \times \left( \frac{1 + 0.00651}{2} \right) = 4.314405115$$

$$Wq = Wq \times \left( \frac{1 + (cv)^2}{2} \right) = 9.929 \times \left( \frac{1 + 0.00651}{2} \right) = 4.996818895$$

$$L = Lq + \frac{\lambda}{\mu} = 4.314 + \frac{0.8634}{1/0.475} = 4.724115$$

$$W = \frac{L}{\lambda} = \frac{4.724}{0.8634} = 5.47139217$$

由上述資料我們可以得知，原始狀況的設備利用率為 90.84%，在整個系統裡的平均顧客數為 4.724 人，在等候線的平均顧客數為 4.314 人，顧客在整個系統的平均等候時間為 5.471 分鐘，顧客在等候線的平均等候時間為 4.997 分鐘。整理後如下表：

表 3

M/G/2	
服務者的設備利用率 ( $\rho$ )	90.84%
整個系統中平均顧客人數 (L)	4.724
等候線系統中平均顧客人數 (Lq)	4.314
整個系統中顧客平均等候時間 (W)	5.471
等候線系統中顧客平均等候時間 (Wq)	4.997

## 2. Simulation 分析

接著我們再利用 ProModel 軟體對系統進行實際排隊情況的模擬，比較與上述等候線理論之差異，下圖為模擬系統的 Layout 圖：



圖 12、ProModel Layout 圖

下圖為 ProModel 的 Location 設定：

```

*****
*                               Locations                               *
*****
Name          Cap      Units Stats      Rules          Cost
-----
門口          inf      1      Time Series Oldest, ,
廚師          1          1      Time Series Oldest, ,
顧客排隊等候線 INFINITE 1      Time Series Oldest, FIFO,
服務人員      1          1      Time Series Oldest, ,
    
```

圖 12、ProModel Location

顧客到達間隔時間設定為指數分配 e(0.8634)，如下圖 Arrival：

```

*****
*                               Arrivals                               *
*****
Entity  Location Qty Each  First Time Occurrences Frequency Logic
-----
顧客    門口      1                inf          e<0.8634>
    
```

圖 13、ProModel Arrival

以下為 ProModel 的 Entities 設定：

```

*****
*                               Entities                               *
*****
Name          Speed <fpm> Stats      Cost
-----
顧客          150          Time Series
    
```

圖 14、ProModel Entities

設定 Processing，程序為顧客到達門口後向服務人員點餐，接著廚師製作餐點，顧客領完餐點後便離開系統。本研究假設點餐時間為均勻分配  $u(0.5, 0.5)$  和等候時間(廚師製作餐點)為常態分配  $n(2.104, 0.5)$ ，其相關程式如下：

```

*****
*                               Processing                               *
*****
Process                               Routing
Entity  Location      Operation      Blk  Output  Destination  Rule
-----
顧客    門口              1          顧客  顧客排隊等候線  FIRST 1
顧客    顧客排隊等候線    1          顧客  服務人員        FIRST 1
顧客    服務人員          wait u<0.5,0.5>  1          顧客  廚師            FIRST 1
顧客    廚師              wait n<2.104,0.5>  1          顧客  EXIT            FIRST 1
    
```

圖 15、ProModel Processing

接著對此系統模擬 3 小時，模擬完成結果如下圖：

Name	Scheduled Time (MIN)	Capacity	Total Entries	Avg Time Per Entry (MIN)	Avg Contents	Maximum Contents	Current Contents	% Utilization
門口	180.00	999999...	210.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
廚師	180.00	1.00	83.00	2.15	0.99	1.00	1.00	99.22
顧客排隊等候線	180.00	999999...	210.00	54.67	63.78	126.00	126.00	0.01
服務人員	180.00	1.00	84.00	2.13	0.99	1.00	1.00	99.46

圖 15、ProModel Output Location

Entity Activity for 模擬							
Name	Total Exits	Current Qty In System	Avg Time In System (MIN)	Avg Time In Move Logic (MIN)	Avg Time Wait For Res (MIN)	Avg Time In Operation (MIN)	Avg Time Blocked (MIN)
顧客	82.00	128.00	59.61	0.00	53.09	2.87	3.66

圖 16、ProModel Output Entity Activity

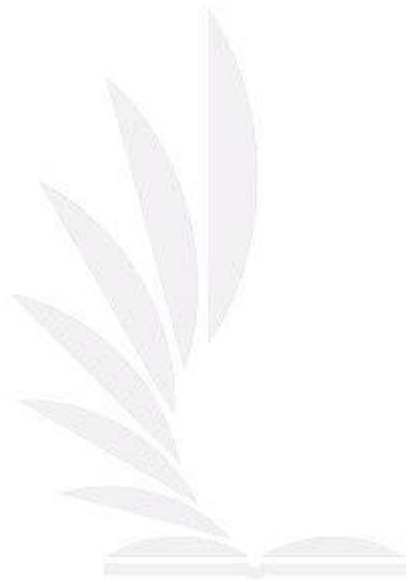
經過模擬分析後，我們將結果整理成下表：

表 4

平均設備使用率	99.34%
顧客平均在系統的時間	59.61 分
平均服務時間	2.14
走掉的顧客數	210-82=128
Balk%	$(128/210)*\%=60.95\%$

我們使用 QTS 和 ProModel 兩種軟體進行資料分析，不同於 QTS 雖然準確度較高，但 ProModel 較接近真實情況以及較有彈性；我們在執行 ProModel 時設置的模擬時間為每次三小時，且經過研究觀察，發現兩種分析方法很相近，因此

我們可以合理的推論 QTS 分析的結果也是接近真實情況的，因此我們可以使用更接近事實的方式去幫助店家改善他們的等候線。



## 六、改善方法

根據研究結果，我們討論出兩種改善方法，第一種為多聘請一位學徒來幫忙炒飯，因目前的廚師只有一位，而爐火則有一個是空下來的，而為降低成本，考慮聘請一位學徒作為第一種改善方法。分析結果顯示，增加一名服務人員雖然讓設備利用率下降，但可以使顧客平均等候時間大幅改善 85%，整理的結果如下表：

表 5

	原始	增加一人	改善幅度
服務者的設備利用率 ( $\rho$ )	90.86%	60.57%	33.34%
整個系統中平均顧客人數 (L)	4.737	0.6899	85.44%
等候線系統中平均顧客人數 (Lq)	4.327	0.2798	93.54
整個系統中顧客平均等候時間 (W)	5.486	0.799	85.44%
等候線系統中顧客平均等候時間 (Wq)	5.0119	0.324	93.53%

第二種為降低服務時間，方法為準備好半成品，並進行員工的教育訓練，讓包裝人員可以快速包裝，如此一來就可以減少服務客人的時間，我們使用軟體模擬改善服務時間，降低至 5%、10%、15% 的情況；分析結果顯示，整體的等待時間大概只有減少 37% 左右而已，分析整理的結果如下表：

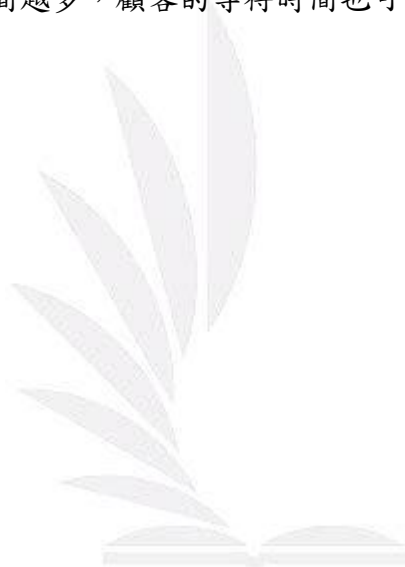
表 6

	原始	降低 5%	改善幅度	降低 10%	改善幅度	降低 15%	改善幅度
服務者的設備利用率 ( $\rho$ )	90.84%	86.30%	4.99%	81.75%	5.27%	77.21%	5.55%
整個系統中平均顧客人數 (L)	4.724	2.943	37.7%	2.068	29.73%	1.557	24.71%
等候線系統中平均顧客人數 (Lq)	4.314	2.533	41.28%	1.658	34.54%	1.147	30.82%
整個系統中顧客平均等候時間 (W)	5.471	3.409	37.7%	2.395	29.74%	1.803	24.72%
等候線系統中顧客平均等候時間 (Wq)	4.997	2.934	41.28%	1.920	5.27%	1.329	5.55%

## 七、 利益分析

原本顧客排隊等餐時間過長，內用的客人因為有電視還有小菜會先上所以感覺起來等候時間沒有這麼長，但是對於外帶客人來講，等候太久會早不耐煩且由於店面走道稍窄，外帶顧客等候時擠在走道上，服務員要上菜不方便，也會造成店門口雜亂壅塞，當其他趕時間的顧客看見似乎等待的時間會很久的時候，便會轉頭就走，造成顧客流失。

當我們多聘請一位服務人員，為了減少人事成本，我們選擇聘請兼職或是工讀的只需負責收桌面上菜及備料，雖然人事成本增加，但可大幅減少顧客在系統的等候時間及等候人數，店內客人流動率會比較大，且流失的顧客也會回來。為了降低服務時間，我們對員工進行教育訓練，且事先備妥半成品，並且能讓兩個炒鍋都能使用，不會有一位師父還要去上菜造成一個鍋子沒有在運作，由改善結果可以發現降低的服務時間越多，顧客的等待時間也可以降低得越多。



## 八、 結論

由上述分析，以及討論過後，我們提出了兩個改善方案，第一為曾聘工作人員，第二為進行員工訓練，以減少服務時間。此餐廳為以填寫單子點餐，寫完單並起依造順序夾在等候區上，所以秩序上是不會雜亂無章的，若是能增加一到兩位工作人員幫忙上菜、備料以及收拾，就能有明顯的改善效果。但是小幅度的降低服務時間並不能看見明顯的效果，由上述分析發現需要將服務時間降低 15% 才會有明顯的效果。若是能減少顧客等待時間，而且效率提升，顧客吃飯吃得開心，老闆做菜做得放心，減少解決客怨的時間，也不用擔心顧客流失掉，這樣顧客比較會願意到餐廳消費，並且提升餐廳的利益。





## 九、 附錄

### 1. 原始資料

	顧客到達時間			服務時間
	時	分	秒	分
1	6	18	36	1.981
2	6	19	37.98	1.905
3	6	20	58	1.956
4	6	22	23.5	2.205
5	6	25	9.5	1.983
6	6	26	57.5	2.285
7	6	28	5.48	走掉
8	6	28	20.48	2.098
9	6	29	38.18	2.217
10	6	31	56.18	2.12
11	6	32	59.3	1.873
12	6	33	19.28	2.313
13	6	34	14.3	2.33
14	6	34	52.28	1.853
15	6	35	27.26	1.833
16	6	36	17.24	2.183
17	6	37	4.22	2.33
18	6	37	46.22	2.098
19	6	38	10.22	走掉
20	6	38	31.22	2.201
21	6	39	6.02	2.233
22	6	39	20	2.066
23	6	39	37.1	2.013
24	6	39	53.12	2.433
25	6	40	6.02	2.403
26	6	40	24.32	1.826
27	6	40	43.34	2.133
28	6	40	55.34	2.183

應用等候線理論改善台中商圈等候線問題之改善報告：明治高纖現炒館

29	6	41	15.32	1.933
30	6	41	32.3	2.075
31	6	41	52.28	2.3
32	6	42	27.26	2.153
33	6	43	7.28	2.003
34	6	43	57.26	2.083
35	6	44	28.1	2.632
36	6	44	59.3	2.03
37	6	45	48.32	2.13
38	6	46	23.12	2.263
39	6	47	1.1	2.015
40	6	47	48.08	2.157
41	6	50	5.06	2.083
42	6	52	0.08	2.043
43	6	53	36.08	2.033
44	6	54	42.56	1.92
45	6	55	55.58	2.175
46	6	57	16.58	1.982
47	7	0	3.56	2.108
48	7	1	41.54	走掉
49	7	3	51.56	1.993
50	7	5	8.54	1.902
51	7	6	37.52	1.933

2. 整理後的資料

	顧客到達間隔時間	服務時間
	分	分
1	1.033	1.981
2	1.167	1.905
3	1.425	1.956
4	2.783	2.205
5	1.8	1.983
6	1.133	2.285
7	0.25	走掉
8	1.295	2.098
9	2.3	2.217
10	1.052	2.12
11	0.333	1.873
12	0.917	2.313
13	0.633	2.33
14	0.583	1.853
15	0.833	1.833
16	0.783	2.183
17	0.7	2.33
18	0.4	2.098
19	0.35	走掉
20	0.58	2.201
21	0.233	2.233
22	0.285	2.066
23	0.267	2.013
24	0.215	2.433
25	0.305	2.403
26	0.317	1.826
27	0.2	2.133
28	0.333	2.183
29	0.283	1.933
30	0.333	2.075

31	0.583	2.3
32	0.667	2.153
33	0.833	2.003
34	0.514	2.083
35	0.52	2.632
36	0.817	2.03
37	0.58	2.13
38	0.633	2.263
39	0.783	2.015
40	2.283	2.157
41	1.917	2.083
42	1.6	2.043
43	1.108	2.033
44	1.217	1.92
45	1.35	2.175
46	2.783	1.982
47	1.633	2.108
48	2.167	走掉
49	1.283	1.993
50	1.483	1.902
51	1.033	1.933

### 3. QTS 分析結果

#### M/M/c: POISSON ARRIVALS TO MULTIPLE EXPONENTIAL SERVERS

原始數據

##### Input Parameters:

Arrival rate ( $\lambda$ )	0.8634
Mean service time ( $1/\mu$ )	2.10417
Number of servers in the system (c)	2

##### Plot Parameters:

Maximum size for probability chart	15
Total time horizon for probability plotting	2.

##### Results:

Mean interarrival time ( $1/\lambda$ )	1.158212
Service rate ( $\mu$ )	0.475247
Average # arrivals in mean service time (r)	1.81674
Server utilization ( $\rho$ )	90.84%
Fraction of time all servers are idle ( $\rho_0$ )	0.048015
Mean number of customers in the system (L)	10.389471
Mean number of customers in the queue (Lq)	8.572731
Mean wait time (W)	12.033208
Mean wait time in the queue (Wq)	9.929038
Probability arriving customer is delayed in queue ( $1-Wq(0)$ )	0.864755

#### M/M/c: POISSON ARRIVALS TO MULTIPLE EXPONENTIAL SERVERS

增加一位服務人員

##### Input Parameters:

Arrival rate ( $\lambda$ )	0.8634
Mean service time ( $1/\mu$ )	2.10417
Number of servers in the system (c)	3

##### Plot Parameters:

Maximum size for probability chart	15
Total time horizon for probability plotting	2.

##### Results:

Mean interarrival time ( $1/\lambda$ )	1.158212
Service rate ( $\mu$ )	0.475247
Average # arrivals in mean service time (r)	1.81674
Server utilization ( $\rho$ )	60.56%
Fraction of time all servers are idle ( $\rho_0$ )	0.142841
Mean number of customers in the system (L)	2.372433
Mean number of customers in the queue (Lq)	0.555692
Mean wait time (W)	2.747779
Mean wait time in the queue (Wq)	0.643609
Probability arriving customer is delayed in queue ( $1-Wq(0)$ )	0.361927

### M/M/c: POISSON ARRIVALS TO MULTIPLE EXPONENTIAL SERVERS

降低服務時間5%

#### Input Parameters:

Arrival rate ( $\lambda$ )	0.8634
Mean service time ( $1/\mu$ )	1.99896
Number of servers in the system (c)	2

#### Plot Parameters:

Maximum size for probability chart	15
Total time horizon for probability plotting	2.

#### Results:

Mean interarrival time ( $1/\lambda$ )	1.158212
Service rate ( $\mu$ )	0.50026
Average # arrivals in mean service time (r)	1.725902
Server utilization ( $\rho$ )	86.30%
Fraction of time all servers are idle ( $p_0$ )	0.073566
Mean number of customers in the system (L)	6.759879
Mean number of customers in the queue (Lq)	5.033977
Mean wait time (W)	7.829371
Mean wait time in the queue (Wq)	5.830411
Probability arriving customer is delayed in queue ( $1-Wq(0)$ )	0.799468

### M/M/c: POISSON ARRIVALS TO MULTIPLE EXPONENTIAL SERVERS

降低服務時間10%

#### Input Parameters:

Arrival rate ( $\lambda$ )	0.8634
Mean service time ( $1/\mu$ )	1.89375
Number of servers in the system (c)	2

#### Plot Parameters:

Maximum size for probability chart	15
Total time horizon for probability plotting	2.

#### Results:

Mean interarrival time ( $1/\lambda$ )	1.158212
Service rate ( $\mu$ )	0.528053
Average # arrivals in mean service time (r)	1.635064
Server utilization ( $\rho$ )	81.75%
Fraction of time all servers are idle ( $p_0$ )	0.100393
Mean number of customers in the system (L)	4.930213
Mean number of customers in the queue (Lq)	3.295149
Mean wait time (W)	5.71023
Mean wait time in the queue (Wq)	3.81648
Probability arriving customer is delayed in queue ( $1-Wq(0)$ )	0.735457

### M/M/c: POISSON ARRIVALS TO MULTIPLE EXPONENTIAL SERVERS

降低服務時間15%

#### Input Parameters:

Arrival rate ( $\lambda$ )	0.8634
Mean service time ( $1/\mu$ )	1.78854
Number of servers in the system (c)	2

#### Plot Parameters:

Maximum size for probability chart	15
Total time horizon for probability plotting	2.

#### Results:

Mean interarrival time ( $1/\lambda$ )	1.158212
Service rate ( $\mu$ )	0.559115
Average # arrivals in mean service time (r)	1.544225
Server utilization ( $\rho$ )	77.21%
Fraction of time all servers are idle ( $p_0$ )	0.128596
Mean number of customers in the system (L)	3.823836
Mean number of customers in the queue (Lq)	2.279611
Mean wait time (W)	4.428812
Mean wait time in the queue (Wq)	2.640272
Probability arriving customer is delayed in queue ( $1-Wq(0)$ )	0.672822

### M/M/c: POISSON ARRIVALS TO MULTIPLE EXPONENTIAL SERVERS

增加一位服務人員，降低服務時間5%

#### Input Parameters:

Arrival rate ( $\lambda$ )	0.8634
Mean service time ( $1/\mu$ )	1.99896
Number of servers in the system (c)	3

#### Plot Parameters:

Maximum size for probability chart	15
Total time horizon for probability plotting	2.

#### Results:

Mean interarrival time ( $1/\lambda$ )	1.158212
Service rate ( $\mu$ )	0.50026
Average # arrivals in mean service time (r)	1.725902
Server utilization ( $\rho$ )	57.53%
Fraction of time all servers are idle ( $p_0$ )	0.160442
Mean number of customers in the system (L)	2.164379
Mean number of customers in the queue (Lq)	0.438477
Mean wait time (W)	2.50681
Mean wait time in the queue (Wq)	0.50785
Probability arriving customer is delayed in queue ( $1-Wq(0)$ )	0.323693



#### 4. 照片







