

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

Application queuing theory to improve Taichung shopping district queuing problem.

研究對象：按摩雞排

作者：林勁宇、林文浩、許崴迪、陳志忠、陳俊安、鄭晏宗

系級：工業工程與系統管理學系三年級乙班

學號：D0070451、D0029811、D0070418、D0070699、D0029854、D0124022

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系

開課學年：一百零二學年度 第二學期



摘要

本研究藉由 ExpertFit 與 Queueing Theory Software 分析出研究對象的等候線模型及模型中的 L 、 L_q 、 W 、 W_q ，進而提出可以降低顧客排隊時間成本以及減少店家大排長龍情形的方法。我們以按摩雞排為探討對象，研究其顧客到達間隔時間與服務站的服務時間，將資料進行適合的分析與檢定，找出其模型近似 M/M/S，為了更精準的算出每塊雞排在包裝時的服務時間，並量測了每塊雞排到開始包裝前的到達間隔時間與服務員包裝雞排時間，分析出其模型為 G/G/1。最後經由兩者混和之 L 、 L_q 、 W 、 W_q 來比較改善前與改善後的差異，提出最適合的改善方案。

關鍵字：等候線理論、



目次

一、研究目的	3
二、研究方法.....	3
1. 等候線理論.....	3
2. 專有名詞及符號.....	5
3. 生死過程.....	6
三、研究對象.....	7
四、資料收集與分析.....	9
1. 資料收集.....	9
2. 資料分析.....	9
五、Model 分析	16
1. 剪雞排.....	16
2. 烤雞排.....	17
六、改善方案.....	18
1. 更換剪刀.....	18
2. 更換烤爐.....	19
3. 發放號碼牌.....	20
七、利益分析.....	20
八、Queueing Theory Software 與實際的差異	21
九、結論與心得	22
十、附錄	24
I. 店家同意單.....	24
II. 原始數據.....	25
III. 整理後數據.....	27
IV. QtsPlus 分析結果.....	29
V. 服務照片.....	31

一、 研究目的

逢甲夜市位於台中市西屯區以文華路、福星路、逢甲路為主，是全台灣最大且著名的觀光夜市，逢甲夜市的消費以『俗擱大碗』為最吸引各路愛好夜市的民眾，若遇假日其人潮更是讓逢甲夜市主幹道塞得水泄不通，而各個店家更是人聲鼎沸，排隊人潮也是絡繹不絕。

排隊買東西的情形在逢甲夜市可以說是習以為常，但是當你來到夜市想吃一些人氣美食的時候，總是看到大排長龍的人潮，不僅讓逛夜市美好的心情大打折扣，也會對漫長的等待時間感到厭煩。

為了提供遊客更舒適及迅速的排隊環境，以我們目前作業研究所學習的等候線理論，為店家進行等候線的改善，希望可以大幅縮短顧客等候時間。不僅使顧客能更盡興享受美食，也可以為店家帶來更多的人潮商機。

二、 研究方法

1. 等候線理論

等候線理論又稱為排隊理論，是由丹麥工程師 A.K.Erlang 和電話工業合作研究創立。

A.K.Erlang 當時是想研究電話線路忙碌與閒置的問題。他想要知道線路忙碌（或佔線）的期望值，因此利用機率論上的一些假設做為分析的條件，發展成一套分析和研究排隊等候的工具。

在產品生產過程中，如發生等候情形，一般來說稱為等候線。等候線的發生，是因為某些工人、零件、機器、或單位必須等待服務，而他們的服務設備，卻不能提供足夠的服務量，而造成了等候的情形。簡單來說，一位鞋匠修一雙鞋要三十分鐘，但顧客卻在一個小時內來了兩位，而第二位顧客就會發生等待的情形，也就產生了等候線的問題。

等候線理論的目的，在如何決定一個適當的服務設施及人員，平衡這兩方面的損失，達到降低顧客等候服務的時間成本及產能的成本，使整個等候線系統的總成本達到最低，進而得到最佳的等候模式。

等候線理論：按摩雞排

基本的等候線結構：

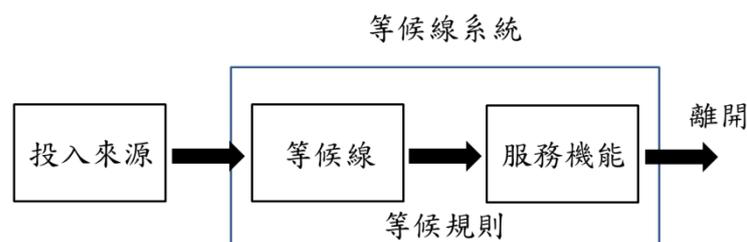


圖 1：等候線基本結構圖

等候線結構一般分成輸入來源 (Input Source)、等候線 (Queue)、等候規則 (Queue Discipline)、服務設備 (Service Mechanism) 此四項。

輸入來源：

輸入來源之大小，可分為有限、無限兩種。有限：其速率受到系統內顧客數影響；無限：來源顧客產生速率不受等候系統內顧客數影響。

顧客到達間隔時間(服務時間)之分配：

顧客到達情況依輸入來源之特性而定，最基本且常見的分配情形為指數分配 (Exponential Distribution)，其意為到達情況為已定，而未來需求服務情形可以正確推測。

顧客到達間隔時間(服務時間)通常會以 Kendall 等候系統記號呈現。

A / B / C / X / Y /

A：到達間隔時間分配

B：服務時間分配

C：服務人數

X：等候規則

Y：系統容量 (註：一般會省略 X 及 Y)

表示顧客到達間隔時間(服務時間)之分配的符號為：

M = 指數分配 (馬可夫性質)

D = 退化分配 (固定時間)

E_k = Erlang (參數為 k)

G = 一般服務時間機率分配 (可以為任何一種機率分配)

等候線：

等候線之特性為有限與無限兩種可容納之最大顧客數情況。例如：停車場如果他的停車空位已經佔滿，之後到達車輛只能離開，故其等候線大小為零；而銷售部門其到達訂貨數為不受限制，因此其等候線大小無限制。

等候規則：

等候規則又稱服務規則 (Service Discipline)，即到達系統顧客所接受服務次序。常見等候規則有：

1. 先到先服務 (First Come, First Served, FCFS)
2. 後到先服務 (Last Come, First Served, LCFS)
3. 隨機次序服務 (Service In Random Order, SIRO)
4. 優先 (Priority, PR) 等候規則

服務機能：

服務機能包含一個或一個以上之服務設備 (Service Facilities)，每一服務設備包含一個或一個以上之服務站 (Service Stations)，其中每一服務站都提供相同之服務。

2. 專有名詞及符號

(1). 基本符號

系統狀態：在等候系統中的顧客數。

等候線長度：正在等待被服務的顧客數或系統狀態減去正在被服務的顧客數。

$N(t)$ ：在時間 t 時之等候系統中顧客數。

$P_n(t)$ ：等候系統在時間 t 時剛好有 n 個顧客的機率。

s ：等候系統中的服務員數 (平行的服務管道數)。

λ_n ：當等候系統有 n 個顧客時，新顧客的平均到達速率 (單位時間的期望到達顧客數)。

➤ 對於所有 n 值， λ_n 皆呈現為同一常數，此常數則記為 λ 。

➤ $1/\lambda$ 為期望到達間隔時間。

μ_n ：當等候系統有 n 個顧客時，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)。

➤ 對於所有 $n \geq 1$ 值， μ_n 皆呈現為同一常數，此常數則記為 μ 。

➤ $1/\mu$ 為期望服務時間。

ρ ：服務設施使用率，即服務員服務顧客的平均時間比率 ($\rho = \lambda/\mu$)。

(2). 在穩定狀態下產生之符號

當一個等候線系統剛開始運作時，系統狀態（系統內的顧客數）將受到起始狀態及經過的時間很大的影響，此時這系統稱為在一個過渡狀態（transient condition）。但在經過足夠長的時間之後，系統狀態基本上會變成與起始狀態及經過的時間無關，這時系統基本上已到達穩定狀態（steady-state condition）。而等候理論也較傾向於穩定狀態的情況。

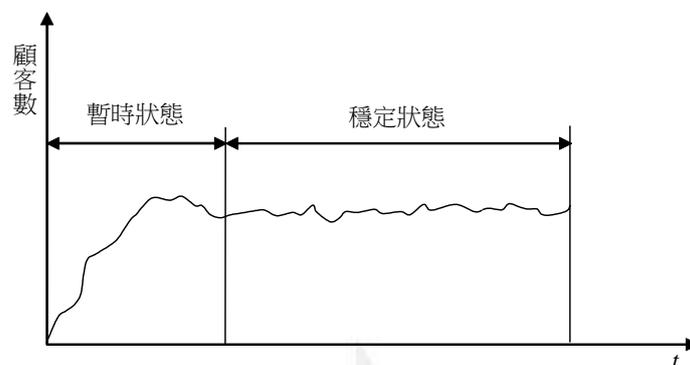


圖 2：等候系統狀態圖

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。

L_q ：等候線的期望長度（不包括正在被服務的顧客）。

ω ：每一個顧客在系統內的等候時間（包括服務時間）。

$W = E(\omega)$ 。

ω_q ：每一個顧客在系統內的等候時間（不包括服務時間）。

$W_q = E(\omega_q)$

3. 生死過程

(1). 定義：表示在時間 t 時系統中之顧客數，描述 $N(t)$ 如何隨時間 t 之增加而改變的過程。

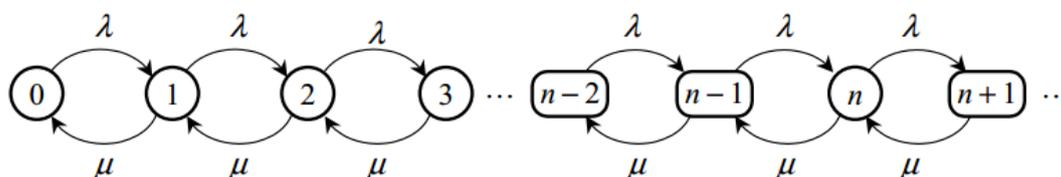


圖 3：生死過程流程圖

(2). 基本假設

- 給定 $N(t) = n$ ，目前到下次出生(顧客到達)之剩餘時間的機率分配是參數為 $\lambda_n(n=0, 1, 2, \dots)$ 的指數分配。
- 給定 $N(t) = n$ ，目前到下次死亡(完成服務)之剩餘時間的機率分配是參數為 $\mu_n(n=0, 1, 2, \dots)$ 的指數分配。
- 顧客到達間隔時間和服務時間是互相獨立的，這過程下一次單次狀態轉移為 $n \rightarrow n+1$ 或 $n \rightarrow n-1$ 。

三、 研究對象

1. 店家介紹

雞排在台灣算是比較年輕的小吃，大約是在 1990 年代末才自市面上出現。香雞排因為其特殊食用型態及多變化的口感，突破了以往肉食小吃的侷限，在小吃界被賦與新的定位。更因為食用時頗具方便性及飽足感，成為台灣最普遍的小吃之一。

雞排的歷史不長，但隨著市場的競爭衍生出許多不同的種類。從早期單純地以灑上辣椒粉的多寡區分小、中、大辣的辣味雞排，慢慢變化出改以海苔粉、芥末粉等調味料的雞排，還有像是以蜜汁醃漬或塗抹而成的蜜汁雞排、包覆起士的起士雞排。調理方法也出現了異於傳統油炸的碳烤雞排、焗烤雞排等等。

而我們這組介紹的"按摩雞排"這家店，它的雞排用了拍、壓、搥、打、斷筋五大公法，六道程序，歷經八小時，再微炸後烤，用炸將肉汁鎖住，烤是將多餘的肉脂逼出，才能夠做出如此美味可口的雞排，還有比較特別的地方是他們的雞排是不裹粉的，所以比較不會有油膩感。

2. 店家位置與店內佈置圖

逢甲按摩雞排店址為台中市西屯區慶和街 75-2 號，以下為店家大略位置圖與店內佈置圖。



圖 4：店家位置圖



圖 5：店內佈置圖

四、 資料收集與分析

1. 資料收集

本實驗實際到店家收集資料，由兩人一起紀錄每位顧客到達店家的時間與每位顧客離開店家的時間，再分派另外兩人紀錄每塊雞排的炭烤時間及雞排烤好的時間，以及紀錄店員剪每塊雞排的時間。以下為資料收集的流程圖。

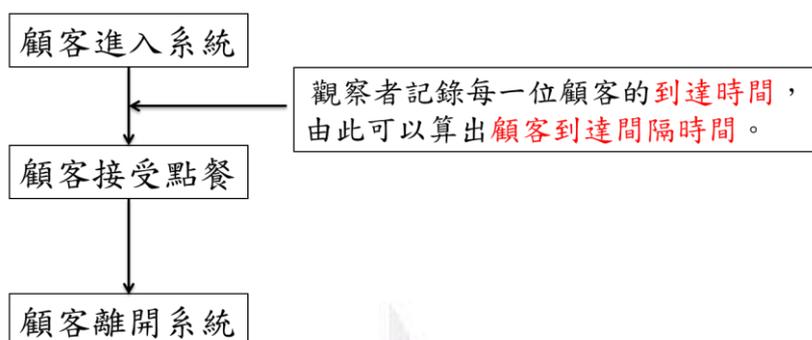


圖 6：流程圖 a

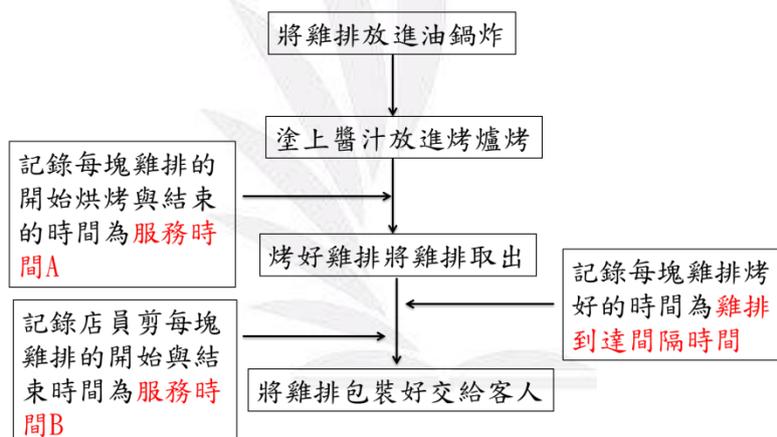


圖 7：流程圖 b

2. 資料分析

本研究將所記錄的資料經過整理算出顧客到達間隔時間、雞排到達間隔時間、以及服務時間 A 與服務時間 B。再將整理後的數據放進 ExpertFit 統計出所記錄資料的分配圖，以下為經過 ExpertFit 統計出來的分布圖資料。

(a) 顧客到達間隔時間

Data Characteristic	Value
Source file	顧客到達間隔時間
Observation type	Real valued
Number of observations	53
Minimum observation	0.03333
Maximum observation	4.83333
Mean	1.34969
Median	1.16667
Variance	1.49986
Coefficient of variation	0.90739
Skewness	0.91903

圖 8：顧客到達間隔時間分析圖

Relative Evaluation of Candidate Models			
Model	Relative Score	Parameters	
1 - Gamma	81.25	Location	0.00000
		Scale	1.43212
		Shape	0.94244
2 - Weibull	75.00	Location	0.00000
		Scale	1.34190
		Shape	0.98580
3 - Exponential	68.75	Location	0.00000
		Scale	1.34969

9 models are defined with scores between 3.13 and 81.25

Absolute Evaluation of Model 1 - Gamma

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

Additional Information about Model 1 - Gamma

"Error" in the model mean
 relative to the sample mean 0

圖 9：顧客到達間隔時間適合分配圖

註：本研究數據單位為分鐘。

由上面分析可知，顧客到達間隔時間由軟體統計出來適合的分配有 Gamma、Weibull、Exponential 三種分配，本研究採用指數（Exponential）分配。而顧客到達間隔時間與指數分配的分配圖如下：

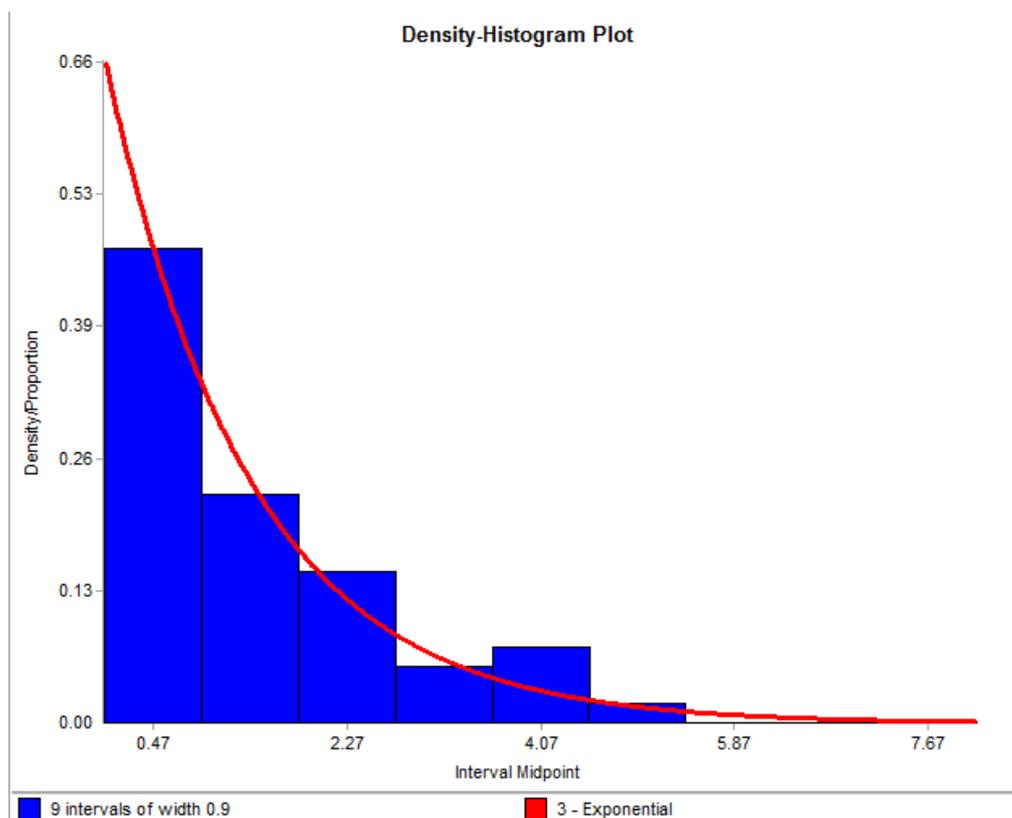


圖 10：顧客到達間隔時間指數分配圖

(b) 服務時間 A

Data Characteristic	Value
Source file	服務時間
Observation type	Real valued
Number of observations	37
Minimum observation	10.28333
Maximum observation	19.83333
Mean	13.53559
Median	13.01667
Variance	7.64283
Coefficient of variation	0.20424
Skewness	0.82184

圖 11：服務時間 A 分析圖

Relative Evaluation of Candidate Models			
Model	Relative Score	Parameters	
1 - Weibull(E)	91.67	Location	10.28322
		Scale	3.18240
		Shape	0.94046
2 - Gamma(E)	77.78	Location	10.28322
		Scale	4.02611
		Shape	0.80782
3 - Exponential(E)	75.00	Location	10.28333
		Scale	3.25225

10 models are defined with scores between 2.78 and 91.67

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 -0.02054 = 0.15%

圖 12：服務時間 A 適合分配圖

註：本研究數據單位為分鐘。

由上面分析可知，服務時間 A 由軟體統計出來適合的分配有 Weibull、Gamma、Exponential 三種分配，本研究採用指數（Exponential）分配。而服務時間 A 與指數分配的分配圖如下：

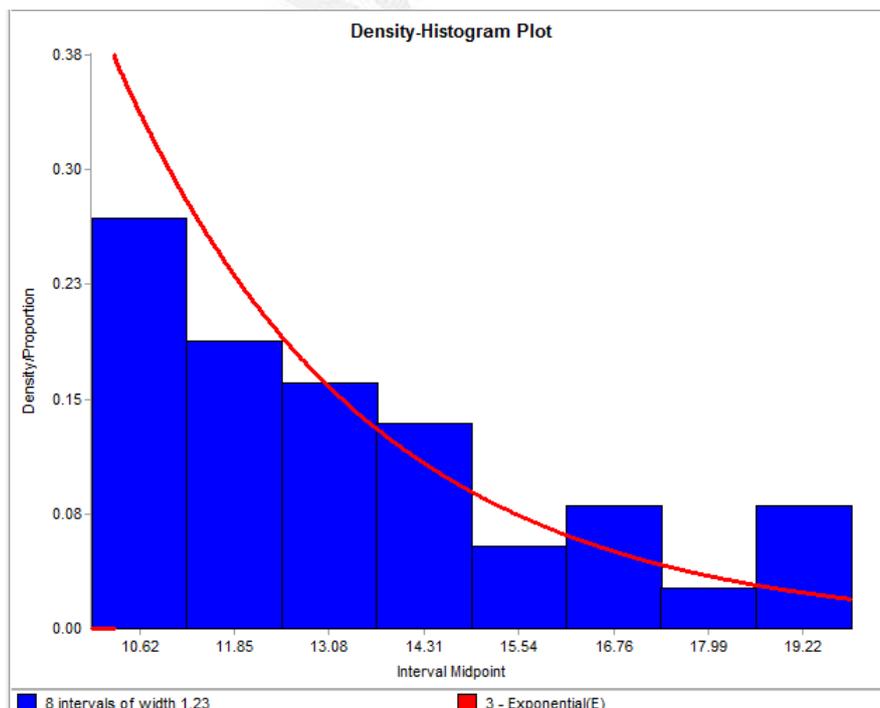


圖 13：服務時間 A 指數分配圖

(c) 雞排到達間隔時間

Data Characteristic	Value
Source file	雞排到達間隔時間
Observation type	Real valued
Number of observations	30
Minimum observation	0.65000
Maximum observation	4.33333
Mean	1.18444
Median	0.94167
Variance	0.67843
Coefficient of variation	0.69540
Skewness	2.68304

圖 14：雞排到達間隔時間分析圖

Relative Evaluation of Candidate Models			
Model	Relative Score	Parameters	
1 - Weibull(E)	94.44	Location	0.64992
		Scale	0.45231
		Shape	0.76758
2 - Log-Logistic	83.33	Location	0.00000
		Scale	0.96369
		Shape	4.80492
3 - Gamma(E)	83.33	Location	0.64992
		Scale	0.79643
		Shape	0.67114

10 models are defined with scores between 0.00 and 94.44

Absolute Evaluation of Model 1 - Weibull(E)

Evaluation: **Borderline**
 Suggestion: **Additional evaluations using Comparisons Tab are strongly recommended.**

Additional Information about Model 1 - Weibull(E)

"Error" in the model mean
 relative to the sample mean **0.00592 = 0.50%**

圖 15：雞排到達間隔時間適合分配圖

註：本研究數據單位為分鐘。

由上面分析可知，雞排到達間隔時間由軟體統計出來適合的分配有 Weibull、Log-Logistic、Gamma 三種分配，本研究採用 Weibull 分配。而雞排到達間隔時間與 Weibull 分配的分配圖如下：

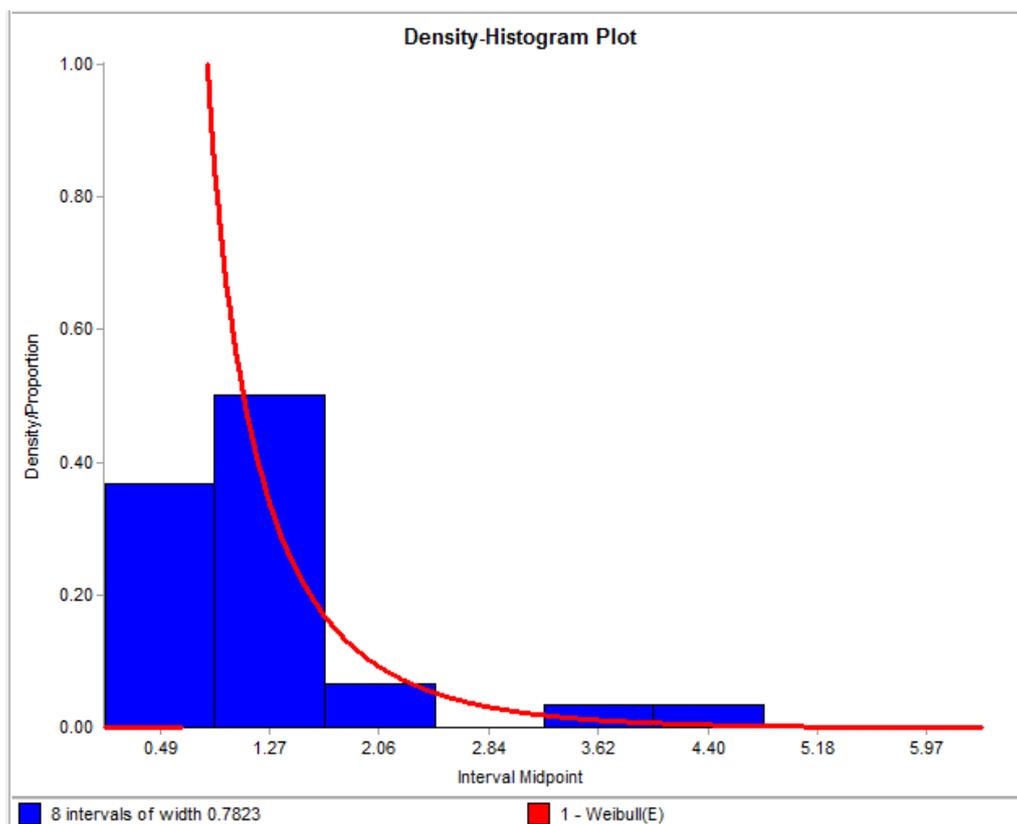


圖 16：雞排到達間隔時間 Weibull 分配圖

(d) 服務時間 B

Data Characteristic	Value
Source file	雞排服務時間
Observation type	Real valued
Number of observations	31
Minimum observation	0.40000
Maximum observation	0.90000
Mean	0.57473
Median	0.56667
Variance	0.01431
Coefficient of variation	0.20816
Skewness	0.67296

圖 17：服務時間 B 分析圖

Relative Evaluation of Candidate Models			
Model	Relative Score	Parameters	
1 - Lognormal	91.67	Location	0.00000
		Scale	0.56330
		Shape	0.19890
2 - Log-Logistic	86.11	Location	0.00000
		Scale	0.56067
		Shape	8.62706
3 - Weibull(E)	77.78	Location	0.39940
		Scale	0.18853
		Shape	1.33553

10 models are defined with scores between 2.78 and 91.67

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 1.7359e-4 = 0.03%

圖 18：服務時間 B 適合分配圖

註：本研究數據單位為分鐘。

由上面分析可知，服務時間 B 由軟體統計出來適合的分配有 Lognormal、Log-Logistic、Weibull 三種分配，本研究採用指數 Weibull 分配。而服務時間 B 與 Weibull 分配的分配圖如下：

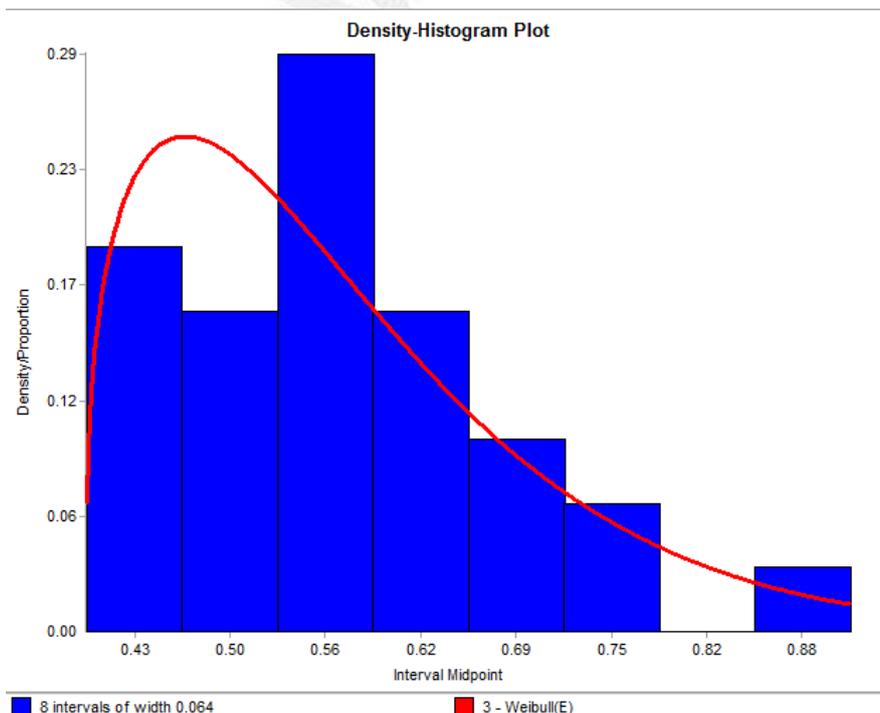


圖 19：服務時間 B Weibull 分配圖

由上面的分配，我們以等候線理論的模式裡面，歸納出兩個不同的等候模式。第一個是以顧客到達間隔時間與烤雞排的服務時間所組成的 M/M/S 模式，另一個是用雞排到達間隔時間與剪雞排的服務時間所組成的 G/G/1 模式。

五、 Model 分析

在此我們使用 **Queueing Theory Software** 來進行 Model 的分析，以下我們分別對烤雞排與剪雞排的 Model 進行分析

1. 烤雞排

在資料分析階段中，我們得知烤雞排的等候模式為 M/M/S，第一個 M 表示顧客到達間隔時間成指數分配，第二個 M 表示服務時間成指數分配，而 S 為服務人數。在此我們將 S 設為 12，理由為一台烤箱平均最多只能烤 12 塊雞排，下表 1 為原始數據整理過後的結果：

表 1

λ	0.815284
λ_{eff}	0.754893
μ	0.073879
$1/\mu$	13.53558

單位(分鐘)

λ_{eff} ：有效期望單位時間顧客到達數

balk%：(突然離開的顧客數/進入系統的總顧客數)

$$\lambda_{\text{eff}} = \lambda * (1 - \text{balk}\%)$$

接下來我們將數據放進 Queueing Theory Software 得到分析數據如下表 2：

表 2

M/M/12	
設備使用率(ρ)	85.15%
在系統裡的平均顧客數(L)	13.07
在等候線的平均顧客數(L_q)	2.85
顧客在系統的平均等候時間(W)	17.31
顧客在等候線的平均等候時間(W_q)	3.78

由上表 2 可知，就目前狀況而言設備使用率為 85.15%，在系統裡的平均顧客數為 13.07 人，在等候線的平均顧客數為 2.85 人，顧客在系統的平均等候時間為 17.31 分鐘，顧客在等候線的平均等候時間為 3.78 分鐘。

2. 剪雞排

在資料分析階段，我們可以知道剪雞排的等候模式為 G/G/1，第一個 G 代表雞排到達間隔時間成隨機分配，服務時間也是隨機分配，服務人員為一人。下表 3 為原始數據整理過後的結果：

表 3

λ	0.8724
$1/\lambda$	1.146237
σ_t^2	0.67843
μ	1.739944
$1/\mu$	0.574731
σ_s^2	0.01431

單位(分鐘)

再來我們將數據放進 Queueing Theory Software 跑出來的結果如下表 4：

表 4

G/G/1	
設備使用率(ρ)	50.14%
在系統裡的平均雞排數(L)	0.6386
在等候線的平均雞排數(L_q)	0.1371
雞排在系統的平均等候時間(W)	0.7319
雞排在等候線的平均等候時間(W_q)	0.1572

由上表 4 可以知道，目前剪雞排的服務設備使用率為 50.14%，在系統裡的平均雞排數為 0.6386，在等候線的平均雞排數為 0.1371，雞排在系統的平均等候時間為 0.7319，雞排在等候線的平均等候時間為 0.1572。

我們將烤雞排與剪雞排兩道手續視為一個連續過程，在此視為一整個瓶頸過程，計算出混和的 L、 L_q 、W、 W_q 如下表 5：

表 5

系統裡的平均顧客人數(L)	13.71
在等候線的平均顧客人數 (L_q)	2.99
顧客在系統的平均等候時間(W)	18.05
顧客在等候線的平均等候時間(W_q)	3.94

由上表 5 可知，整體系統裡的平均顧客人數為 13.71 人，在等候線的平均顧客人數為 2.99 人，顧客在系統的平均等候時間為 18.05 分鐘，顧客在等候線的平均等候時間為 3.94 分鐘。

六、 改善方案

根據我們的研究結果，我們提出了三種改善等候線的方法，第一種是更換目前剪雞排所使用的剪刀；第二種為更換烤爐；第三種為改用發放號碼牌的形式。

1. 更換剪刀

我們發現店內目前使用的剪刀，是市面上常見的剪刀，而店員在使用的過程中，常常會因為刀鋒不利，或是刀刀不夠長而造成要剪很多下才能把雞排剪斷的情形，所以我們想到可以購買雞排專用剪刀，來改善目前的情況，下圖為雞排專用剪刀範例圖：



圖 20：雞排專用剪刀 A



圖 21：雞排專用剪刀 B

再來我們假設在更換雞排專用剪刀後，可以減少 50% 的剪雞排時間，即減少一半的服務時間，而下表 6 為改善前後的比較。

表 6

	原始數據	更換剪刀後	改善幅度
設備使用率(ρ)	50.14%	25.15%	-24.99%
在系統裡的平均雞排數(L)	0.6386	0.2745	-57.02%
在等候線的平均雞排數(L_q)	0.1371	0.023	-83.32%
雞排在系統的平均等候時間(W)	0.7319	0.3136	-57.16%
雞排在等候線的平均等候時間(W_q)	0.1572	0.0232	-83.31%

由上表 6 可知，更換為雞排專用剪刀後，不管是排隊等候被剪的雞排數，或是整體的等候時間都有明顯的改善。

2. 更換烤爐

目前店內使用的烤爐，是使用六管的上火烤爐(如下圖 23)，平均一管最多可以烤兩塊雞排，所以一烤爐最多只能烤 12 塊，因此我們想如果可以增加單位產量的話，說不定可以降低排隊冗長及顧客等很久的情形。而我們找到與原本烤爐相同品牌但是比原本的多了兩管的烤爐(下圖 24)，因此可以增加大約四塊的烤雞排量，用來增加 4 位的 server 量，而至於我們為什麼不推薦更大台的烤爐，原因是店裡工作場所狹小，並放不下更多管的烤爐，而若改為 8 管烤爐，已經是店內容量的極限了，下表 7 為改善前後的比較：



圖 23：六管烤爐



圖 24：八管烤爐

表 7

	原始數據	更換烤爐後	改善幅度
設備使用率(ρ)	85.15%	63.86%	-21.29%
在系統裡的平均顧客數(L)	13.07	10.33	-20.9%
在等候線的平均顧客數(L_q)	2.85	0.12	-95.83%
顧客在系統的平均等候時間(W)	17.31	13.7	-20.91%
顧客在等候線的平均等候時間(W_q)	3.78	0.16	-95.82%

由上表 7 可知，更換烤爐後系統裡平均顧客數與平均等候時間都有明顯的改善。

3. 發放號碼牌

目前按摩雞排是採用排隊點餐的模式，顧客若是中途排隊排得不耐煩，便會造成老闆顧客流失的情形，因此我們想說可以改用發放號碼牌，並且使用叫號的模式。若是採用發放號碼牌模式，可以減少顧客排隊問題，讓顧客在等候時間可以到處閒逛，屏除顧客一直在等待的感受，降低顧客等待的心智負荷，以提高顧客購買意願，以下為發放號碼牌並採用叫號模式的示意圖。



圖 25：叫號範例圖

七、 利益分析

為了瞭解在更換完剪刀或是更換烤爐後老闆在多久可以回本，我們向老闆請教了一些營利上的問題，像是房屋租金、人事費用、調味料耗材及水電等，再經由我們的估算，完成了下表 8：

表 8

	支出	收入
平均一天賣(300 片)		300x45=13500
月收入(30 天)		13500x30=405000
店租(月)	-45000	
人事(2 人)	-26000x2=-52000	
水電瓦斯	-20000	
總結		288000

老闆雞排一片賣 70 元，市面上油炸的桶裝油平均為 900 元，我們假設雞排每片買進成本(經過自行醃好與處理好)為 17~20 元，而雞排每片扣除買進成本+包裝紙袋+調味料+各種周邊耗材後，推估每片利潤為 45 元。

再由上表 8 可知，店內每月淨利約 288000 元，平均來看老闆一天可以賺 9600 元，而我們分案一的兩種剪刀，價格約 350 元，若是老闆想要更好的剪刀，最貴可以買到 2280 元的，但以日收入 9600 元來看，換剪刀都是可以在一天之內回本的；再來是看到方案二，一台全新 8 管的上火烤爐，市價約 11000 元，以日收入 9600 來看，大約是兩天可以回本，所以我們建議如果老闆有意願的話，是可以進行換剪刀及更換機台的。

八、 Queueing Theory Software 與實際的差異

在此我們想了解 Queueing Theory Software 與實際排隊情形的差異。我們在實際所記錄的資料中，有一項為每位顧客從開始排隊到買到雞排的時間，即進入整個系統的服務時間，而由我們所記錄的平均值所顯示，實際平均等待時間(W)為 17.97 分鐘，而 Queueing Theory Software 所估算出的時間為 18.04 分鐘，可以發現 Queueing Theory Software 若是在仔細測量數據的情況下是很準確的，誤差約 4.2 秒而已。再來我們看到實際平均顧客數，由下圖可以看出，在整個系統的平均排隊顧客(L)為 11 人，而 Queueing Theory Software 所算出的平均顧客人數為 13 人，對於這樣的現象可能是因為在此系統中有人買兩塊以上的雞排，或是我們的驗證圖片中剛好是在顧客排隊比較多的時刻，但平均來看 Queueing Theory Software 還是很準確的。



圖 26：實際排隊顧客數驗證圖 A



圖 27：實際排隊顧客數驗證圖 B

九、 結論與心得

透過上述的利益分析，我們發現如果老闆有接受我們提出的改善方案的話，對店裡的排隊問題絕對會有改善的幫助，而且經過我們的估算，兩種改善方案的回本速度都是很快的，如果老闆目前沒有打算更換烤爐，我想可以改用雞排專用剪刀，相信對目前的排隊狀況會有一部分的改善；而改用號碼牌的方案，老闆表示還是比較喜歡有顧客在店裡排隊的感覺，畢竟製造出排隊人潮才會有商機，老闆也很和藹可親，會跟正在排隊的顧客聊聊天，讓顧客並不會有對排隊感到厭煩的感覺，反而感到了一股濃濃的人情味，讓排隊這件事變的是在等待美食而不是在讓自己受氣。

D0070451 林勁宇

這一次的服務學習跟以前很不一樣，需要實際到店裡收集數據，再用數據跑出店裡的等候線模型，而我們在用小組想出的改善方法來試著改變模型，或是增加工作人員，可以更實際的對店裡做改善，而且也有假想改善後的結果，總之是相當的有趣以及實際的。而在此也感謝按摩雞排的店長，幫助了我們很多，像是提供店裡一些財務資訊，讓我們可以做出利益分析的表格，還有一次老闆看我們常常去收集數據，看我們那麼辛苦還請我們吃雞排，可見是一位多麼讓人喜愛的老闆，也感謝我的組員有來幫忙，讓我可以完成這一次的報告。

D0029854 陳俊安

這次等候線報告不是那麼容易，除了分析不斷修改之外數據收集過程中也好幾次因為天氣等等因素大家白跑好幾趟。非常謝謝”按摩雞排”老闆的 配合跟所有組員的共同努力，透過多次的數據採集和分析修改，終於完成了謝謝老師在我們做錯方向的時候給予適時的指導。在這門課堂中大家學到很多，但在報告中令我們學到更多，雖然有點艱辛，但相信一切都是值得的。

D0029811 林文浩

我們為了採集數據去打擾了老闆好幾次，幸好老闆人很好。這次整個等候線報告完成的過程每一階段都不容易，第一次收集完數據時發現錯，便再收集一次；分析數據時也因為起初對於等候線不是那麼瞭解而出錯，歷經了許多困難。多虧小隊的每一位成員的努力付出，在面對困難的時候攜手共度，才有完成的這一刻。感謝老師在我們錯誤給我們指點，在錯誤中學習，讓我又成長了不少。

D0070699 陳志忠

從這次服務學習中，讓我對於作業研究中的等候線理論更加深刻了解。上課的等候線範例其條件可從題目中一一尋獲，而能很快速地計算出最終所求，但實務的等候線問題卻不是如此。對於每項的時間量測設定困擾我們很久，像是服務時間是該量測一塊雞排從頭到尾完成給予客人的時間，還是只需量測料理這塊雞排的油炸瓶頸時間，於是總是抱著滿滿問題去請教老師及助教。

這樣的學習讓我了解到想要實務的去執行策畫時，對於理論內容必需相當熟悉，而當實務進行時常常也會遇到許多書本上沒有的問題，則要保持清晰的思路及更廣泛的收集資料，去證實論點或解決問題。

D0124022 鄭晏宗

做完本次的報告之後，讓我學習到很多的東西，我們把書本裡的知識應用到日常生活當中。我們的報告藉由等候線理論，來解決店家讓顧客等候太久的問題。大家常常遇到買東西得時又要排隊等很久浪費了很多的時間，我們的報告可以提升店家的服務效率、並能夠帶給店家更多的收入。這次的報告讓我獲益良多。

D0070418 許崑迪

再次透過服務學習將課堂知識應用於實際情況，過程中就會發現課堂中所認為理所當然的公式，在實際蒐集數據時卻會有諸多因素而受干擾，同時也隨著服務學習的進行，經由與組員的討論及詢問老師後，漸漸釐清等候線理論的相關概念。儘管起初觀念錯誤導致數據需要重測跑了好幾趟，但這也是種更令人印象深刻的學習過程。非常感謝按摩雞排的老闆熱情地幫助我們！同時也感謝組員們的幫助才能完成這份報告。

附錄

I. 店家同意單

逢甲大學推動服務學習協力單位合作備忘錄

逢甲大學（以下簡稱甲方）致力推動服務學習，藉由服務學習促進學生的社會與公民責任、服務技能、個人發展及在真實生活情境的學習能力、反思學習能力與批判思考能力。同時致力符合被服務者之需求，並透過學生的服務，促進社會（社區）的發展。本服務學習活動，茲與協力單位（以下簡稱乙方）合作進行，經雙方同意訂定下列條款，以茲遵守：

第一條 服務學習活動名稱：作業研究-等候線理論應用

第二條 服務學習活動時間：103年5月5日至103年6月6日止。

第三條 服務學習活動依雙方共同協定之服務內容執行。

第四條 乙方應提供甲方執行服務學習活動時所需之相關協助。

第五條 本合作備忘錄於簽約日起即生效，甲、乙双方皆須遵守本合作備忘錄之條文及相關規定，如有違反，可由另一方提出終止。

第六條 本合作備忘錄正本一式二份，甲、乙雙方各執一份為憑。

立書人

甲方 機構名稱：逢甲大學 工工 學系
代表人：杜曉松（課程老師簽章）
地 址：台中市 407 西屯區文華路 100 號
電 話：(04) 24517250-3638（分機）

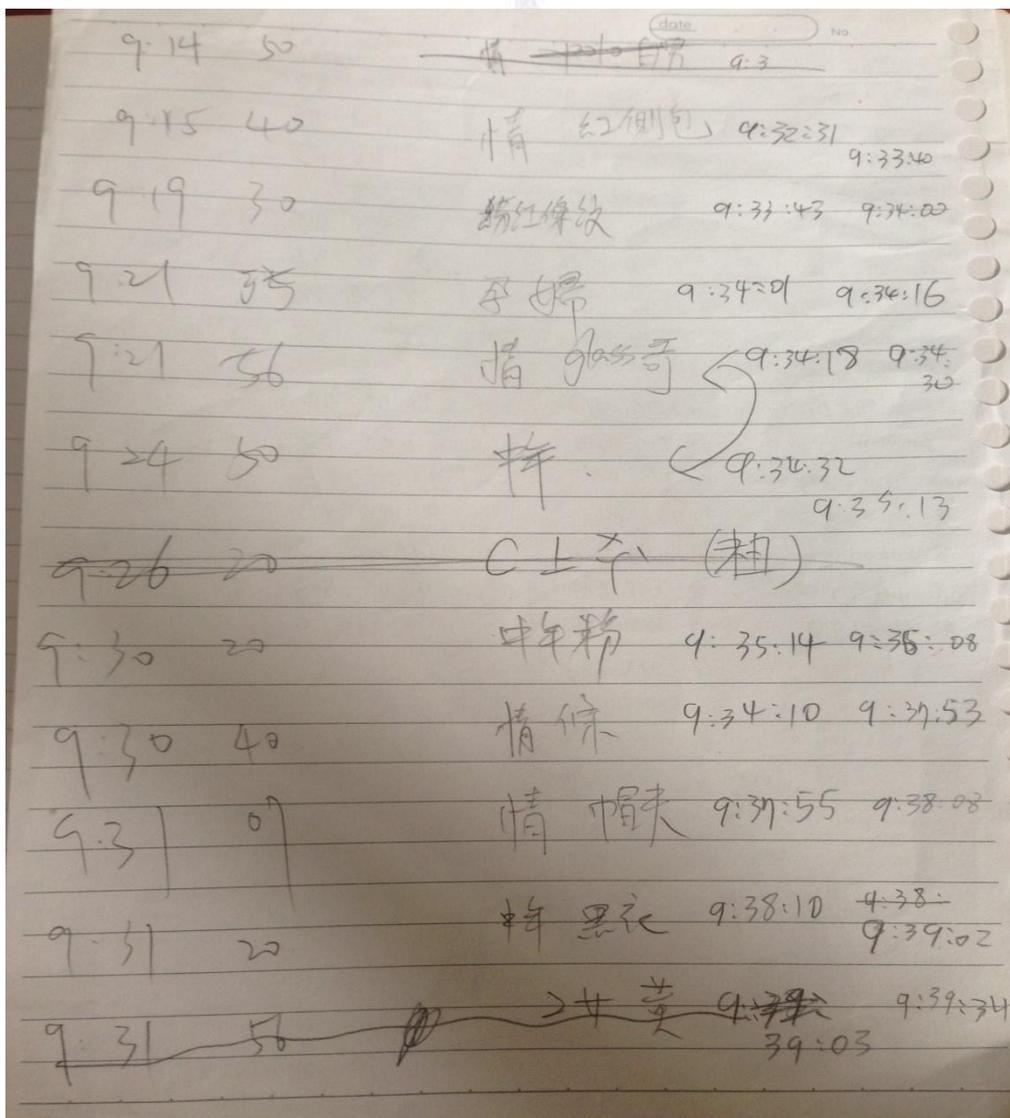
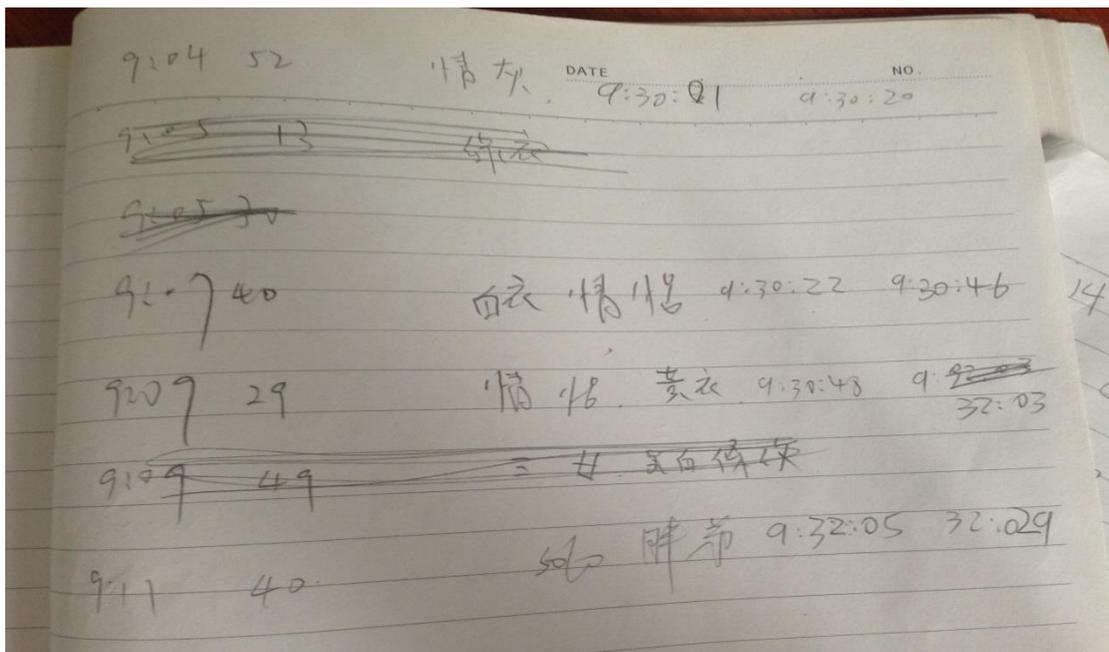
乙方 協力單位：按摩雞排
負責人：東賢廷（簽章）
代理人：東賢廷
地 址：台中市西屯區麻和街75-2號
電 話：0921-497279

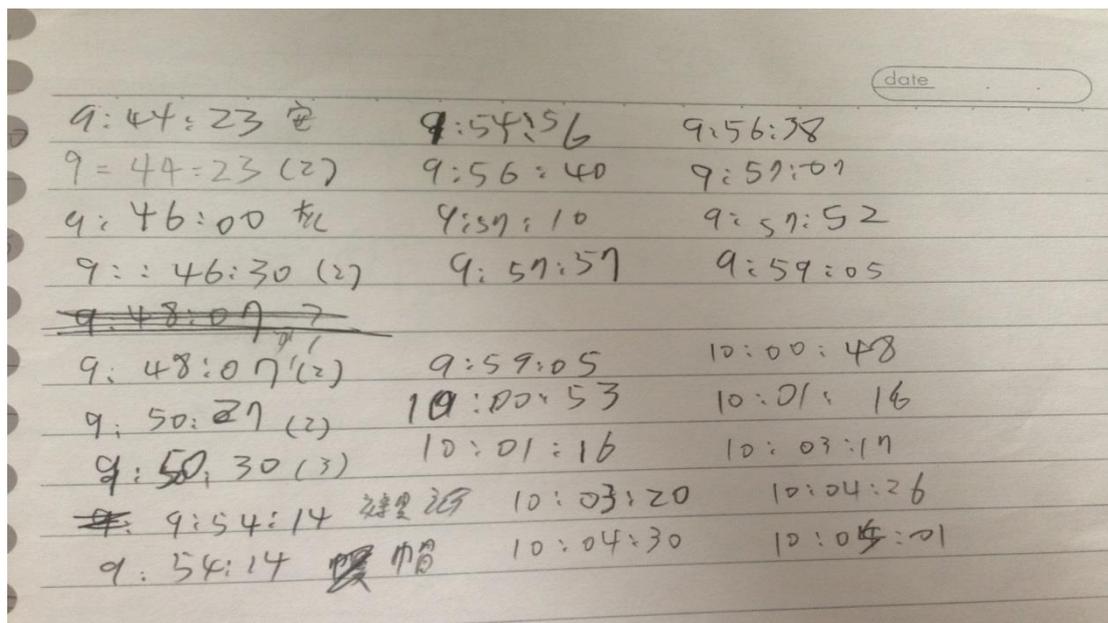
華 民 國 103 年 5 月 5 日

II. 原始數據

到達時間	開始服務時間	完成服務時間
8:31:58	8:51:14	8:51:50
8:34:03	8:51:51	8:52:06
8:34:03	8:52:10	8:53:15
8:36:06	8:53:17	8: .
8:37:30	8:53:17	8:54:55
8:37:42	8:54:57	8:55:36
8:39:30	8:55:40	8:57:12
8:43:29	8:57:15	8: .
8:44:00		
8:44:00	8:57:15	8:57:50
8:44:00	8:57:53	8:59:38
8:44:25	8:59:40	9:05:36
8:45:55	9:05:40	9:07:48
8:46:20	9:07:49	9:09:48
8:48:10	9:09:54	9:10:43
8:49:30	9:10:48	9:11:15
	9:11:10	

8:53	20	紅	9:11:17	9:13:34
8:53	43	粉	9:12:37	9:14:50
8:53	53	白	9:14:31	9:15:08
8:54	15	紅	9:15:10	9:15:41
8:54	20	白	9:15:45	9:17:35
8:55	55	白	9:17:40	9:18:22
8:56	22	粉	9:18:25	9:18:55
8:56		紫色		
8:59		情紅外套	9:18:55	9:20:26
9:00	12	情紅外套		
9:00	28	情綠色	9:20:28	9:22:30
9:00	53	紅黃豆包	9:24:35	9:27:08
9:01	40	情紅外套		
9:01	51	情紅外套		
9:01	59	情白	9:27:10	9:28:31
9:01	46	紅黃豆包		
9:04	00	情	9:28:22	9:30:00





III. 整理後數據

顧客到達間隔時間 (分)	服務時間 A(分)	雞排到達間隔時間(分)	服務時間 B(分)
2.083333333	14.05	0.516666667	1.183333333
0.033333333	14.5	0.583333333	0.733333333
2.016666667	16.91666667	0.65	1.216666667
1.4	18.38333333	0.5	0.85
0.2	19.11666667	0.9	0.983333333
1.8	19.38333333	0.616666667	1.033333333
3.983333333	11.05	0.483333333	3.566666667
0.516666667	11.66666667	0.5	0.916666667
0.083333333	11.86666667	0.4	0.733333333
0.333333333	16.03333333	0.533333333	0.7
1.5	10.71666667	0.65	1.15
0.416666667	10.96666667	0.566666667	0.65
1.833333333	11.81666667	0.45	1.033333333
1.333333333	12.11666667	0.65	4.333333333
1.65	12.16666667	0.716666667	0.883333333
0.383333333	13.01666667	0.566666667	1.116666667
0.166666667	11.11666667	0.466666667	0.666666667
0.366666667	11.18333333	0.566666667	1
0.083333333	12.05	0.533333333	0.733333333
1.583333333	12.13333333	0.683333333	1.033333333

0.45	17.2	0.716666667	0.9
3.833333333	17.23333333	0.416666667	0.833333333
0.266666667	19.83333333	0.583333333	1.75
0.416666667	12.78333333	0.783333333	2.233333333
0.966666667	13.2	0.433333333	0.716666667
0.133333333	13.45	0.533333333	0.966666667
2.016666667	13.9	0.45	1.1
0.866666667	15.15	0.6	0.883333333
2.8	14.28333333	0.583333333	0.783333333
1.816666667	10.28333333	0.766666667	0.85
2.183333333	10.31666667	0.416666667	
3	10.4		
4.833333333	10.55		
2.083333333	10.85		
0.35	13.61666667		
2.9	13.68333333		
1.683333333	13.83333333		
3.816666667			
0.333333333			
0.45			
0.216666667			
0.6			
0.633333333			
0.033333333			
1.583333333			
0.5			
2.616666667			
1.333333333			
0.05			
3.733333333			
0.033333333			
2.066666667			
1.166666667			

IV. QtsPlus 分析結果

烤雞排原始數據

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

Input Parameters:

Arrival rate (λ)	0.754893
Mean service time ($1/\mu$)	13.535586
Number of servers in the system (c)	12

Plot Parameters:

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

Results:

Mean interarrival time ($1/\lambda$)	1.324691
Service rate (μ)	0.073879
Average # arrivals in mean service time (r)	10.217916
Server utilization (ρ)	85.15%
Fraction of time all servers are idle (p_0)	0.000027
Mean number of customers in the system (L)	13.069837
Mean number of customers in the queue (Lq)	2.85192
Mean wait time (W)	17.3135
Mean wait time in the queue (Wq)	3.777914
Probability arriving customer is delayed in queue ($1-Wq(0)$)	0.497397

剪雞排原始數據

G/G/1: APPROXIMATION OF SINGLE SERVER, GENERAL ARRIVAL AND SERVICE TIMES

Input Parameters:

Mean interarrival time ($1/\lambda$)	1.146237
Variance interarrival time (σ_t^2)	0.67843
Mean service time ($1/\mu$)	0.574731
Variance service time (σ_s^2)	0.01431

Results:

Arrival rate (λ)	0.87242
Service rate (μ)	1.739944
Server utilization (ρ)	50.14%
Probability of empty system (p_0)	0.498593
Approximate mean system size (L)	0.638603
Approximate mean size of queue (Lq)	0.137196
Approximate mean time in system (W)	0.73199
Approximate mean time in the queue (Wq)	0.157259

更換烤爐

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

Input Parameters:

Arrival rate (λ)	0.754893
Mean service time ($1/\mu$)	13.53558
Number of servers in the system (c)	16

Plot Parameters:

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

Results:

Mean interarrival time ($1/\lambda$)	1.324691
Service rate (μ)	0.073879
Average # arrivals in mean service time (r)	10.217915
Server utilization (ρ)	63.86%
Fraction of time all servers are idle (p_0)	0.000036
Mean number of customers in the system (L)	10.337028
Mean number of customers in the queue (Lq)	0.119113
Mean wait time (W)	13.693369
Mean wait time in the queue (Wq)	0.157789
Probability arriving customer is delayed in queue ($1-Wq(0)$)	0.067404

更換剪刀



G/G/1: APPROXIMATION OF SINGLE SERVER, GENERAL ARRIVAL AND SERVICE TIMES

Input Parameters:

Mean interarrival time ($1/\lambda$)	1.142637
Variance interarrival time (σ_t^2)	0.67843
Mean service time ($1/\mu$)	0.287365
Variance service time (σ_s^2)	0.00358

Results:

Arrival rate (λ)	0.875169
Service rate (μ)	3.479895
Server utilization (ρ)	25.15%
Probability of empty system (p_0)	0.748507
Approximate mean system size (L)	0.274456
Approximate mean size of queue (Lq)	0.022964
Approximate mean time in system (W)	0.313604
Approximate mean time in the queue (Wq)	0.026239

V. 服務照片



