道路行車油耗估算分析
Analysis and Estimation of Road Data with Fuel Consumption

劉仙萍 [1]、王品涵 [2]、姚修慎 [3]、陳瑄易 [4]
[1,2,3] 元智大學資訊工程學系
[4] 工業技術研究院資訊與通訊研究所
Hsien-Ping Liu[1]、Pin-Harn Wang[2]、Hsiu-Hsen Yao[3]、Syuan-Yi Chen[4]
[1,2,3]Yuan-Ze University, Department of Computer Science and Engineering
[4]ITRI,Information and Communications Technologies
[1]Email:s993335@mail.yzu.edu.tw
[4]Email: chensy@itri.org.tw

摘要

行車油耗資料中的時間、油耗、速度等變數，受到不同的駕駛行為、行車路況、道路特徵或是本身的車況等因素，而有所影響。在本研究中，使用手機儲存 OBDII 資訊，並以 GPS 紀錄行駛路徑，運用迴歸分析法來分析資料。本研究將針對不同路段進行分析，探討加速度、時間、距離等變數對油耗的影響。在速度方面，以不同路段的行車資料，得到油耗與速度關係圖，以迴歸分析法分析油耗極值區間集合範圍內數據，並使用 0-1 圖顯示行駛各路段油耗行為，作為耗油量預估參考資訊，有助於節能駕駛。結果顯示，各路段有其各自的油耗特性，在高速公路中，油耗的上、下限迴歸線夾角較一般道路大。因此，隨者速度區間的速度提高，油耗上、下限差距擴大的程度，會比平面道路更快。

關鍵詞：行車紀錄器(OBDII)、道路車速與油耗關係、速度區間油耗最大值與最小值、油耗(Fuel consumption)。

一、前言

道路油耗分析一直以來大多是針對路線去做分析比對，對於要發展以油耗做為最短路線規劃時 ，則較為不便。因此，在本研究中，建立路段油耗分析，以利提供使用路段為基礎油耗分析單位的路段油耗資訊。另外，同一路段之油耗，不只在不同次行駛下會有總油耗差距，在當次行駛之油耗資料中，相同速度區間下的油耗分佈會隨著速度的增加而有越來越大的差距。在此將對各路段各速度區間之油耗上、下限進行迴歸式分析，以討論各路段油耗特性。

車載診斷系統(On Board Diagnostics，OBD)，是用於車中的一種監控車輛汙染以及引擎效能的電腦系統裝置，可隨時掌控車輛汙染排放之狀態。當車輛的污染控制元件出現問題時，OBDII 可診斷出故障情形，並且顯示故障，以告知車主送廠檢測或進行維修，以有效控制車輛汙染排放，避免車輛製造更多汙染，為車輛自我診斷的系統。

使用 OBDII 進行道路油耗分析已有許多研究成果，例如：邱偉盛設定五種道路類型並探討其道路行為特徵，再利用各種指標對道路進行各指標比對，以指標判別道路類型，分析不同道路特徵所帶來的油耗影響。呂靖文使用各項指標對單位油耗、總油耗進行迴歸分析，區分各型道路特徵之指標圖示以及油耗推估，使用類神經網路建立模型，分析各項駕駛行為。蔡宜良應用紅綠燈判定方法及干擾度判定方法，討論道路特徵中各項外在干擾，用其影響來評估道路，以三項指標雷達圖，呈現道路情況。黃士瑋設定多種指標，從中找出關於道路型的指標作為道路特徵以及油耗分析圖，並建立道路油耗預測模型。Min Goo Lee, Yong Kuk Park, Kyung Kwon Jung 以及 Jun Jae Yoo 由 OBD-II 蒐集行車數據，使用不同分析方法，討論 RPM、TPS 以及速度等因素影響油耗，使用 RPM 與 TPS 建立油耗估算模型。Chia-Chen Lee, Yi-Hung Wu 以及 Arbee L.P. Chen 使用路口到路口之路段規劃最短路徑，討論動態單一來源最短路徑，隨著時間改變重新計算預估最短路徑。LIPING FU 以及 L. R. RILETT 延伸動態隨機最短路徑問題，討論在有多筆來源資料的情況下，使用平均值與變異數，在路網中規劃最省時路徑。EvangelosKanoulas, Yang Du,Tian Xia 以及 Donghui Zhang 在路段中，依不同的速度模式，分成不同的類別，建立至路網中，並以 A*演算法，估算最快路徑。

二、資料蒐集與實驗設計

本研究建立桃園縣鄉道以上路口、路段、經度、緯度、距離之路網資料，如圖 1、表 1，並以實際行車的方式進行數據的蒐集，以此作為本實驗之背景資料。在行車過程中蒐集行車時間、油耗、速度、經緯度等資料。針對固定車輛，不同駕駛人行駛多次後得到之實驗數據，再進行資料分析。

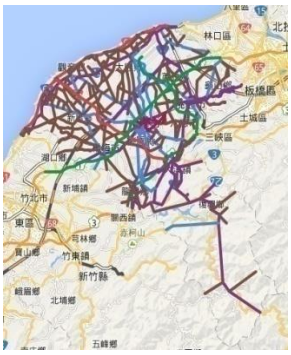

圖 1 桃園縣鄉道以上路網資料

表 1 路段資料示意表

欄位名稱	資料
道路編號	桃 47 鄉道
路名	龍東路
路口編號(1)	83
經、緯度(1)	24.935581 121.257291
路口編號(2)	232
經、緯度(2)	24.925621 121.244168
路線長度	1725.61
鄉鎮名稱	中壢市

使用 OBDII 以藍芽方式傳送資料至手機 Android 平台，並結合 GPS(Global Position system，GPS)服務定位經度、緯度與行進速度並且回傳，以 SQLite 資料庫將油耗、速度等數據儲存，資料儲存頻率為每秒儲存一次。此實驗所需蒐集之資料欄位如表 2，再使用 Match & Cut 程式將蒐集之數據與桃園縣鄉道以上路段資料比對，蒐集之數據與 A 路口距離 x 公尺內視為進入 A 路口。若繼續比對數據，數據與 B 路口距離 x 公尺內，並且 A 路口至 B 路口在桃園縣鄉道以上路段資料內，將此範圍內數據切割成為 A-B 路段資料。

表 2 實驗資料欄位

欄位名稱	代表意義
time	時間
gps_time	Gps 時間
Lat	緯度
Lng	經度
gps_speed	Gps 速度
Vs(Vehicle speed，OBDII 擷取)	速度
Maf(Mass Air Flow，OBDII 擷取)	空氣流量

本實驗行經之路段位在桃園縣中壢市路段，實驗時間為 2013 年 9 月，行車實驗共蒐集了 155 筆道路資訊，共 16 條路段，如表 3，行經環南路二段、環南路三段、環中東路二段、龍岡路二段、龍岡路三段、龍慈路、龍興路、後興路一段、中山東路二段、中山東路三段、中山東路四段及龍東路，分為三條路線行駛，如圖 2，以黃色標籤標示路口編號。實驗車輛之規格如下：廠牌：Toyota、車型：Yaris、排氣量：1497cc、參考車重：1100kg、市區油耗：13km\L、高速(非市區)油耗：19.96km\L、最大馬力：109 hp/6000 rpm、最大扭力 14.4 kg-m/4200 rpm。

圖 2 桃園縣中壢市路段實驗規劃路線圖

表 3 實驗路段距離以及資料數量

路口 ID	路口 ID	距離	資料筆數
226	227	0.700 (km)	14
227	228	0.240 (km)	17
228	229	0.558 (km)	18
229	230	0.650 (km)	13
229	633	0.139 (km)	6
633	647	1.199 (km)	6
647	80	0.830 (km)	5
80	81	0.545 (km)	4
230	231	0.912 (km)	13
231	541	0.850 (km)	7
541	540	0.200 (km)	7
540	81	0.766 (km)	7
81	82	0.800 (km)	13
82	83	0.313 (km)	14
231	232	1.100 (km)	6
83	232	1.800 (km)	5

三、資料分析

1.油耗與車速資料分佈

在實際行車收集之車速與油耗數據中，其散布關係圖，如圖 3 桃園縣龍東路路段車速油耗關係圖(鄉道)中，呈現三角形相關特性，藉此特性提供行駛之道路的車速上限值，以及在不同速度區間中 ，所消耗之油耗值占路線總油耗之百分比。

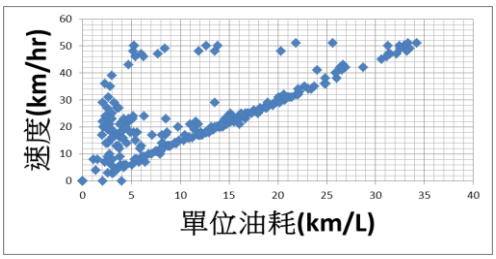

圖 3 桃園縣龍東路路段車速油耗關係圖

2.分析三角油耗速度關係圖

在資料分析時，取出速度最大值，並且設定一個範圍區間為最大速度區間，並在此範圍中算出最大平均速度。再以平均最大速度分析油耗的上限及下限迴歸方程式，得到各種速度區間下的油耗上限值及下限值。分析有三個部分：(1)取出最大平均速度(2)取得下限迴歸線(3)取得上限迴歸線，如下圖 4 油耗速度關係圖。

2-1.最大平均速度

A={MaxVs：MaxVs– X1}

$f(x) = \frac{1}{n}\sum_{n=1}^{n}(A_n)$ ---------- (1)

A：最大速度範圍區間集合

MaxVs(Km/hr) ：最大速度

X1(Km/hr)：速度之範圍區間變數

f(x)：最大平均速度

以圖 4(a)桃園縣龍東路路段路線資料編號 1 為例，其中最大速度為 51km/hr，

最大平均速度為 50km/hr，

圖 4(a)中線性方程式為速度 y = 50Km/hr。

2-2.下限迴歸線

計算從 0 到平均最大速度距離的最小值，做為簡易方程式，設定下限簡易線性方程式，在距離 Y 以內的點，納入油耗下限迴歸線分析的集合。

b = Max (A.fuel)

$g(x) = \frac{b.vss}{b.fuel}X$ ---------- (2)

C={Distance (ALL,g(x))< Y}

b：最大速度範圍區間集合之單位油耗最大值

g(x)：原點至 b 的線性方程式

C： 在線性方程式以內所有點到 g(x)小於 Y 距離的資料集合

Y：限制範圍之變數

ALL：所有點集合

以圖 4(b)桃園縣龍東路路段路線資料編號 1 為例，圖 4(b)中油耗下限迴歸線 y = 1.4904x - 0.1612，R^2 = 0.996 。

2-3.上限迴歸線

計算從 0 到平均最大速度距離的最大值，做為簡易方程式，設定上限簡易線性方程式，在距離 Y 以內的點，納入油耗上限迴歸線分析的集合。

d = Min (A.fuel)

$q(x) = \frac{d.vss}{d.fuel}X$ ---------- (3)

E={Distance (ALL, $f(x)$) < Y}

d：最大速度範圍區間集合之單位油耗最小值

q(x)：原點至 d 的線性方程式

E： 在線性方程式以內所有點到 q(x)之距離小於 Y 距離的資料集合

Y：限制範圍之變數

ALL：所有點集合

以圖 4(c)桃園縣龍東路路段路線資料編號 1 為例，圖 4(c)中油耗上限迴歸線 y = 8.8644x - 0.0936，R^2 = 0.9698 。

2-4.分析油耗上、下迴歸線兩者關係

以兩線夾角討論，隨著速度增加，油耗最大、最小值的差距也隨之增大，以上、下迴歸線的斜率計算兩線夾角之正切值 tanθ，來表示兩者差距的比例。其正切值越大表示油耗最大、最小值，隨著速度增大兩者差距變化越大。

兩線夾角 θ：油耗上、下限迴歸線夾角。

設上限迴歸式 L1、下限迴歸式 L2，斜率分別為 m1、m2，若 θ 為 L1 與 L2 一夾角，則$\tan\theta = \frac{m1-m2}{1+m1*m2}$。以桃園縣龍東路路段資料為例，如圖 4(d)桃園縣龍東路路段資料編號 1 上、下限油耗迴歸線夾角圖。其 tanθ=0.5189。

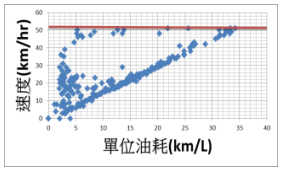

圖 4(a) 龍東路路段資料編號 1 車速油耗關係圖之平均最大速度

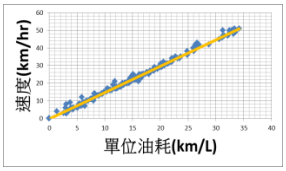

圖 4(b) 龍東路路段資料編號 1 車速油耗關係圖之油耗下限迴歸線

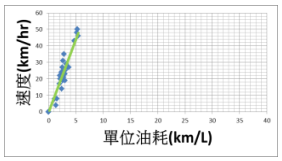

圖 4(c) 龍東路路段資料編號 1 車速油耗關係圖之油耗下限迴歸線

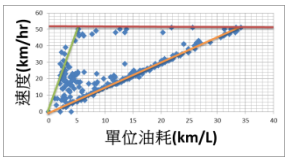

圖 4(d) 龍東路路段資料編號 1 單位油耗上、下限迴歸線夾角圖

2-5.迴歸線疊合計算

同一條道路，會有多筆行車資料，每一筆行車資料會有車速對應油耗，上限及下限之迴歸線，可得到各次行車於不同速度區間下的最大及最小油耗，在資料整合時，以疊合迴歸線方式，得出此條道路的上限及下限迴歸線，疊合結果見下圖 5 油耗上、下限迴歸線疊合圖。行車資料單筆下限迴歸線分析，由多個下限迴歸線疊合得到此條道路油耗下限迴歸線，其疊合下限迴歸式

y = 1.4723x - 0.1468，R^2 = 0.9985。

行車資料單筆上限迴歸線分析，由多個上限迴歸線疊合得到此條道路油耗上限迴歸線，其疊合上限迴歸式 y = 7.8552x + 2.4811，R^2 = 0.8555。

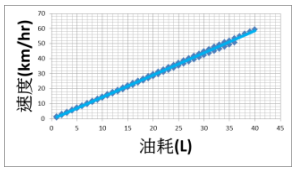

圖 5(a) 多筆油耗下限迴歸線疊合圖

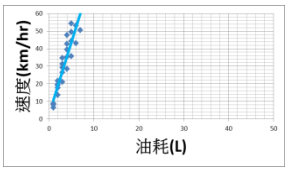

圖 5(b) 多筆油耗上限迴歸線疊合圖

3.各種速度區間的單位油耗

各次行車資料利用平均最大速度、油耗上限及油耗下限迴歸方程式這三條線，描繪出虛擬的三角形。同一條路，若行駛多次後，會有多筆資料，將形成多個三角圖，其各自擁有(1)平均最大速度(2)固定車速下的油耗下限線性方程式(3)固定車速下的油耗上限線性方程式。線性方程式個別進行疊合，得到此條路線之綜合結果線性方程式，進而計算各種速度區間下其油耗值，如表 4。

並由行駛資料中分離出不同速度區間消耗之油耗值占路線總油耗之百分比，可以得知此條道路中在各種速度區間之中，行駛之油耗占總油耗的比例，油耗百分比 $= \frac{\text{速度區間 V 之總油耗}}{\text{該次行車總油耗}}$。

表 4　多次行駛龍東路路段
各種速度區間之油耗上限及下限列表

車速 (km/hr)	最大單位油耗 (km/L)	最小單位油耗 (km/L)	最大油耗(L)	最小油耗(L)
0~10	0.658	3.516	2.737	0.512
11~20	1.786	10.226	1.008	0.176
21~30	2.914	16.935	0.618	0.106
31~40	4.042	23.645	0.445	0.076
41~50	5.170	30.354	0.348	0.059
51~60	6.298	37.064	0.286	0.049

4.不同道路是否影響油耗上限、下限迴歸線之間關係以及車速與油耗上限、下限關係

從以下不同道路資料的疊合後油耗上、下限迴歸線正切值顯示，各道路的油耗上、下限迴歸線夾角範圍落在 a <θ< b，(b – a) <= x，油耗的最大值與最小值差距，以此關係隨著速度區間增大而成長。以下為各路線上、下迴歸線之正切值資料列表。另外，高速公路之正切值較其他道路大。討論不同道路是否影響車速與油耗上下限迴歸線關係。

環南路三段 1　：tanθ=0.4820
環南路三段 2　：tanθ=0.4872
環中東路二段 1　：tanθ=0.5033
龍岡路二段 1　：tanθ=0.4003
龍岡路三段 1　：tanθ=0.5511
龍岡路三段 2　：tanθ=0.5136
龍東路　：tanθ=0.5080

5.油耗上、下限推估與誤差值

各路段油耗上下限估算之 R^2皆大於 0.9。舉例路段環南路三段 1，驗證油耗上、下限推估以及其誤差值。

油耗上限迴歸線推估：y=7.5469x+1.3227。
實際油耗上限迴歸線：y=7.7193x+0.0803。
誤差值：3.40%，R^2=0.9995。
油耗下限迴歸線推估：y=1.5234x-0.1321。
實際油耗下限迴歸線：y=1.4526x-0.0321。
誤差值：2.78%，R^2=0.9982。

四、路段油耗圖表分析

1.油耗 0-1 圖

各路段之油耗 0-1 圖，以各路段的油耗進行累加，假若下一秒之油耗累加超過所設定之門檻值時，進行折返，如下圖 6 各路段油耗 0-1 圖。並且對照各路段油耗累加圖，做為各路段耗油情形的參考，如圖 7。

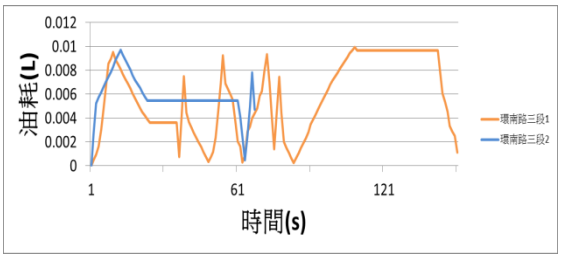

圖 6(a)　油耗 0-1 圖

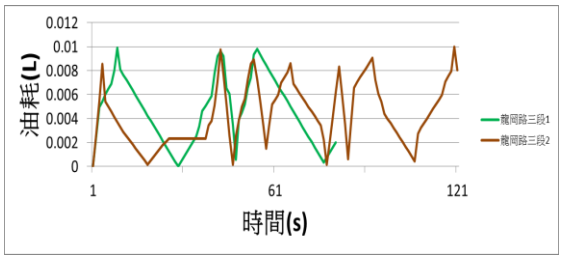

圖 6(b)　油耗 0-1 圖

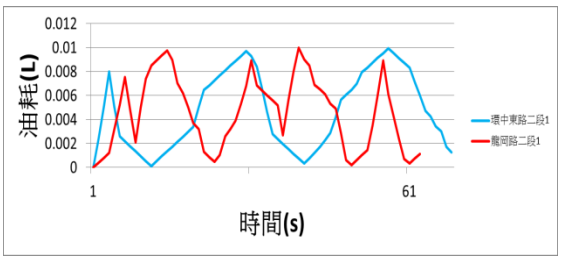

圖 6(c)　油耗 0-1 圖

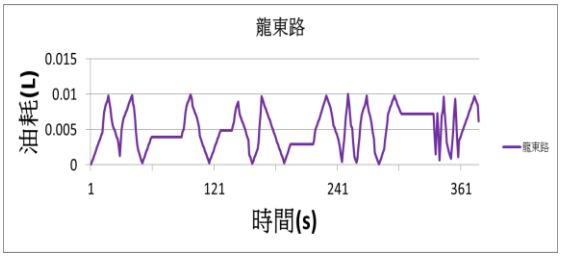

圖 6(d)　油耗 0-1 圖

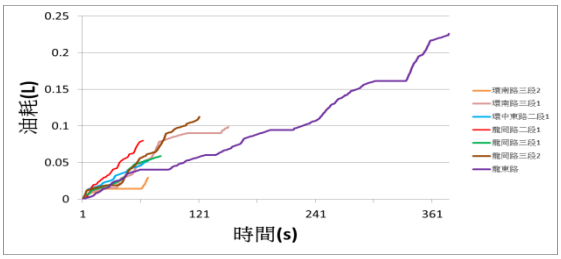

圖 7　各路段油耗累積圖

2.油耗因素

使用時間及速度因素討論油耗分佈圖，如下圖 8 油耗分佈圖。由圖 8(a)中的總時間與總油耗散佈圖，可知兩者呈現正相關之線性性質。並且，在圖 8(b)、圖 8(c)之總時間及總油耗與平均油耗散布分析圖中可看出，各路段有明顯的分佈區間。在圖 8(d)的平均速度及平均油耗散布分析圖中，可知其平均速度與平均油耗呈現負相關。

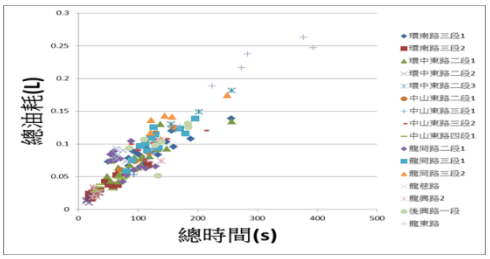

圖 8(a) 總時間與總油耗分布圖

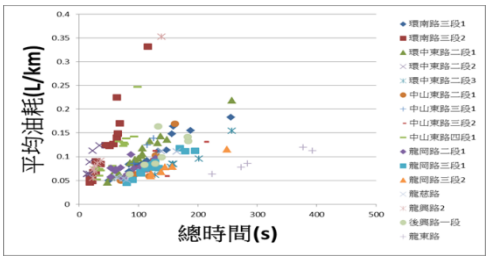

圖 8(b) 總時間與平均油耗分布圖

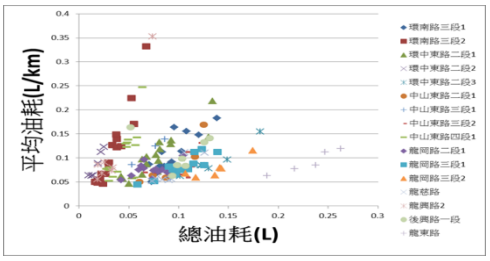

圖 8(c) 總油耗與平均油耗分布圖

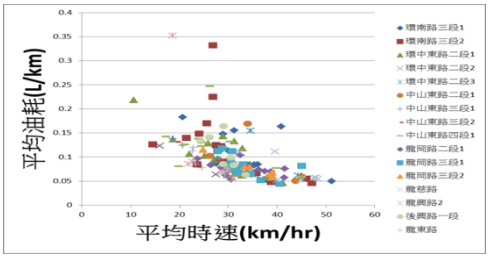

圖 8(d) 各路段平均時速與平均油耗對照圖

3.油耗分佈

由圖 9，各路段的油耗分佈圖可看出在相同車種、相同駕駛、行駛於相同的道路上，其耗油量的差距可達 46%。使用可能影響油耗的駕駛行為變數，如每公里總加速度絕對值總和、每公里速度變動絕對值總和等變數對油耗進行分析進而預測各路段油耗，研究結果顯示，使用每公里總加速度絕對值總和變數來推估油耗所得的 R^2最大且平均誤差率最小，表示使用此變數最能解釋油耗的變異量。因此在此使用每公里總加速度絕對值總和變數來進行圖示分析，如下圖 10。

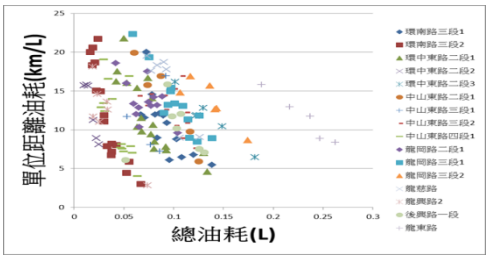

圖 9 各路段的油耗分佈圖

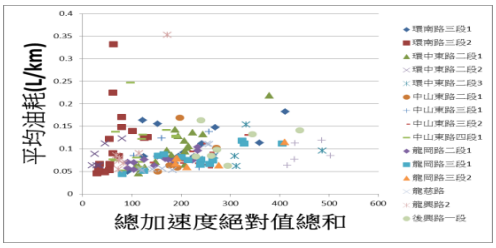

圖 10 平均油耗對總加速度和分佈圖

4.路段長條圖

比較路段時間、距離、速度影響的各次油耗，以下圖 11 路段各因素長條圖示意。在圖 8(a)中的總時間與總油耗雖然呈現正相關之線性性質，但是在圖 11(b)中可看出時間差異性較大的部分，其總油耗圖 11(a)的差距並沒有特別明顯的差距，然而時間差異較小的部分，也有出現油耗差距較大的現象，表示有變數因子影響了油耗，因此再由圖 11(c)平均速度及圖 11(d)總加速度觀察，其總加速度變動量較大者，會使油耗增加。

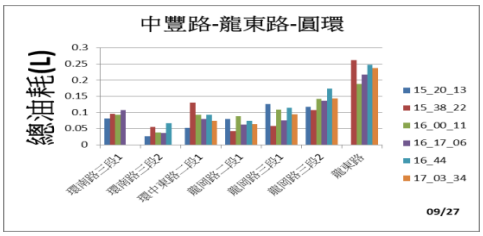

圖 11(a) 路段各次行駛總油耗長條圖

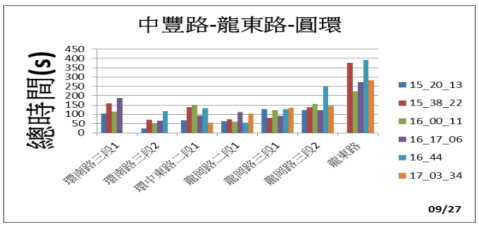

圖 11(b) 路段各次行駛總時間長條圖

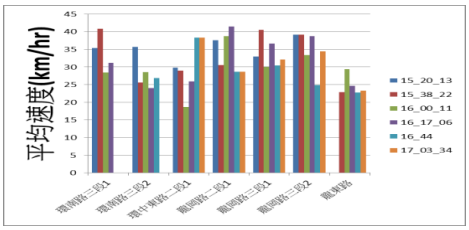

圖 11(c) 路段各次行駛平均速度長條圖

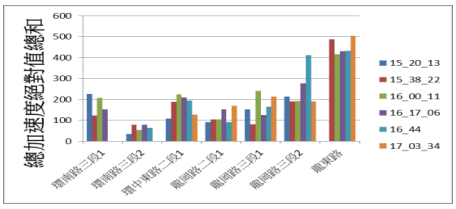

圖 11(d) 路段各次行駛總加速度
絕對值總和長條圖

五、分析與討論

由油耗與速度三角分佈圖中，得到的路段各速度區間油耗上、下限，經過多筆資料驗證後，此計算方式能精確計算油耗值，以做為路段油耗評估之參考，由路段各速度區間上、下限油耗值的差異，比較路段油耗情形。

各路段之油耗 0-1 圖以各路段的油耗進行累加，對照各路段油耗累加圖，做為各路段耗油情形的參考，油耗 0-1 圖波動頻率可以解釋此路段的耗油情形，頻率相對較高者，油耗情形較差。

各路段油耗累積圖與總時間與總油耗分布圖，呈現相同線性關係，其正相關情形充分解釋行駛時間為影響油耗重要因素之一。並且，在總時間及總油耗與平均油耗散布分析圖中可看出，各路段有明顯的分佈區間。

由各路段平均速度及平均油耗散布分析圖中可看出其平均速度與平均油耗呈現負相關。另外，由路段各次行駛平均速度長條圖中，可看出各次行駛平均速度差異較大。

在各路段的油耗分佈圖中，可得知在相同車種、相同駕駛、行駛於相同的道路上，其耗油量的差距可達 46%，對照路段平均速度及平均油耗散布分析圖，可以判斷平均速度對於各路段的油耗影響之重要性。因此，使用平均油耗對總加速度和分佈圖，其分佈呈現平緩上升之正相關。

六、結論

從路段油耗分析發現，在高速公路中，油耗的上、下限，會隨者速度區間的速度提高下，而擴大其角度差距，且差距擴大的程度會比平面道路更快。並且不同路段將會影響油耗在不同速度區間中的上、下限。各路段油耗 0-1 圖與油耗累積圖可以做為顯示行駛該路段之油耗情況。在各路段中總時間與總油耗呈現正相關，可以得知行駛時間為影響油耗重要因素之一，而在平均速度與平均油耗則呈現負相關，顯示出在行車中，若以較低時速(30km/hr 以下)行駛時，其平均油耗分布較為分散、不穩定，但是高於此速度後，則大多分布在同一區間，是相對穩定的表現。

未來期望可以提供使用者查詢系統，選取不同路段做為資料查詢，以表格呈現各種速度下的油耗上限及下限，並且依照路段距離計算行駛各個路段之最佳速度以及油耗下限、上限資料提供。並提供各路段油耗資訊，期望可以用於規劃最省油耗路徑。

參考文獻

[1] 邱偉盛(2012)，道路特徵與油耗分析之研究
[2] 呂靖文(2010)，應用資料探勘技術建立行車油耗分析模型之研究
[3] 蔡宜良(2009)，道路特徵對行車的影響之研究
[4] 黃士瑋(2011)，應用行車記錄進行油耗分析之研究
[5] Min Goo Lee, Yong Kuk Park, Kyung Kwon JungandJun Jae Yoo(2011)，Estimation of Fuel Consumption using In-Vehicle Parameters
[6] Chia-Chen Lee, Yi-Hung Wu and Arbee L.P. Chen(2007)，Continuous Evaluation of Fastest Path Queries on Road
[7] LIPING FU and L. R.RILETT(1998)，EXPECTED SHORTEST PATHS IN DYNAMIC AND STOCHASTICTRAFFIC NETWORKS
[8] EvangelosKanoulas, Yang Du,Tian, Xia and Donghui Zhang(2006)，FindingFastest Paths on A Road Network with Speed Patterns