

台鐵台東線加班車排班問題分析

The Analysis of Extra Trains Schedule Problems on TRA Taitung Line

范俊海(Chun-Hai Fan)¹

洪政屹(Cheng-Yi Hung)²

謝家敏(Chia-Min Hsieh)²

摘 要

現今單線鐵路為主的路線中，以台鐵台東線(花蓮-台東)的運行車種與停站模式為相對複雜的案例之一，又因其旅運特性特殊，造成平日與假日的列車班次數量相差極大。於時事議題中，時常會提到台鐵台東線全線雙線化的議題存在，以增加列車運行班次量；但在現今台鐵列車時刻表排班中，是否已經做到有效的排班，以應對臨時加班車可能會造成的調度問題。在此情況下，是否有在鐵路單線區間能夠做有效排班，或是將部分瓶頸路段施做鐵路雙線化就能夠有效解決列車排班與加班車插入原有時刻表的情形，以減少因為在單線區間的臨時加班車排班而嚴重影響到原有既訂班車(正班車)的準點率，以提升台鐵於東部幹線的營運服務品質。

本研究欲分析台鐵台東線的加班車排班問題來源，並且探討是否需要進行單線區間加班車排班之班表定型化，以增加單線鐵路列車之運轉效率。除此之外，研究中也能夠適當的檢討是否需要迫切的全線鐵路雙線化，或是在瓶頸路段做部分的鐵路雙線化；且可利用於列車排班研究中所遇到的情形，適當的建議台灣鐵路局於排班的瓶頸路段做適當的雙線化、或是設置交會用的號誌站，以紓解於單線鐵路區間列車排班上的不便，並增加台鐵台東線的列車排班與運行之效率。

關鍵詞：加班車排班問題，台鐵台東線

¹ 淡江大學運輸管理系副教授(聯絡地址:新北市淡水區英專路 151 號，

Email:chunhai@mail.tku.edu.tw)

² 淡江大學運輸管理系碩士班研究生

Abstract

In the single-track railway lines, the stopping station type and the train series of Taiwan Railway Administration (TRA) Taitung Line (Hualien=Taitung) is the most complicated one. Due to the trip type of the passengers on this line is more particular than other railway lines; the number of trains on the schedule is extremely different between weekdays and weekends (or holidays). In current issues, in order to increase the volume of the TRA Taitung Line, increased to double-track for all of this line has been mentioned. But the TRA has done a perfect train timetable for the extra trains on the Taitung Line to prevent the scheduling problem when the extra trains joined in the diagram? In this situation, can we just fix the train timetable to have a perfect diagram on the single-track railway line, do the partial double-tracks works, or increase the stations to have the train-meetings, to prove the extra train's schedule problems and increase the level of service of the TRA Taitung Line.

The study is going to figure out the key point problem of the TRA Taitung Line, and to investigate doing the train schedule pre-defaulted for this line in order to let the diagram runs more efficient. Furthermore, the study will point out can we just do the train scheduling well, or construct the partial double-track and increase the stations to have the train-meetings; to avoid to all TRA Taitung Line has double-tracked. At last, the study can also suggest the situations have found in the study to Taiwan Railway Administration, for the ways to do well on the train scheduling, or to release the bottlenecks for train scheduling on TRA Taitung Line.

Keywords : Extra Trains Schedule Problems 、 TRA Taitung Line

一、前言

在台灣東部走廊上，雖然旅運量沒有台灣西部的龐大，但因遇到了蘇花公路常受到天氣因素而封路的瓶頸，且利用航空運輸來往的旅運成本極大，因此鮮少旅客會使用航空運輸來往東部地區，造成來往東部的民眾是以台鐵為其主要的運輸工具；於近期東部觀光盛行後，容易造成台鐵東部幹線的座位一位難求，進而會使的台鐵營運方在特殊節日或例假日增開加班車以輸運旅客。台鐵東部幹線中花蓮-台東之台東線區間的旅運量，雖然無台北-花蓮間的區間大，但因為台鐵列車客座配位與旅客需求的問題，加班車排班上是需要將許多加班車延長行駛區間到台東，以滿足各個不同旅行區間之旅客需求。

1.1 現況分析

在時事議題中，常會提到台鐵台東線全線雙線化的議題存在，以增加列車運行班次數；但在現今台鐵列車時刻表排班中，是否有做到有效的排班，以應對臨時加班車可能會造成的調度問題？在此情況下，是否有在鐵路單線區間能夠做有效排班？或是將部分瓶頸路段鐵路雙線化就能夠有效減少因為在單線區間的臨時加班車排班而嚴重影響到原有正班車的準點率，以提升台鐵於東部幹線的營運服務品質？

於單線鐵路列車排班方面，是在區間上的兩站之間，依照號誌閉塞容許不同，僅能容許一列車或同一方向的列車群運行，因此會需要有場站或號誌站做交會列車。於正班車的排班上，必須考慮到交會列車與待避列車的預留排班時間，並且為了降低列車延遲情形，在排班上會有較雙線鐵路多的緩衝時間，以避免因某一班鐵路列車延遲，而連鎖影響到後續的鐵路列車的正常運行。

1.2 研究目的

針對台鐵台東線本研究的將研究目的列點如下：

1. 在加班車的排班上，必須考慮到與正班車產生交會與待避的預留排班時間，以避免列車在有臨時加班車的例假日發生常態性延誤問題。
2. 適當的瞭解台鐵台東線是否能容納更多鐵路列車運行。
3. 歸納出一套台鐵台東線的加班車排班方式，並期許將排班的方式其餘類似狀況的路線上。
4. 於研究中發掘台鐵台東線排班運行上的瓶頸單線區間，並建議優先改善之。

1.3 研究範圍

研究的範圍中，將利用台鐵台東線花蓮至台東之間的運行模式作探討，利用欲排班列車的後續或先前行駛的路線方向，並考慮其直通的列車型式、性能、列車停站模式將整個台鐵台東線的排班運行系統拆解成三個方面：

1. 東部幹線(北迴線)系統。
2. 南迴線系統。
3. 台東線獨立系統(以區間車為主)。



圖 1.1 台鐵台東線路線範圍(來源：交通部鐵路改建工程局)

1.4 研究項目

1. 台鐵台東線的運行車型與時刻表停靠站模式。
2. 鐵路列車時刻表的排班原則。
3. 定型化班表的排班規則。
4. 發掘台鐵台東線單線區間的排班問題。
5. 提出相關建議。

二、文獻回顧

2.1 台鐵台東線現今存在之排班問題

現今台鐵台東線大多數路段為單線鐵路區間，因此在多種車種與停站模式的影響之下，容易產生班次過於疏少、列車班距過大、以及排班不易的問題。於最近 2016 年 10 月 20 日改點後，許多此路線運輸重要性較中等的車站的列車班次減少；雖然以上車站的旅運量較無玉里等車站來得大，但實質班次上的減少也造成以上地區的居民於花蓮或台東轉乘其他列車的不便，因此需要通盤檢核關於此路線的列車時刻排班、與加班車增班對於當地居民的便利性與適用性，才能夠將台鐵台東線的列車運行時刻適當安排。

台鐵台東線在現今一直被提及其例假日運能不足的問題，而一直有全線雙線化的聲音浮現；但依照現行的列車時刻表安排來看是有很大的改善空間，可以發現列車的停靠車站、以及兩列車班次之間的時間間隔是十分混亂的，如此狀況可能會造成台鐵台東線在班表編排上密度會有浪費的情形發生。又因台鐵車型繁雜，且各列車型式的運行與排點速限、加速性能都有所差異，增加在列車時刻編排的限制條件，因此在加班車排班所需要考慮的層面又增加了複雜度。

2.2 鐵路運行相關文獻資料

在回顧列車排班運行文獻資料中，勝田敬一等人 [8] 提到車站的月台與股道配置會影響到列車發車的密度與時間，因此在車站的股道的配置下會影響到列車的排班與運行的密度。

此外，於北川英裕美等人 [9] 提及在設計列車運行班表的要件如下列所示：

- (1) 列車運行時間：最短停車時間，站間標準運行時間等。
- (2) 場站內的運行條件：最短進出站時間差、站間最大列車走行數量等。
- (3) 待避與追越列車的的限制條件：列車間有無相對車種關係、車站股道有無待避列車之設計等。
- (4) 初始之設定值：運行的列車車種、始發與終點站之設定、始發時間等。

除此之外，於該文獻有提及單線區間的列車運行會受到交會對向列車的影響，運行時刻安排上會延後先到列車發車時間，以應付單線鐵路區間容量較小的問題，但仍是以達到整體班表運作的最大效益排班為主。武內陽子 [10] 提及，對於列車運行班表的發車時刻不一致時，容易造成乘客對於搭乘鐵路路線列車於閱讀時刻表、辨識該搭乘列車的困擾，因此需要在列車時刻表安排上盡量以「整體系統化」的定型化班表方式進行排班，並能夠適當的插入臨時加班車而不影響整體班表。

在富井規雄等人 [12] 提及事先在列車運行班表內預留趕點時間是必要的，且要在時刻表排班上事先計劃好若發生列車延遲太久，調整班表中列車運用之計劃。而在牛田貢平 [7] 也提及了當列車運行排班之中未預留適當的趕點時間的話，十分容易造成「二次延遲」的連鎖誤點情形發生。

於武內陽子等人 [11] 更提到了在列車運行班表設計中，是需要先將所有的正班車與臨時加班車的預期班次全部加入整體的路線運行圖中，形成完全飽和的狀態，而後視旅運需求將不必要的列車運行班次做刪減，預留為尖峰班表或加班車之加班空間。

在 T. Dewilde 等人 [4] 提及紓緩鐵路路線瓶頸的要件在於增加場站及路線的列車流動性。J. Qi 等人 [1] 提及，在鐵路列車運行圖的呈現與排班上，主要是以時空圖(Time-Space Diagram)進行繪製、排班與模擬，因此在呈現上會以此方式呈現之。

2.3 小結

綜合相關的列車排班文獻中，在台鐵台東線加班車的排班規劃中，將會探討現行的時刻表列車排班上對於加班車排班不利的所在，並朝向將列車運行班表系統化，以利於加班車的排班研究。除此之外，可在模擬列車排班中發掘出台鐵台東線的排班瓶頸路段，並提出於近期的班車數量對應於最先應雙線化的區段以抒解當下的加班車的最適合排班模式。

三、列車排班方式

3.1 台鐵台東線列車狀態

台鐵台東線所行駛的列車型式眾多，由表 3.1 顯示之，因此在多重的不同性能的列車與停站模式下，排點是有困難度的。

表 3.1 現行台鐵台東線列車之排點速度與停站模式整理表

排點速度種類	列車型式	停站模式
TEMU 速	TEMU1000 太魯閣號、 TEMU2000 普悠瑪號	直達車、部分增停直達車、跳蛙式停站
PP 速	PP 推拉式自強號	直達車、部分增停直達車、跳蛙式停站
DMU 速	DR 柴聯自強號	直達車、部分增停直達車、跳蛙式停站
客甲速	莒光號、復興號列車編組 區間車、觀光列車	部分增停直達車、跳蛙式停站、各站皆停
EMU 速	EMU500 型區間車	各站皆停

3.2 台鐵台東線路線相關資訊

3.2.1 場站現況

台鐵台東線當今全線總共 27 個場站，依照旅運量分佈來看，可以發現旅運人次幾乎集中在花蓮、玉里、台東三站，而瑞穗、池上、關山僅次以上三站。在交會列車方面，不能夠辦理交會列車的車站有平和、大富、瑞和三站；此外，海端站交會列車時僅能提供 1 列車停靠辦理客運，因此不能讓兩班區間車在此做列車交會。

其於有關於台鐵台東線車站的相關資訊，以下表 3.2 呈現之。

表 3.2 台鐵台東線車站基本資料表

車站	車站等級	日均旅客量 (2016 年；人)	可否辦理 交會列車	旅客月台 停靠列車數
台東	一等站	5,253	可	6
山里	三等站	7	可	3
鹿野	三等站	218	可	3
瑞源	三等站	43	可	2
瑞和	無人招呼站	13	不可	1
關山	三等站	598	可	3
海端	乙種簡易(無人管理)	7	可	1
池上	三等站	479	可	3
富里	三等站	193	可	3
東竹	三等站	17	可	2
東里	三等站	20	可	3
玉里	一等站	1,303	可	3
三民	三等站	6	可	2
舞鶴號誌	號誌站	不辦理客運	可	無月台
瑞穗	三等站	575	可	2→(3)
富源	三等站	55	可	3
大富	無人招呼站	11	不可	1
光復	三等站	422	可	3
萬榮	三等站	58	可	3
鳳林	三等站	332	可	3
南平	三等站	23	可	2
林榮	簡易站	尚未啟用	可	2(啟用後)
豐田	簡易站	99	可	2
壽豐	三等站	274	可	4
平和	無人招呼站	18	不可	1
志學	三等站	312	可	2(3)
吉安	三等站	363	可	2→(3)
花蓮	特等站	15,032	可	

3.2.2 車站間距離狀況

由表 3.3 來看，以能夠辦理交會的車站為計算基礎，超過 7 公里的長段區間列舉如下：吉安-志學 9.0km、豐田-南平 8.4km、光復-(大富)-富源 10.7km、富源-瑞穗 9.2km、三民-玉里 11.0km、關山-(瑞和)-瑞源 10.2km、山里-台東 8.1km；

其中豐田-南平與山里-台東間已完成雙線化，其於路線有機會成為台鐵台東線的定型化排班上的瓶頸路段，後續將會研究出並且探討之。

表 3.3 台鐵台東線車站營業里程與車站間距離表

車站	車站營業里程 (自八堵起；公里)	與前站之間距離 (公里)
台東	320.3	---
山里	312.2	8.1
鹿野	306.0	6.2
瑞源	300.5	5.5
瑞和(不可交會)	297.7	2.8
關山	290.3	7.4
海端	283.8	6.5
池上	278.2	5.6
富里	271.3	6.9
東竹	265.1	6.2
東里	259.2	5.9
玉里	252.5	6.7
三民	241.5	11.0
舞鶴(號)	236.7	4.8
瑞穗	232.2	4.5
富源	223.0	9.2
大富(不可交會)	220.0	3.0
光復	212.3	7.7
萬榮	206.7	5.6
鳳林	201.9	4.8
南平	197.7	4.2
林榮(尚未啟用)	197.1	8.4
豐田	189.3	
壽豐	186.6	2.7
平和(不可交會)	184.7	1.9
志學	181.8	2.9
吉安	172.8	9.0
花蓮	169.4	3.4

台鐵台東線應對於各個不同的車型的性能，各站之間會有不同的排點時間，以當今台鐵台東線來說，其應對的排點時間速度依照列車性能高到低分為：應對於太魯閣、普悠瑪傾斜式列車的 TEMU 速；推拉式自強號列車的 PP 速；柴聯自強號列車的 DMU 速；通勤電聯車的 EMU 速；莒光號與復興號編組列車的客甲速。

3.3 單線鐵路區間列車試排班分析

3.3.1 單一車種排班

於台鐵台東線主要的單線鐵路區間列車運行模式中，顧名思義是需要到場站辦理列車交會，因此必須要等對向列車完全進入場站後才可出發前往下一站。以單純的花蓮-吉安區間來看，行駛時間是最長是 5 分鐘(含拐側線股道所耗時間)。轉轍器定位、號誌開通所需要的時間為 30 秒(0.5 分鐘)，此情況之下的單方向最密集班距為 $5*2+0.5*2=11$ 分鐘，將列車排點放鬆至小時時間班距(Clock-Headway)是以單方向 12 分鐘班距為基準；列車單方向最密一小時可以開出 5 班列車，以一天從 6 時至 22 時來看，單方向約可發出 80 班列車，雙向 160 班列車。但台鐵台東線狀況可沒那麼單純，因此在後續會推衍一個行駛區間至下一個場站。

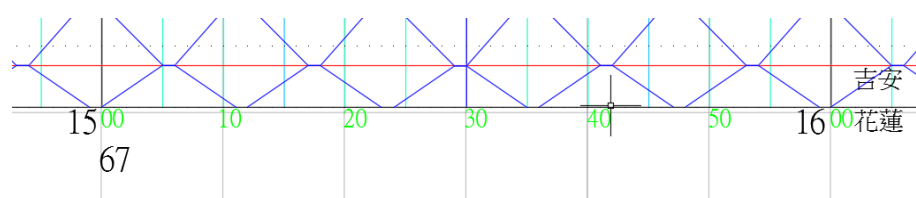


圖 3.5 花蓮-吉安間模擬排班示意圖

延伸至花蓮-吉安-志學來觀察，雙向列車需要在吉安站做交會列車的動作，吉安-志學站的行駛時間為 9 分鐘，較花蓮-吉安間的 5 分鐘多出 4 分鐘。因此在列車排班的班距上，必須以較長班距吉安-志學站做基準，以避免列車在此段區間有排班運行上的衝突發生；其來回時間為 18 分鐘，為單方向班距設定為 20 分鐘為基準；表示列車在單方向最密一小時可以開出 3 班列車，以一天由 6 時至 22 時來觀察，單方向能夠發出約可發出 48 班列車，雙向 96 班列車。

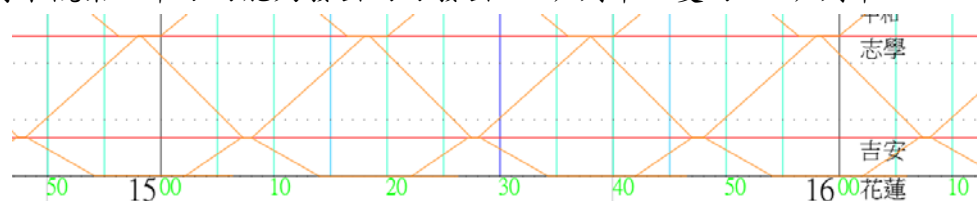


圖 3.6 花蓮-吉安-志學間模擬排班示意圖

3.3.2 多車種排班

若是以圖 3.5 的班表中加入快車的運行時，且將列車運行模擬擴張至壽豐站時，可以發現若是做列車待避與追越動作時，容易造成列車班表的衝突，並以圖 3.6 表示之，因此需要調整列車的運行模式。

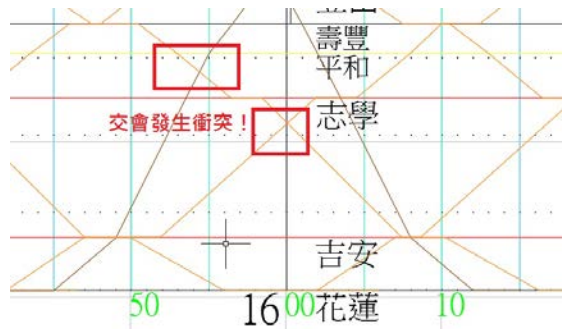


圖 3.7 列車於單線鐵路區間排班衝突情形

重新調整後，快車將調整於志學站追越慢車，並以圖 3.7 表示之。可以發現慢車的行駛時間明顯增加，且因為吉安-志學間的長段區間路線容量已飽和，因此慢車的班距明顯被延拉長且形成一個不平衡班距，但是快車加上慢車的運行平均班距上還是一樣維持 20 分鐘一班車，也就是每小時中會有 3 班車能夠發車。

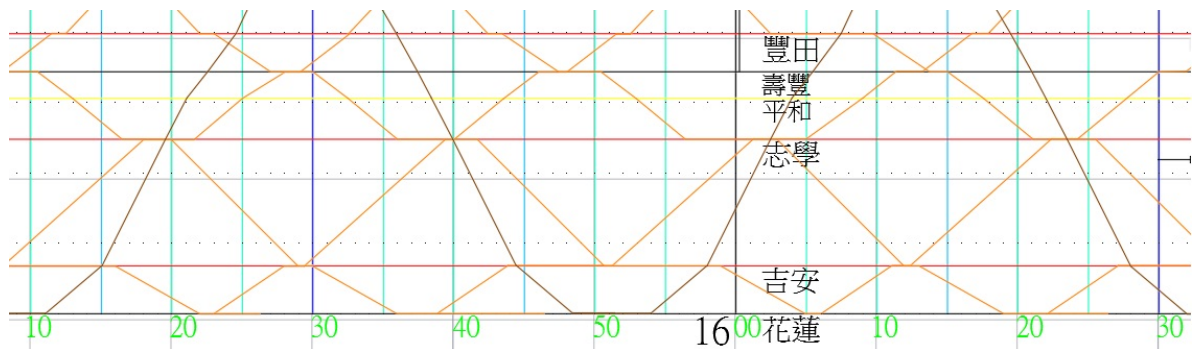


圖 3.8 模擬增加快車調整後之花蓮-壽豐間運行圖

四、分析結果

4.1 由現行時刻表試排分析

現行的台鐵台東線列車班表中，可發現對於加班車排班是十分困難的，時常為了等待交會或待避而拉長行車時間、放棄正班區間車的行車時間服務水準；或於某一時空看似能夠排入加班車，但延伸到後續列車會抵達的時空中，會發生無法讓此加班車插入的情形，造成此欲安排的加班車成為無效排班。

因此於現行班表的加班車排班試排中，可以發現若不將正班列車延遲，能夠排入的有效加班車是十分有限的。在後續的分析方向會朝向整體班表的檢討，並安排出一套列車運行班表，以利於正班車與加班車的排班整體化，訂定出一套具有一定規則的列車排班方式。除了有助於有、無加班車的列車班表差異化之外，更能夠有效的在台鐵台東線的定型化班表之中排入加班車。

4.2 定型化班表排班模式擬定

在定型化班表排定下，需要依照發車基準點擬定出其排班方式，分為：列車連續發車模式與分散發車模式。而台鐵台東線的發車基準點以台鐵台東線的大站：花蓮、玉里、台東為重點。

前者優點在於：除了因為可以避免部分的慢車待避快車運轉行為，在不影響快車的行駛時間下，能夠減少慢車的整體運行時間外，在發車基準點車站的快車乘客也能夠有效轉乘慢車繼續行程；後者優點在於：列車發車班次平均度呈現上較美觀，對旅客而言更容易閱讀與理解，但是此方式在慢車的排班上十分容易被快車追越，而等待的待避時間可能會拉長慢車運行時間。因此在檢討整體台鐵台東線的定型化班表排班是以連續發車模式為佳。

4.3 班表試排班作業

列車班表在排班的過程中，以不增加列車運行時間為主，因此會先簡化列車種類，分為直達車、跳蛙式列車、區間車，以圖 4.1 為例。並且依照一定的順序排班。過程中將採取連續發車模式，並由排班基準站依車種排點速度由快到慢的順序發車。

列車運行排班調整後，列車是以每 1 小時各 1 班的直達車、跳蛙式列車、區間車發車，較現今排班的列車能夠安排更多班車，且可由多安排的排班空間做為加班車的預留空間，因此台鐵台東線的班表需要做通盤整理，才能夠滿足不影響正班車的情況下排入加班車的需求，並由花蓮-玉里間以圖 4.2 為案例。

	花蓮	吉安	志學	平和	壽豐	豐田	南平	鳳林	萬榮	光復	大富	富源	瑞穗	舞鶴號	三民	玉里	東里	東竹	富里	池上	海端	關山	瑞和	瑞源	鹿野	山里	台東
直達車	●	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	●	-	-	-	-	-	○	-	-	-	-	●
跳蛙式	●	●	●	-	●	-	-	●	-	●	-	-	●	-	-	●	-	-	●	●	-	●	-	-	●	-	●
區間車	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	-	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●

※ 直達車於關山站做部分班次的選擇性停靠

圖 4.1 簡化車種後之停靠站模式

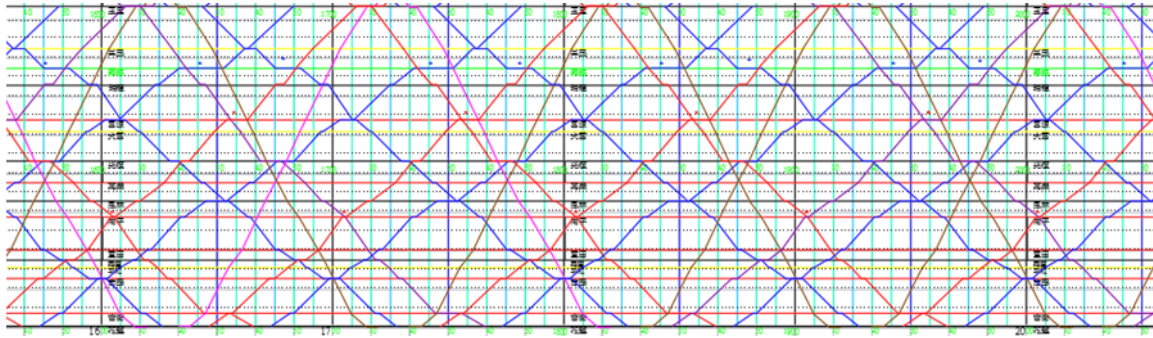


圖 4.2 台鐵台東線花蓮-玉里間列車排班運行模式

五、結論與建議

以下是本研究論文所得到的結論，並列點表示之：

1. 於定型化班表的排班能夠避免臨時排入加班車時，因部分區段的容量壓縮而造成例假日的班表常態性延誤，且能夠容納比當今能夠排入更多的加班車。
2. 尋找出屬於台鐵台東線的加班車排班問題，並嘗試解決之。
3. 除了在研究中已經發掘出台鐵台東線的排班瓶頸單線區間外，也順帶搜尋到某些場站需要施做改善。
4. 呼應了文獻回顧中武內陽子^[10] ^[11]的列車排班之做法是適合於台鐵台東線的加班車排班。

於相關建議方面，希望能夠就台鐵台東線現況的部分瓶頸路段與場站做改善，便能夠將列車班表安排的更有彈性，跳蛙式列車與區間車的行駛時間更短，更能夠排入臨時間班車的空間。並且建議台鐵官方在旅客快車與慢車之間的轉乘上，以同一張車票將旅客全程的搭乘與座位的資訊一覽無遺，是對於旅客的快慢車相互轉乘上是相對便利的。

參考文獻

1. Jianguo Qi, Lixing Yang, Yuan Gao, Shukai Li, Ziyou Gao(2016) Integrated multi-track station layout design and train scheduling models on railway corridors , Transportation Research Part C P.P.91-119
2. Rob M.P. Goverde, Nikola Bešinovic´, Anne Binder, Valentina Cacchiani, Egidio Quaglietta, Roberto Roberti, Paolo Toth(2016) A three-level framework for performance-based railway timetabling, Transportation Research Part C Vol. 67,P.P.62–83
3. Sudhir Kumar Sinha, Shripad Salsingikar, Siddhartha SenGupta(2016) An iterative bi-level hierarchical approach for train scheduling , Journal of Rail Transport Planning & Management,Vol.Year 2016, P.P.1-17

4. Thijs Dewilde, Peter Sels, Dirk Cattrysse, Pieter Vansteenwegen (2013) Robust railway station planning: An interaction between routing, timetabling and platforming, *Journal of Rail Transport Planning & Management* P.P.68-77
5. Vuchic, Vukan R. (2005). *Urban transit: operations, planning, and economics. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey.*
6. 荒屋真二、安部恵介(1983)ヒューリスティクスを利用した列車運転整理手法, *日本電器學會論文誌*, 58-C30, P.P.249-256
7. 牛田貢平(2012)運行実績データを活用した列車遅延の評価指標, *The Operations Research Society of Japan*
8. 勝田敬一、小熊賢司(2004)駅構内における高密度列車ダイヤの導出, *IEEJ Trans. IA*, P.P.792-798, Vol.124, No.8
9. 北川英裕美、片岡健司、駒谷喜代俊(1996)多様な路線形態を対象とした列車ダイヤ作成支援システム, *電学論 D*, 116 卷 8 号
10. 武内陽子(2008)旅客の不効用値に基づく列車ダイヤの頑健性評価, *The Operations Research Society of Japan*
11. 武内陽子、坂口隆、福村直登(2008)利用者デマンドとリソース制約を考慮した列車ダイヤ作成問題の定式化, *The Operations Research Society of Japan*
12. 富井規雄、田代善昭、田部典之(2005)利用者の不満を最小にする列車運転整理アルゴリズム, *情報処理協會論文*, Vol.46, No.2, P.P.26-38
13. 陳律帆(2014)台灣鐵道客貨列車運行圖 Vol.8
14. 陳律帆(2017)台灣鐵道客貨列車運行圖 Vol.9
15. 蔡欣恬(2015)以班表試排法評估鐵路路線容量-以臺鐵臺東線為例, *國立成功大學土木工程學系碩士論文*
16. 鍾志成、張仕龍、李治綱、李宇欣、曾志煌、賴威伸(2006)列車排點最佳化之數學模式探討, *中華民國運輸學會第 21 屆論文研討會*