

113-077-3532  
MOTC-IOT-112-ECB009

# 國際機場運作模擬分析 軟體系統規劃與建置(1/2)- 系統規劃設計與軟體單元確立



交通部運輸研究所

中華民國 113 年 10 月



113-077-3532  
MOTC-IOT-112-ECB009

# 國際機場運作模擬分析 軟體系統規劃與建置(1/2)- 系統規劃設計與軟體單元確立

著者：李宇欣、盧立昕、陳佑麟、袁永偉、陳蓉萱、  
林東宏、賴威伸、許修豪、呂蕙美

交通部運輸研究所

中華民國 113 年 10 月

國家圖書館出版品預行編目(CIP)資料

國際機場運作模擬分析軟體系統規劃與建置(1/2)-系統規劃  
設計與軟體單元確立/李宇欣、盧立昕、陳佑麟、袁永  
偉、陳蓉萱、林東宏、賴威伸、許修豪、呂蕙美著 -- 初版. -  
- 臺北市：交通部運研所, 民 113.10

面；公分

ISBN 978-986-531-630-3(平裝)

1.CST: 機場 2.CST: 機場規劃 3.CST: 航空運輸管理  
557.95 113016343

國際機場運作模擬分析軟體系統規劃與建置(1/2)-系統規劃設計與軟體單元確立

著 者：李宇欣、盧立昕、陳佑麟、袁永偉、陳蓉萱、林東宏、賴威伸、  
許修豪、呂蕙美

出版機關：交通部運輸研究所

地 址：105004 臺北市松山區敦化北路 240 號

網 址：www.iot.gov.tw (中文版>數位典藏>本所出版品)

電 話：(02)2349-6789

出版年月：中華民國 113 年 10 月

印 刷 者：全凱數位資訊有限公司

版(刷)次冊數：初版一刷 70 冊

本書同時登載於交通部運輸研究所網站

定 價：150 元

展 售 處：

交通部運輸研究所運輸科技及資訊組•電話：(02)2349-6789

國家書店松江門市：104472 臺北市中山區松江路 209 號•電話：(02)2518-0207

五南文化廣場：400002 臺中市區中山路 6 號•電話：(04)2226-0330

GPN：1011301426 ISBN：978-986-531-630-3（平裝）

著作財產權人：中華民國（代表機關：交通部運輸研究所）

本著作保留所有權利，欲利用本著作全部或部分內容者，須徵求交通部運輸研究所  
書面授權。

## 交通部運輸研究所合作研究計畫出版品摘要表

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                    |                            |                                                              |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|--------------------------------------------------------------|
| 出版品名稱：國際機場運作模擬分析軟體系統規劃與建置(1/2)-系統規劃設計與軟體單元確立                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                    |                            |                                                              |
| 國際標準書號(或叢刊號)<br>ISBN 978-986-531-630-3(平裝)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 政府出版品統一編號<br>1011301426                                                                            | 運輸研究所出版品編號<br>113-077-3532 | 計畫編號<br>112-ECB009                                           |
| 本所主辦單位：運輸工程及海空運組<br>主管：賴威伸<br>計畫主持人：賴威伸<br>研究人員：許修豪、呂蕙美<br>聯絡電話：(02)23496825<br>傳真號碼：(02)25450427                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 合作研究單位：財團法人成大研究發展基金會<br>計畫主持人：李宇欣<br>研究人員：盧立昕、陳佑麟、袁永偉、陳蓉萱、林東宏<br>地址：臺南市大學路 1 號<br>聯絡電話：(06)2757575 |                            | 研究期間<br>自 112 年 2 月至 112 年 12 月                              |
| 關鍵詞：空側、容量、模擬                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                    |                            |                                                              |
| <p>摘要：</p> <p>機場空側模擬分析為民航機場營運規劃相當重要之一環，本計畫於前期(110~111 年)研究已建立機場空側容量評析方法，並通過桃園機場公司驗證，可用以進行機場空側運作模擬分析、釐清機場空側運作瓶頸、協助減少延滯及評估機場空側配置方案，使空側運作順暢而提高機場營運效能。</p> <p>本計畫係在前期研究基礎上，進一步將上述評析方法研發為機場運作模擬分析軟體，並強化人機介面之操作親和性。本計畫為 2 年期研究之第 1 年期(112 年)，已完成機場運作模擬軟體雛型，包括建立軟體平臺，完成模擬引擎模組之軟體修正、資料庫模組及操作界面模組之設計與實作等。預計第 2 年期(113 年)再進一步完成軟體研發，並將進行實際案例測試與教育訓練，增進民航局與桃園機場公司對本軟體之深入認識與實務操作，並藉由教育訓練蒐整各單位對本軟體使用經驗及回饋意見，俾增進軟體操作親和性，以利推廣本軟體在機場規劃面與營運面之實務應用，做為機場空側平日營運管理或營運期間工程變動時之政策評估工具。</p> <p>軟體研發完成後，預計將技術移轉或授權提供民航局、桃園機場公司落地應用，使機場空側設施管制作為朝數據化及模式化發展，進而提升我國國際門戶機場營運效能，並符合機場長期發展需求。</p> |                                                                                                    |                            |                                                              |
| 出版日期                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 頁數                                                                                                 | 定價                         | 本出版品取得方式                                                     |
| 113 年 10 月                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 128                                                                                                | 150                        | 凡屬機密性出版品均不對外公開。普通性出版品，公營、公益機關團體及學校可函洽本所免費贈閱；私人及私營機關團體可按定價價購。 |
| 備註：本研究之結論與建議不代表交通部之意見。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                    |                            |                                                              |

**PUBLICATION ABSTRACTS OF RESEARCH PROJECTS  
INSTITUTE OF TRANSPORTATION  
MINISTRY OF TRANSPORTATION AND COMMUNICATIONS**

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                              |                                   |                                                          |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------------------------------|
| TITLE: Planning and Development of the International Airport Operations Simulation Analysis Software System (1/2) – System Planning, Design and Software Unit Establishment                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                              |                                   |                                                          |
| ISBN(OR ISSN)<br>ISBN 978-986-531-630-3(pbk.)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER<br>1011301426 | IOT SERIAL NUMBER<br>113-077-3532 | PROJECT NUMBER<br>112-ECB009                             |
| DIVISION: Transportation Engineering, Maritime and Air Transport Division<br>DIVISION DIRECTOR: Lai, Wei-Shen<br>PRINCIPAL INVESTIGATOR: Lai, Wei-Shen<br>PROJECT STAFF: Hsiu-Hao Hsu; Leu, Huey-Meei<br>PHONE: 8862-23496825<br>FAX: 8862-25450427                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                              |                                   | PROJECT PERIOD<br>FROM February 2022<br>TO December 2022 |
| RESEARCH AGENCY: NCKU Research and Development Foundation (NCKURDF)<br>PRINCIPAL INVESTIGATOR: Yusin Lee<br>PROJECT STAFF: Lu, Li-Shin, Chen, Ju-Lin Chen, Yuan, Yune-Wei, Chen, Rong-Shiuan, Lin, Tong Hung<br>ADDRESS: No.1, University Road, Tainan, Taiwan (R.O.C.)<br>PHONE:8866-2757575                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                              |                                   |                                                          |
| KEY WORDS: Airside, Capacity, Simulation                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                              |                                   |                                                          |
| <p>ABSTRACT:</p> <p>Airside simulation analysis is an important part of civil aviation airport operations planning. In previous research(2021-2022), we established airside capacity evaluation methods for airports, which was verified by Taoyuan International Airport Co., Ltd. This method can perform airside operations simulation analysis, identify airside operational bottlenecks, assist in reducing delays, and evaluate airside configuration projects to ensure smooth operations and improve operational effectiveness.</p> <p>Based on previous research, this research aims to further develop the evaluation method into airside operations simulation analysis software and make human-machine interface more user-friendly. In the first year (2023) of this two-year project, we completed a prototype of airside operations simulation software, including the establishment of software platform, and the design and implementation of simulation engine module, database module and user interface module. In the second year (2024), we plan to complete the software development and conduct actual case testings and trainings to improve the Civil Aeronautics Administration (CAA) and Taoyuan International Airport Co., Ltd.'s understanding and practical operation of the software. Through training, we will gather feedback on the software from various units to enhance its usability, facilitate its application in airport planning and operations, and serve as an airside projects evaluation tool on routine operations or construction changes.</p> <p>After the software development is completed, we plan to transfer or license the technology to the CAA and Taoyuan International Airport Co., Ltd. for practical application, making airport airside facility management more data-driven and modelbased, thereby enhancing the operational effectiveness of our international gateway airports and meet long-term development needs.</p> |                                              |                                   |                                                          |
| DATE OF PUBLICATION<br>October 2024                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | NUMBER OF PAGES<br>128                       | PRICE<br>150                      |                                                          |
| The views expressed in this publication are not necessarily those of the Ministry of Transportation and Communications.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                              |                                   |                                                          |

# 目 錄

|                     |     |
|---------------------|-----|
| 目 錄.....            | III |
| 圖目錄.....            | V   |
| 表目錄.....            | VI  |
| 第一章 緒論.....         | 1   |
| 1.1 計畫緣起.....       | 1   |
| 1.2 計畫目的.....       | 1   |
| 1.3 工作項目.....       | 2   |
| 第二章 文獻回顧.....       | 5   |
| 2.1 本所歷年相關研究成果..... | 5   |
| 2.2 國內文獻.....       | 12  |
| 2.3 國際文獻.....       | 17  |
| 第三章 軟體使用者需求.....    | 19  |
| 3.1 基本說明.....       | 19  |
| 3.2 參數項目需求.....     | 22  |
| 3.3 場面數據需求.....     | 23  |
| 3.4 班表數據需求.....     | 26  |
| 3.5 數據管理需求.....     | 28  |
| 3.6 結果輸出與呈現需求.....  | 29  |
| 3.7 跑道模擬邏輯需求.....   | 32  |
| 3.8 滑行道模擬邏輯需求.....  | 35  |
| 3.9 停機位模擬邏輯需求.....  | 38  |
| 3.10 航班模擬邏輯需求.....  | 40  |
| 3.11 模擬操作需求.....    | 44  |
| 第四章 軟體平臺分析與設計.....  | 45  |
| 4.1 基本說明.....       | 45  |
| 4.2 軟體系統基本分析.....   | 45  |
| 4.3 軟體系統基本設計.....   | 46  |
| 第五章 場面編輯功能.....     | 49  |
| 5.1 整體介紹.....       | 49  |
| 5.2 節點之概念.....      | 52  |
| 5.3 編輯工作畫面.....     | 53  |

|                         |              |     |
|-------------------------|--------------|-----|
| 5.4                     | 跑道編輯.....    | 54  |
| 5.5                     | 滑行道編輯.....   | 56  |
| 5.6                     | 停機位編輯.....   | 57  |
| 5.7                     | 廠區編輯.....    | 58  |
| 5.8                     | 狀態編輯與管理..... | 59  |
| 第六章 結論與建議.....          |              | 61  |
| 6.1                     | 結論.....      | 61  |
| 6.2                     | 建議.....      | 63  |
| 參考文獻.....               |              | 69  |
| 附錄 A：期中報告審查意見處理情形表..... |              | 73  |
| 附錄 B：期末報告審查意見處理情形表..... |              | 91  |
| 附錄 C：座談會紀錄.....         |              | 105 |
| 附錄 D：期末報告簡報.....        |              | 111 |

## 圖目錄

|                           |    |
|---------------------------|----|
| 圖 3.1 需求整理歸納流程圖.....      | 20 |
| 圖 3.2 需求確認流程圖.....        | 21 |
| 圖 3.3 需求單位架構圖.....        | 22 |
| 圖 3.4 桃園國際機場場面底圖.....     | 24 |
| 圖 3.5 桃園國際機場場長榮公司廠區圖..... | 25 |
| 圖 3.6 桃園國際機場場華航公司廠區圖..... | 26 |

## 表目錄

|                         |    |
|-------------------------|----|
| 表 1-1 工作項目及章節對照表 .....  | 3  |
| 表 3-1 場面數據需求項目表 .....   | 24 |
| 表 3-2 廠區模擬邏輯需求項目表 ..... | 25 |
| 表 3-3 場面狀態需求項目表 .....   | 26 |
| 表 3-4 航空器活動種類 .....     | 27 |
| 表 3-5 航班屬性需求項目表 .....   | 28 |
| 表 3-6 數據管理需求 .....      | 29 |
| 表 3-7 呈現數據種類需求 .....    | 29 |
| 表 3-8 活動時間計算方法 .....    | 30 |
| 表 3-9 活動時間統計值需求 .....   | 30 |
| 表 3-10 跑道起降量統計需求 .....  | 31 |
| 表 3-11 個別活動數據需求 .....   | 31 |

# 第一章 緒論

## 1.1 計畫緣起

航空運輸系統是全球最重要的長途運輸系統之一。隨著運輸需求的持續成長，各機場亦面臨長期的運轉壓力。機場為航空運輸系統中不可或缺之稀缺資源，擴充不易。因此不論是嘗試提高運轉效率或是擴充設施，均需要審慎評估。系統模擬為目前最廣為運用的評估方法，但我國先前並無可自行掌握之機場軟體分析工具可對機場空側運作進行模擬分析，需仰賴國外技術與工具。

本所於前期研究(110~111 年)已建立機場空側容量評析方法，成功開發可完全自主之民航機場空側模擬核心技術，除可模擬航空器於空側活動之狀況外，並可用以評析空側運轉容量。該技術並以桃園機場為案例完成驗證，可進行機場空側運作模擬分析、釐清機場空側運作瓶頸、協助減少延滯、評估機場空側配置方案，使空側運作順暢而提高營運效能。

本計畫為 2 年期(112~113 年)研究之第 1 年期，係在本所研究成果基礎上，更進一步研發機場空側運作模擬分析之人機介面軟體，並將於後續第 2 年期進行機場實際案例測試與教育訓練，以提高機場規劃單位與營運單位實務應用之便利性。軟體研發完成後，預計將技術移轉或授權提供民航局、桃園機場公司落地應用，使機場空側設施管制朝數據化及模式化發展，進而提升我國國際門戶機場營運效能，以利符合機場長期發展需求。

## 1.2 計畫目的

我國桃園國際機場是我國主要機場之一，隨著國家發展，機場的運轉需求持續增加，但配合提升容量並非易事。為了解決這個問題，桃園國際機場正積極進行第三航站區與第三跑道等擴建工程，這是該機場成立以來最大規模的擴建計畫，預計將顯著提升機場的服務能力。擴建工程的實施

需要新的運轉和管理策略，而定期維護機場設施的各種措施也將對日常營運產生影響，因此需要事先制定周詳的計畫。

本計畫之目的在發展我國可自主掌握之國際機場空側運作模擬分析軟體，做為相關單位制定管理策略和維護計畫時之有力決策輔助工具。此軟體之主要功能為進行民用機場空側模擬分析，幫助使用者在數據的支持下，以更有系統的方式了解機場空側運轉狀況，釐清機場空側運作瓶頸，支援規劃與精進機場空側調度與配置，以利使機場空側運作更順暢、更優化、營運效能更提高。本系統亦可協助使用者預判各種維護計畫之影響，確保機場設施可良好運作，並提早發現可能的潛在問題。

## 1.3 工作項目

本計畫主要工作項目如後：

### 1. 需求訪談

本計畫須對民航局、桃園機場公司等實務單位進行訪談，以釐清與國際機場運作相關實務規章與習慣、本軟體系統未來使用者之需求，以及對本軟體之期待。

### 2. 系統分析

使用者之需求將成為設計軟體之重要依據。在訪談的過程中以及完成訪談之後，計畫研究人員需要由使用者所表述之需求中，由軟體設計之觀點歸納出其真實需求。之後再分析所有需求，依邏輯一致而且資訊技術可行之原則，將所有需求項目納入完整的架構中，據以檢驗使用者之需求是否有相互矛盾或有所遺漏。

### 3. 系統設計

系統分析與系統設計均為軟體設計之一部分。前者將使用者之需求做有系統之整理，並組合成為具一致性、邏輯完整之架構；後者則設計軟體模組以達到所需求之功能，並設計軟體架構以承載所有模組。

#### 4. 建立軟體雛型

本工作項目主要是依系統分析及系統設計之結果，開發程式以實做軟體雛型及應用軟體。

#### 5. 動畫展示

完成動畫展示。

#### 6. 文件

本計畫除需撰寫報告書及技術報告以外，並製作海報及影片電子檔。

#### 7. 其他

本計畫工作項目尚包括定期辦理工作會議及座談會，以及將研究成果投稿公開發表。

表 1-1 工作項目及章節對照表

| 項次 | 工作項目   | 報告書章節/辦理內容                                                |
|----|--------|-----------------------------------------------------------|
| 1  | 需求訪談   | 第三章                                                       |
| 2  | 系統分析   | 第 4.2 節                                                   |
| 3  | 系統設計   | 第 4.3 節                                                   |
| 4  | 建立軟體雛型 | 已完成                                                       |
| 5  | 動畫展示   | 已於座談會完成動畫展示                                               |
| 6  | 文件     | 已完成報告書、技術報告、海報電子檔及影片電子檔                                   |
| 7  | 其他     | 已完成每月工作會議<br>112 年 10 月 22 日完成投稿<br>112 年 10 月 23 日已舉辦座談會 |



## 第二章 文獻回顧

本章先回顧本所歷年以系統模擬為主要技術之相關機場空域、空側模擬及容量研究成果，並蒐整說明國際與國內等相關文獻，其中國內研究以碩士論文為主，多數使用商用套裝軟體，開發模擬模式者為少數。

### 2.1 本所歷年相關研究成果

本所在本計畫相關領域已經累積一定之研究成果，為本計畫最重要的技術基礎，以下為相關研究成果之簡要回顧。

#### 1. 構建空域模擬模式之研究-以臺北終端管制區域為例<sup>[1]</sup>

本所於 106 年開發涵蓋終端管制區域以及機場空側之模擬模式。該研究最重要之成果突破，為確認模擬模式應以近場臺管制員、塔臺管制員以及停機位指派人員之決策思考為實際之主要模擬對象，而非航空器本身在空中或地面之移動過程。這種模擬方法以人為中心，將操作者的思維、判斷和決策納入模擬分析中，較接近真實的狀況。其中近場臺管制員負責監控和協調航空器在機場附近空域的活動、塔臺管制員負責引導航空器在起降和地面滑行期間的移動，而停機位指派人員則負責分配和指定停機位給航空器。

本研究分析發現，雖然航空器本身在空中或地面的移動是機場運作的重要組成部分，但航空器的移動過程僅為表象。操作者的思考和決策才是決定機場運作的重要考量因素。在此原則下，模擬過程之表現方式雖為航空器在空中或地面之移動過程，然在模擬模式中則視為是表現管制員與停機位指派人員意志之方法。而配合真實狀況在不同席位之管制員以及停機位指派人員之間，模擬模式處理資訊流動之方式，亦為本研究之重要成果。本研究之成果成為後續相關系列研究之重要基石。

具體而言，本研究開發了空域模型、地面模型、與停機位分配模型等 3 個核心模式，並組合成為完整的模擬模式。在空域模型方面，本研

究著眼於終端管制區域，以節點和節線的形式呈現所有進場和離場航路。這些航路包括了標準儀器飛航航路和雷達引導航路。網路之每個節點都具有經度、緯度、高度和速率等四維度屬性。

模擬過程中，軟體分兩個階段生成該網路。在模擬之前的初始化階段，模式先產生成所有節點的經度和緯度等基本資訊。之後第二階段在模擬過程中，再根據每個進場或離場航空器進入終端管制區域時的航情和其他需求，生成該航空器所使用的航路上各節點的高度和速率屬性。亦即模擬模式在模擬進行過程中，依各航空器的特定需求和航路情況，動態生成符合要求的航路網路。而網路之每個節點都具有其自身的空間坐標和運動特性，其中亦包括高度和速率。這使得模擬模式能夠更精確地模擬終端管制區域內航空器的航行狀態和管制員對航路的選擇。

在地面模型方面，本研究亦使用網路呈現了機場系統中的跑道、滑行道與停機位。由於跑道在同一時間僅可能容納一架航空器使用，因此在模擬模式中將跑道視為單一節點。這種邏輯上的設定使得跑道節點成為空域網路和地面網路之間的連接點。在此網路中，所有停機位和滑行道的連接點和交叉處都被視為節點，並且根據實際的機場滑行道幾何配置情況進行節線連接。

在模擬過程中，航空器按照其移動和停留的方式，依序占用其移動路徑上的各個節點與節線，而占用時間則根據模擬需求進行設定，例如航空器對於跑道節點的占用時間是指起飛或降落時占用跑道的時間長度，而對於停機位節點的占用時間是指使用該停機位的時間長度等。這種節點占用的方式使得模擬模式能夠模擬航空器在地面運行時的實際情況。航空器依演算法計算所得的航路和停留時間占用相應的節點。

停機位分配模型則以類似桃園機場公司真實作法而構成。桃園機場公司之停機位指派工作可區分為次日停位指派與當日停機位指派兩部分。其中次日停機位的指派之目的在為次日需要使用停機位的航空器適當地指派可用的停機位。依規定航空公司或其代理應在每天下午 2 時之前完成對次日需求的登錄，再由航務人員在下午 8 時之前完成停機位的預排工作。此一預排結果並當天傳送給各航空公司進行複核，並提出任

何變更申請。隨後，工作人員將進行調整。所有的定案必須在晚上 12 時 59 分之前完成並發布。此種流程使得次日停機位的指派工作得以按時進行，確保航空公司能夠預先了解其航班的停機位安排，並進行相應的準備工作。同時亦有助於機場的營運部門合理安排停機位資源，確保機場運行的順利和高效。

至於指派當日停機位的工作主要是為了配合航空器的提前或延後起降、分析之機場及鄰近機場的流量控制，以及其他臨時狀況。該研究訪談發現，實際使用的停機位與前一天指派的停機位不同的機率相當高，有時甚至可能達到一半。在指派當日停機位時，所需要遵守之規則及限制與指派次日停機位時相同，但考慮的因素不同。在此主要的考慮因素包括：盡量減少變動、需變動時原停機位與新停機位的所在位置盡量接近、盡量提早決定停機位變動以利航空公司配合等。在指派當日停機位的過程中，必須考慮到航空器的具體運行情況和需求，同時也要兼顧機場的運行需求和資源分配。

除了模式之外，該研究亦依所建立之模擬模式，開發軟體雛型。該軟體由數學演算模組、模擬模組、視覺呈現模組、以及統計模組所構成。其中數學演算模組是軟體的核心部分，主要功能是在依據模擬模式中所考慮的參數和變數，進行數學計算和演算。使用者利用該模組可以進行模擬運算，再利用所產生之數據由各面向進行分析。視覺呈現模組負責將模擬模組所生成的數據和結果，以視覺化的動畫方式呈現出來。雖然動畫本身並不產生新的數據，但卻是一個檢視模擬完整性的有效工具。使用者可經由對動畫的觀察，檢視模擬模式之邏輯合理性，以及考慮因素的完整性。最後，統計模組之功能則在對模擬結果進行統計分析和評估。此模組獨立於模擬之外，計算並分析模擬結果中的各種指標和參數、提供相關的統計報告和分析結果。

## 2. 空域模擬模式功能擴充之研究<sup>[2]</sup>

本研究為本所於 107 年所執行之研究。本研究以前期<sup>[1]</sup>成果為基礎，進一步釐清了近場臺管制員、塔臺管制員以及停機位指派人員於形成其決策時，各類人員所應遵守之規則與限制，並且開發了模擬其價值取向

的技術。例如，模擬塔臺管制員在引導航空器於空側滑行時，模擬模式中滑行路徑之規畫如何反映該管制員在滑行距離與場面擁塞之間取捨選擇，即為本研究成果之一。此外本研究並規畫模擬軟體之架構並進行實作開發。

此外，本研究亦持續強化前期<sup>[1]</sup>所開發之三個主要模型。在空域模型方面，本研究改善了模型中各航空器間的水平隔離和垂直隔離演算，以提高電腦求解時的演算效率。同時，亦使模擬中的近場臺管制員能夠在航空器抵達交管點之前的適當時間內獲取相關資訊。這使得模擬更貼近真實情況，較接近臺北飛航情報區的管制員根據雷達觀測到的實際狀況進行航空器引導的實際狀況。

在地面模型方面，本研究重新設計了航空器在場面滑行路線的求解演算法，將「滑行路線的決定」和「航空器的移動」兩者明確地分開。這個設計的目的是為了更細緻地模擬不同角色的行為：塔臺管制員引導航空器的滑行路線，而航空器駕駛員則自主決定滑行速率，以及面對前方障礙時的停等行為。藉由將滑行路線的求解和航空器的移動分開處理，模式能夠更精準確表現不同參與者在滑行過程中的角色和決策，亦即在模擬過程中，虛擬的塔臺管制員可以根據實際情況指引航空器經過最有效率的滑行路線，而虛擬的駕駛員則根據航空器的性能和運行要求，自主調整滑行速率，並在遇到障礙物時做出適當的停等決策。在停機位分配模型方面，則調整數學模式，以更精準描述航空器使用停機位之限制與規則。調整過後的數學模式有更佳的能力可供使用者經由參數的設定與控制，而反映出其對停機位的種類和分類、停機位的可用性、航空器的尺寸和特性、停機位之間的空間配置、以及停機位使用的時間限制等實務因素之考量。

### 3. 國際機場空側設施容量評估方法初探<sup>[3]</sup>

本所於 107 年執行完成本研究。其內容蒐集整理國外空側設施之容量分析方法以及相關套裝軟體之應用經驗，彙整後建議適合我國國際機場空側之容量推估方法，並且指出應注意之課題。

桃園國際機場做為我國最主要機場與國際航空運輸樞紐，近年來其

航空運量呈現快速成長的趨勢。然而，隨著航班數量的增加，機場的空域和空側設施變得相對壅塞，這使得航班調度變得更加困難。特別是在現有的營運需求和管制限制下，桃園機場的跑道容量成為一個令人關注的焦點。當天氣惡劣和尖峰時段同時發生時，跑道容量不足的問題尤為明顯。為了達到空域的最佳運用，民航局曾在民國 99 年完成對桃園機場和松山機場空域現況的分析和評估，並制定了雙跑道的容量上限。然而，該容量限制至今仍然沿用，是否需要進行更新檢討，仍待釐清。此外，預計在 114 年，桃園機場將完成第三條跑道、滑行道系統和機坪系統的建設。如何評估擴建後的空側設施容量，以便了解未來供需情況，並預測和調整整個機場空側設施的運作，將成為一個重要的課題。

本研究旨在回顧機場空側設施容量的影響因素和評估方法，收集國外關於空側設施容量分析的方法和套裝軟體應用經驗，並初步分析和建議適用於國內國際機場的空側容量估算方法，以及應注意的議題和後續研究建議，以供未來相關研究的參考。這項研究將有助更全面地評估機場空側設施的容量，並提出相應的改善措施，以確保桃園機場能夠應對未來的航空運輸需求。

#### **4. 國際機場陸側設施容量評估方法初探<sup>[4]</sup>**

本項為本所於 108 年進行之研究，回顧了機場陸側設施容量之主要影響因子，以及其評估程序。同時並由相關文獻中歸納傳統及智慧機場之容量評估方法。本研究亦經由實務單位之訪談，整理我國桃園國際機場陸側設施現況及未來規畫，以及容量評估之狀況，釐清相關課題。

#### **5. 應用模擬模式建立國際機場空側容量評析方法之研究(1/2)-臺北松山機場空側容量評估與分析<sup>[5]</sup>**

本研究於 110 年進行完成。此研究以過往研究<sup>[1,2]</sup>所開發之技術為基礎，聚焦於機場空側，並探討將模擬技術應用於容量評析之方法。過程中並訪談交通部民航局以及桃園機場公司。該研究釐清確認機場空側容量分析之主要標的應為跑道、滑行道及停機位。而最重要的成果之一是由容量分析之立場建立機場空側之抽象模型，並確認模型中影響空側容量之參數項。

穩定態 (steady state) 為該研究最重要的基本假設之一，指整個系統不隨時間之推進而變化之狀態，亦即無論在任何時間，系統的容量都是相對穩定的，並不會隨著時段的變化而有所不同。在穩定態假設下，模擬的時間範圍不具有起始和終止的意義，也沒有尖峰和離峰時段的概念。分析結果所得的容量可以被解釋為該機場整體或個別設施的容量，而不是在特定高峰或低峰時段的容量。穩定態是模擬時常用的假設，它假定了機場或設施的運作在長時間內保持相對穩定的狀態。這種假設有助於使用者獲得一個整體的容量指標，以評估機場或設施的實際運作能力，但亦有其限制。

此外，本研究亦著眼於分析跑道、滑行道及停機位各別之容量，而非相互影響下之整體容量。就機場之運作分析而言，每個部分的容量限制可能會對整個機場的運作產生影響。例如，若某機場的跑道容量非常有限，即使其滑行道和停機位的容量很大，也可能會因為跑道的限制而無法有效運作。因此個別導向之容量分析有其重要性。本研究並開發一套有系統之方法，可藉由跑道、滑行道及停機位各別分析之結果評估機場的運作效能和瓶頸，據以幫助我們確定需要改進或優化的區域，以提升整體的運作效率。

本研究所開發的機場空側容量分析方法應用可以分為兩個階段。第一階段建立了在各種不同設置條件下，跑道、停機位和滑行道的容量。這些設置條件並不需要與任何特定機場的真實情況相關聯。因此應用本研究成果時，可以使用這些技術，根據實際應用需求先準備各種不同設置條件下，停機位和滑行道的容量相關數據。在需要分析某特定機場在某特定情境下的容量時，則可以利用這些容量相關數據來得到所需的容量和相關數據。

此研究認為在跑道、停機位及滑行道等空側設施的容量分析中，影響其核心因素的因素有很多，包括天候條件、航班數量、機型種類等等。而這些因素與核心因素之間的具體關係因機場而異，需要長時間觀察及統計分析才能得到。因此，對於松山機場這樣的機場來說，長期觀測並整理各種核心因素數據，有其高度必要性。機場管理單位可以長期累積

的數據為基礎，制定出合理的運作模式及設施配置方案，並利用本研究  
所開發的方法進行容量分析評估，以確保機場的運作效率。

由於模式設計之彈性，本研究所開發的方法亦可應用於其他相似類  
型的機場，幫助機場管理單位更好地了解其空側容量，制定更為合理的  
運作方案。

## 6. 應用模擬模式建立國際機場空側容量評析方法之研究(2/2)-桃園機場 空側容量評估與分析<sup>[6]</sup>

本所於 111 年完成本研究。該研究亦聚焦於空側，將前期<sup>[5]</sup>所提出之  
抽象模型及其參數項予以組織並具體化，同時將這些參數項進一步對應  
到實務參數。考量本計畫之開發方向與前期<sup>[5]</sup>方向之差異，本計畫對  
基本假設，以及前期所開發之容量評析方法與參數項均有相當之修正。  
其主要差異在取消前期穩定態之假設，並將分析之主要著眼轉向跑道、  
停機位和滑行道之整體容量而非個別容量，以納入更多對各種設施間相  
互影響的重視。例如，由於航空器需要在跑道上完成起降，並通過滑行  
道在停機位與跑道之間移動，因此跑道的容量限制可能會影響到滑行道  
和停機位的運作效率。

該研究最重要的成果是完成了一組可描述機場空側中，多數航空器  
在跑道、滑行道及停機位之間活動的抽象模型。該模型採邏輯與數據分  
離之架構設計，將邏輯內建於模型中，並據以開發軟體；數據則設計成  
為參數，由使用者設定其值。機場空側之跑道、滑行道及停機位各有其  
邏輯，而共通之基礎則為「占用」之概念：航空器在起飛與降落時占用  
跑道、在滑行過程中占用滑行道之一部分空間、停留時則占用停機位。

可描述機場空側的一套參數架構，為本研究重要成果之一。在跑道  
方面，該參數包括使用時間和間隔時間。使用時間是指每架航空器在跑  
道上的實際運行時間，它直接關係到跑道的有效利用；間隔時間則是指  
前後使用相同跑道或不同跑道的航空器之間在跑道上的時間間隔，對跑  
道容量亦有影響。在滑行道方面，所考慮的參數則包括場面佈置、滑行  
速率、後推時間、轉向參數和塞車權重。場面佈置指的是滑行道上停機  
位的配置方式，它影響著航空器在滑行道上的移動路線和時間。滑行速

率則關係到航空器在滑行道上的移動速率，將直接影響滑行道的容量。後推時間是指航空器使用拖車以離開停機位之後，到開始以自身動力滑行之間所需的時間，用以執行卸拖車、卸耳機線等作業。轉向參數則用以供模擬系統計算各航空器在滑行過程中因轉向而損失的時間，影響著滑行道的容量和運轉的流暢性。最後，塞車權重則用以表現管制員在引導航空器滑行路徑時，在避免擁塞與尋求滑行路徑長度最短兩者之間的相對重要性。在停機位方面，該研究則考慮了機位的分類和使用時間長度參數。此種設計允許使用者依據不同機型、航空公司需求及其他任何考量，對停機位進行分類，用以供使用者影響模擬過程中系統對停機位的分配和使用。

本研究並首次使用桃園國際機場之真實運轉紀錄進行測試，並在民航局及桃園機場公司等實務單位協助下完成模擬成果之驗證，使我國自主擁有機場空側模擬分析技術。

## 2.2 國內文獻

國內對於空域與空側模擬之相關研究並不多，其中又以碩士論文為主。這些論文均各有其特定之分析主題。在模擬技術方面，文獻<sup>[7]</sup>提出 ANS (Air net simulation) 模擬模式。此模擬模式採事件模擬方式進行，屬微觀之模擬模式。於執行模擬時，系統維持一「事件排程表」，據以管理過程中所使用之各事件。該模式將航空器在終端管制空域之飛行及由機場起降之過程區分為多種狀態，包括抵達到場交管點、等候進場、等候起飛、使用跑道、抵達離場交管點、進坪等。模式將各種狀態均以節點代表之，並以節線代表航空器在可各種狀態之間轉換之可能性，例如航空器可由抵達到場交管點之狀態轉換為等候進場之狀態，之後再轉換成為使用跑道之狀態，再轉換成為進坪狀態。因此模式中有節線由抵達到場交管點之節點連結至等候進場節點，並有節線再連結至跑道節點，亦有節線由跑道節點連結至停機坪節點。然而航空器並不可能由抵達到場交管點之狀態直接轉換成為進坪狀態，因此模型中亦無節線由抵達到場交管點之節點直接連結至停機坪節點。其軟體分為資料庫模組、網路模組、以及模擬模組等三個主

要模組。系統在模擬模組下，再建有 7 個模組：航機產生模組、起飛等候模組、跑道管理模組、脫離跑道模組、離到場模組、進場模組、與接續班機模組。此模擬模式有能力模擬個別航空器在空域與空側之狀態變動，但模式中並未真實表現滑行道系統，因此亦無能力表現航空器在具體跑道、滑行道及停機位之間的活動。此模式亦應用於我國其他終端管制區域之模擬<sup>[8]</sup>。

周立偉<sup>[9]</sup>以上述 ANS 模式為基礎架構，納入航空器於空側活動之狀態，包括橫越跑道、滑行、登機門等，用以構建一個能夠模擬多平行獨立跑道的機場空側模擬模式，以對機場空側運作進行微觀模擬。該模式之主要功能包括跑道指派、登機門指派、最短滑行路徑的選擇以及各空側設施的等候延滯現象之評估等。模擬過程中允許使用者指定航空器使用的跑道，或者根據各跑道等候線上的航空器數目選擇等候數目較少的適當跑道作為起降跑道。在登機門方面，模式亦允許使用者指定航班所使用的登機門，亦可由模式根據航機所屬航空公司和機型大小自動選擇適用的登機門。至於滑行路徑則亦容許使用者指定各航空器之滑行路徑，同時模式亦可計算滑行之最短路徑。然論文並未明確說明滑行道系統在模式中之表現方法。

該論文亦對桃園國際機場進行情境分析，所得之主要結論顯示當機場的航班次數增加時，航機的各项延滯現象也相應增加，而增設登機門可以減少航空器之登機門等候時間。而論文亦發現桃園國際機場增設第三條跑道之後，新跑道僅供降落之用可能是最好的選擇。

之後郭權鋒<sup>[10]</sup>使用 SIMMOD 軟體模擬北高空運走廊之運作。該論文採用 SIMMOD 建立模擬模式，對北高空運走廊的雙機場系統進行分析。同時考慮國內機場的發展和運量增長，建立了若干發展情境，以進行對國內多機場系統主幹的模擬應用分析。研究中使用了 Gilbo 機場容量曲線推估方法，結合所開發之數學模式，利用航班增量的方法生成足夠的起降架次數據，以估算松山機場和高雄機場的跑道運作容量。該論文之研究結果顯示，松山機場的容量為每小時 36 組起降，而高雄機場的容量為每小時 34 組起降。此外，該研究亦發現其模擬模式可以計算機場跑道的剩餘起降時間帶。

之後張仁達<sup>[11]</sup>自行開發軟體，以離散事件模擬方式進行臺北飛航情報區之空域模擬，同時並探討其餘各終端管制區域之模擬架構。該研究採用系統模擬法，參考國內外已發展的空域模擬模式，建立一個完整的模擬架構和方法，可作為研究流量管制的基礎。本研究涵蓋了多個方面，包括管制空域分類、航空器特性、航空器隔離、航空器速度調整、匯入航路的優先順序、雷達引導、高度隔離和飛航空層等。該研究在管制空域分類方面將不同的空域進行分類，以確保模擬的合理性。同時亦考慮了航空器的特性，如機型和性能以及航空器之間的隔離距離等因素。模式行為則包含了航空器速度的調整和匯入航路的優先順序，以呈現實務上常用通過對航空器速度的調整而控制空中交通流量，減少擁塞和延誤之作法。在匯入航路的優先順序方面則考慮了不同航班的優先級，以及如何合理地安排航班進入匯入航路等因素。模式中亦納入雷達引導、高度隔離和飛航空層等方面之考量。其中雷達引導為實務管制人員常用之工具，而高度隔離則是確保不同航空器在垂直方向上的安全間隔，從而避免碰撞的發生所不可或缺，而模擬模式之飛航空層的劃分則亦實務作法為之。

張仁達<sup>[11]</sup>之模式的特點在於使用節點和節線構成空域網絡。每個節點都具有最小等待時間、容量、等待策略、到達節點的順序等屬性。而每個節線都有速率限制、飛行空域限制、容量限制、雷達引導時間、是否允許超越前機等屬性。空域節點的設計還包括預計到達佇列和等待佇列。在模式中，節點代表空域中的關鍵位置，並具有多種屬性，以在模擬過程中呈現航空器的運行狀況。節點的最小等待時間屬性確保了航空器在節點處的最低等待時間，而容量屬性則代表每個節點可以容納的航空器數量，並可根據需要進行調整。等待策略則定義了航空器在節點處等待的方式和優先順位級，以達到使用者對模擬過程的控制。

模式中之節線則表示空域中的航路或航線，亦具有多種屬性。速率限制表現了在節線上航行的航空器的速度限制，以確保此部分之合理模擬。容量限制則規定了節線上可以容納的航空器數量。節線亦存有雷達引導時間，用以表示航空器在節線上飛行時所需的時間，以確保航空器在合理之時間進入下一個節點。節線亦可設定是否允許超越前機，以有效控制模擬過程。每一空域節點亦設計有，預計到達佇列和等待佇列。

本模式所產出之結果通過統計的一致性檢定結果，顯示其能夠適切地反映實際航機運作情況。而進行敏感度分析則發現，節點的不同等候容量和等候策略的組合會對模擬結果產生相當大的差異。因此該論文建議在設計模擬時，應根據空域節點的特性給予適當的設定。然而真實狀況中，在空域飛行的航空器並無等候容量、等候策略等屬性。這些均為模擬模式進行其運算而創造。該論文對此一高度敏感性之設定因子如何在真實世界中尋得對應，並無深入之探討。

另外，模擬結果亦發現機場跑道容量是影響空域延滯的主要因素。機場跑道容量的增加或減少將直接影響到航空器在機場附近的運作情況。此一觀察顯示在設計和管理空域時，需要具體考慮機場跑道的容量。

李昀諭<sup>[12]</sup>亦以 ANS 架構為基礎，擴充其架構及功能，以探討天氣變化及跑道方向變換之狀況。該研究認為桃園國際機場將兩平行跑道視為一條跑道時，其終極跑道容量約為每小時 77 架次；若以 4 分鐘為可容忍延滯，則跑道容量約為每小時 74 架次。在另一方面，若該機場之兩平行跑道獨立運作，則該研究認為跑道容量將約為每小時 90 架次。該研究亦發現當跑道方向改變時，在短時間內航機起降架次數將明顯減少，並在一段時間之後恢復。而航空器放行時間間隔愈大，單位時間航機起降數將愈小。研究之另一發現為航空器在地面的總滑行時間將隨滑行距離之增加而增加。

俞瑞華<sup>[13]</sup>之論文使用 ANS2.0 模式以探討三種飛航管制策略之績效，分別為「交通量儀控策略」、「流量管制策略」以及「近場台管制策略」，並以系統模擬的方法評估各種策略可能產生的績效。這三種策略各有其特性，交通量儀控策略在模式中定義一個位在空域之節點作為瓶頸，並在模擬過程中預設可進入此瓶頸節點之航空器數量，當數量超過預設之限制時則令航空器轉向或延後進入。流量管制策略則在空域定義流量管制之範圍，並在模擬過程中調整通過位於此管制空域邊界的航空器間之隔離時間與降低飛行速率以達到控管進入該管制空域範圍航空器數量之效果。最後，近場台管制策略則在系統模擬過程中利用調整到場空器之飛行速率與空中等候時間，同時並安插離場班以適當安排離場與到場航空器之順序以更充分利用跑道資源而提升運轉效率。模擬過程使用虛擬班表，並以「航機延滯」、「跑道使用率」及「空域管制量」做為觀察指標。該研究發現在

擁擠時，近場台管制策略為三者中效果最為顯著者，而其餘二種策略僅能夠解決空域之擁擠情況，必須進一步配合適當的地面等候策略才能提高整體績效。

吳世偉<sup>[14]</sup>使用 SIMMOD 商用軟體以進行延誤在航班之間擴散之現象。該研究發現增加進場航空器之空中隔離可使離場航空器較易穿插在進場航空器之間起飛，可減少離場航班之平均延誤時間，但也會增加延誤的擴散。此外，該研究亦發現變更跑道起降方向時，在最初 15 分鐘內大約僅有 2 至 3 架次之起降。此研究之另一發現是，變更跑道起降方向時，不論是到場或離場之航班，其等候時間均會增加。

彭冠儒<sup>[15]</sup>使用 SIMMOD 進行桃園機場與松山機場之多機場模擬，用以分析臺北終端管制區之離到場隔離標準。此研究著眼於亞洲地區航空運輸的持續增長使得臺北終端管制區內的桃園國際機場和松山機場面臨著日益嚴重的空域擁擠問題。這兩座機場地理位置相近，而管制空域也存在重疊的情況。隨著航空交通量的大幅增加，空域的分配變得擁擠，同時桃園機場經常進行跑道整修工程使得機場常依賴單一跑道進行運作，進一步加劇了航班延誤的問題。因此，航空運輸需求的持續成長，使得桃機與松機兩個機場所面臨的挑戰也變得越來越複雜。現有的空域設計和管制系統面對日益增長的航空交通需求，使得航空公司、航空管制機構均面臨壓力。而航班延誤不僅對航空公司的運營效益產生負面影響，也影響旅客的行程安排和體驗。

該研究認為解決這些問題，需要採取一系列的措施來提高機場和空域的運作效率，包括擴建機場設施、增加跑道容量、改進空中交通管制系統以及優化航班運營策略。而研究之目的，即在運用 SIMMOD 建立一個包括了桃園國際機場和松山機場之多機場模擬模式。SIMMOD 是一種廣泛應用於航空交通模擬的工具，它能夠模擬機場和空中交通流量的運作。使用者可用以建立一個模擬模式，將桃園國際機場和松山機場納入其中，並考慮到它們的地面跑道系統。該模式將空域的複雜性簡化為兩個機場的標準進場路徑和標準離場路徑，同時建立地面跑道系統，以在模擬模式中重現這兩個機場的運作情景。

此論文採用飛航數據處理系統中的長期飛行計畫來驗證所建立的模

擬模式，並核對分析結果與實際進場航機進入終端管制區至降落的時間。而使用定期班表數據進行離場與到場之間的隔離標準分析模擬，則用以推估真實的航班數據的離場與到場之間的隔離標準以及空域容量是否能滿足使用需求並提高使用效率。該研究亦透過飛航數據處理系統獲取大量的飛行計畫數據，其中包括航班的出發地、目的地、預計起飛時間、預計降落時間等項目。

以上論文依其使用之模擬技術可大略區分為三類。部分論文使用自行開發之 ANS (Air Net Simulation) 模擬模式<sup>[9, 8, 12, 7, 13]</sup>、使用 SIMMOD 軟體<sup>[10]</sup>、以及自行開發模式者<sup>[11]</sup>。

## 2.3 國際文獻

於公開可搜尋之領域中，並未發現具體闡述機場空側運作模擬分析完整技術之文獻。套裝軟體內部所使用之模式等核心技術，則各屬商業機密，並不公開。於開放參考之領域僅能取得有限之使用方法說明（例如教學手冊<sup>[16]</sup> 或使用經驗<sup>[17]</sup>）。在學術文獻方面可大體區分為系統最佳化與系統模擬 2 大類，其中前者多以跑道、滑行道及停機位 3 種重要設施其中之一為研究對象，提出最佳化其運轉效率的方法；此類文獻數量相對較多。而後者則提出系統模擬的架構，文獻數量相對較少，以下擇要回顧之。

### 1. 跑道效率最佳化文獻

此類文獻大都聚焦於跑道，提出數學模式與求解演算法以尋求可達到最高效率之起飛或降落順序。其中有部分文獻僅考慮單跑道之降落順序<sup>[18]</sup>，或多跑道機場之跑道指派並安排降落順序<sup>[19]</sup>，或起降同時考慮<sup>[20, 21, 22]</sup>。所有這些研究成果均假設在跑道起降之航空器均為已知，而且均可事先得知其需求之時間窗，而且航空器均可為提高跑道使用效率而配合調整其起降順序。

### 2. 滑行道效率最佳化文獻

此類文獻大都考慮滑行路線以及航空器時程二項因素，而提出最佳化模式以求解安排所有航空器完成其滑行操作之最佳方式，包含路線規

畫以及滑行過程中之時刻安排。常用之模式則有使用混合整數規劃<sup>[23, 24]</sup>、拉氏鬆弛法<sup>[25]</sup>、蟻群演算法<sup>[26]</sup>、A\*演算法<sup>[27, 28]</sup>等。

### 3. 停機位效率最佳化文獻

此類文獻之目標在求解最佳化之停機位分配方式，其中又可分為由乘客立場進行最佳化<sup>[29, 30]</sup>，與由機場或航空公司立場進行最佳化<sup>[31, 32]</sup>等 2 大類，亦有 2 種立場均一併納入者<sup>[33, 34]</sup>。這些研究成果之模式均未考量停機位與滑行道之相互影響。

### 4. 系統模擬文獻

系統模擬是一種分析機場運作的有效先進技術<sup>[35]</sup>。文獻中可見到利用系統模擬技術分析機場陸側之旅客流動<sup>[36]</sup>、機場之碳足跡<sup>[37]</sup>、行李處理系統<sup>[38]</sup>、以及空側活動<sup>[39]</sup>等。值得注意的是，雖然文獻可見多數可針對跑道、滑行道、停機位等個別設施求解高品質排程之模式，但大都無法融入模擬模式中。原因在於各個最佳化模式各有其不之假設以及輸入、輸出項目，且針對個別設施之排程結果亦往往互不相容<sup>[40]</sup>。因此在文獻中可見之模擬模式大都以較簡化之方式處理排程，例如所有航空器均採用固定滑行路線<sup>[41]</sup>、一律使用最短路徑<sup>[42]</sup>、或完全不考慮滑行道之複雜交互影響<sup>[43]</sup>，以避開精巧、完整的模式彼此互不相容之困難。

## 第三章 軟體使用者需求

### 3.1 基本說明

基於本計畫之性質，本軟體系統係以「量身訂做」之高度客製化方式進行設計與開發，有別於以現貨上架供消費者選購之軟體開發模式。所謂「量身訂做」，指軟體之功能設計係以未來使用者之需求為最主要考量。因此在進入軟體設計與開發階段之前，必須先釐清未來使用者為何，之後對其進行訪談以瞭解各使用者對軟體之需求。而所謂使用者，指實際操作本軟體作為工具以進行其職掌業務之人員，亦即未來直接使用該軟體之人員。

訪談使用者的目的在於了解他們對軟體的需求及期待。透過訪談，開發團隊可以了解使用者需要哪些功能來協助其工作，以及使用者對軟體的期待和建議。開發團隊可以藉此了解使用者的需求，並在軟體開發過程中納入這些需求。除了使用者之外，有時非使用者亦會提出對軟體設計之意見。這些意見之納入必須審慎為之，以確保軟體之功能符合真正使用者之功能需求。同時亦應避免過多使用者不需要之需求造成軟體不必要的複雜性，同時又分散設計、開發軟體之寶貴資源。所需要瞭解之使用者主要需求項目如下：

1. 使用者對軟體之想像與期待。
2. 使用者希望軟體對其業務提供的協助。
3. 使用者在目前，尚未有本軟體協助之狀況下是如何完成其業務的。
4. 使用者期待本軟體的完成與投入上線對其業務內容、工作流程或與相關人員合作方面所帶來的改變。
5. 使用者希望在其工作過程中軟體的操作方式。
6. 使用者希望的軟體數據呈現方式。
7. 使用者期待軟體如何與其工作環境中其他軟體相互搭配。

8. 使用者期待軟體如何提供協助，以與其他人員協同工作以完成任務。
9. 軟體系統中，與使用者業務相關重要項目之基本定義。
10. 使用者應用該軟體時之資訊環境。

使用者需求訪談是軟體開發初期最重要的步驟之一。軟體開發者必須確實瞭解使用者之需求，而使用者之需求亦將形塑軟體之功能與架構。由於使用者與軟體開發者，兩者立場、出發點及技術專長之差異，使用者所表述之需求並不能直接作為軟體功能設計之用。軟體開發者須要在完成訪談之後，有系統整理使用者所敘述之功能需求。在這過程中並常需要濾除不可能達成或超過軟體範疇之需求，並排除各項需求間之相互矛盾。之後再據以設計足可容納所有需求之軟體架構。其作業流程如圖 3.1 所示意。

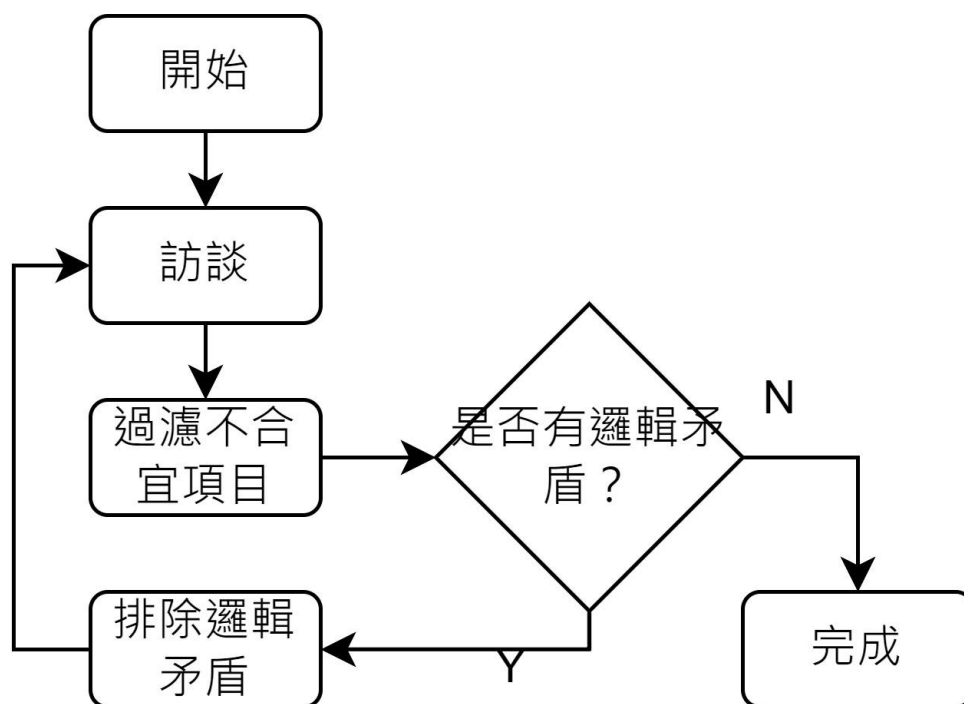


圖 3.1 需求整理歸納流程圖

為了減少溝通誤差所造成之影響，經整理之使用者需求仍需經過使用者之再次確認，目的在確保經過整理歸納之需求，與使用者之預期相一致。經過確認之需求將作為後續軟體系統分析、系統設計、系統實作乃至於完成之後使用者接受之最重要依據及標準。

修正經確認過後需求為軟體開發實務過程之常態，亦有其必要性。在需求訪談及整理歸納過程中雖已力求內容具體，但常不可避免仍有不足之處。而在進行系統分析、設計與軟體實作之時，亦常進一步發現需要修正需求之處，或發現有更佳之解決方案。此時均需要修正已確認之需求。上述需求之確認與後續修正之流程如圖 3.2 所示意。如該圖所示，隨著軟體分析、設計、實作之進展，修正需求內容之可能性始終存在。然而隨著進度之進行，修正需求之彈性將快速降低。亦即愈到後期，每次修正需求之伴隨代價可能愈高，同時修正之可行性亦愈低。因此確實確認需求，並早期發現必須之修正，實有其必要性。

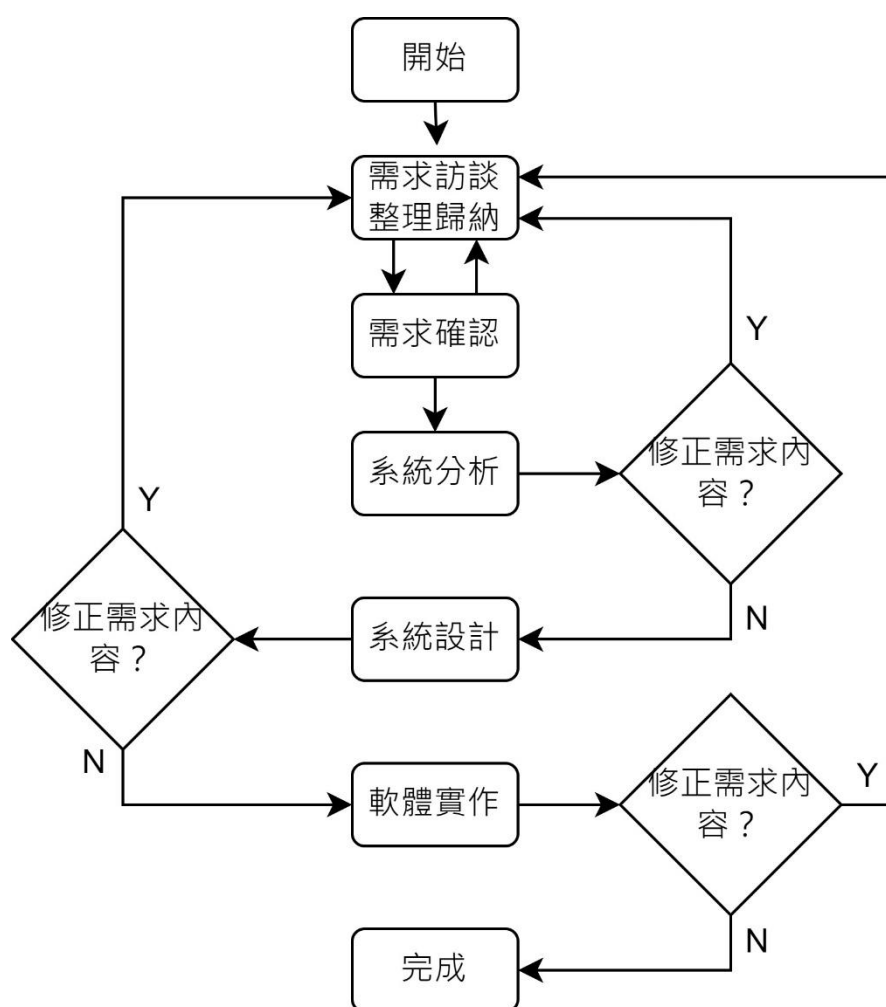


圖 3.2 需求確認流程圖

經多次討論與徵詢，確認本軟體之未來使用者將涵蓋桃園機場公司、民航局及本所，而各單位對本軟體之應用均以桃園國際機場為主要標的。

本計畫進行過程中已對交通部民航局、桃園機場公司及本所完成 8 次訪談。依訪談內容歸納，此三單位之未來使用者對本軟體之期待角色各不相同：交通部民航局使用者期待本軟體可作為其執行督導業務時檢核運轉績效、檢驗決策方案之工具；本所使用者期待本軟體可作為其未來機場相關計畫審議時瞭解不同方案下機場可能運轉狀況之工具；而桃園機場公司使用者期待本軟體所提供之主要用途為做為機場維運時之決策輔助之用。所有使用者需求均以民用航空為範疇，訪談結果充分而具體顯示了 3 個不同單位之使用者將由不同的面向使用同一軟體工具，如圖 3.3 架構圖所示。

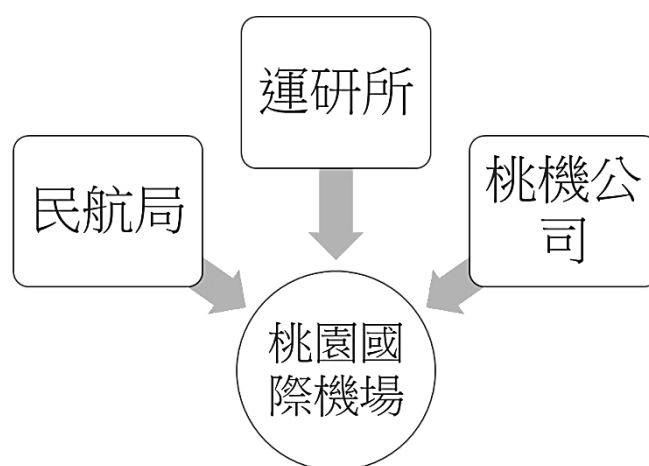


圖 3.3 需求單位架構圖

## 3.2 參數項目需求

軟體係依需求文件而設計，而需求文件則是整理自訪談時使用者所表達之需求。訪談過程可觀察到絕大多數使用者均期待軟體系統允許其依分析目的而自由設定多項屬性，例如航空器滑行速率、航空器於停機位執行地停程序時所需要之時間長度等，使用者均需要軟體系統提供自由設定之機制，而非預設於系統中。為了達到使用者所需要之彈性，軟體系統必須在核心技術容許範圍內，提供使用者設定屬性之機制，而參數即為供使用者設定屬性之媒介。相對的，對於使用者不需要彈性設定之項目，則可由軟體自行預設，不需要配置可供使用者設定之對應參數。

使用者需要設定屬性之範圍甚廣，及於跑道、滑行道、停機位、航空

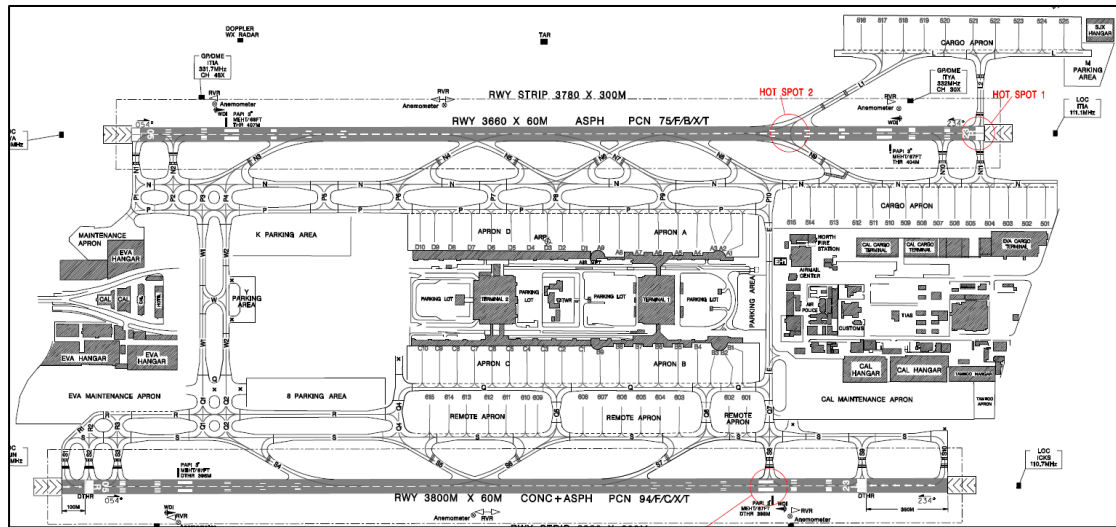
器活動等諸多面向。因此軟體系統需要配合提供多種參數項目。為易於閱讀，對於個別面向之參數需求將於說明將分別於相關各節說明之。

雖然絕大多數使用者對參數之需求為自由設定而非預設於系統中，但為了使用操作之方便，本系統未來設計時仍將納入使用者可自由設定多組慣用參數值之功能，以利其快速操作並降低設定錯誤之機率。

在參數項目部分，經檢討比對使用者需求，確認前期計畫<sup>[5,6]</sup>所提出之參數項目確可完全達成使用者之需求。而前期之參數項目均可適用於跑道、滑行道、停機位模擬之實務邏輯需求，與實務參數項有明確的對應。。

### 3.3 場面數據需求

場面數據之主要內容在描述機場空側之跑道、滑行道、停機位等設施的相對位置，以及航空器在其間移動的可能性。依據訪談內容，本系統之未來使用者需要在使用本軟體系統時，可根據實際機場情況進行相應的設定。具體而言，使用者期待能夠透過輸入底圖，編輯跑道、滑行道、停機位、廠區等設施之位置及屬性，據以進行模擬分析。在此所謂底圖即為所擬分析之機場，其空側跑道、滑行道及停機位等各種設施之場面圖。以下圖 3.4 所示為可作為底圖用之桃園國際機場場面圖。在此方面，使用者之需求為：軟體提供適當、方便操作之工作環境，供使用者以其指定之底圖為基準，設定各跑道、滑行道以及停機位。使用者在設定各種設施之幾何相對位置時，亦需要設定更詳細之屬性，包括跑道之快速出口、一般出口、入口等。依使用者需求，軟體需要提供設定功能之項目整理如表 3-1。



資料來源：[44]

圖 3.4 桃園國際機場場面底圖

表 3-1 場面數據需求項目表

| # | 項目   | 說明                       |
|---|------|--------------------------|
| 1 | 底圖   | 可輸入底圖                    |
| 2 | 場面編輯 | 可在底圖上編輯跑道、滑行道、停機位、廠區     |
| 3 | 廠區   | 在模擬系統中，廠區視為容量無限大之停機位     |
| 4 | 狀態設定 | 使用者可設定開啟或關閉跑道、滑行道、停機位、廠區 |

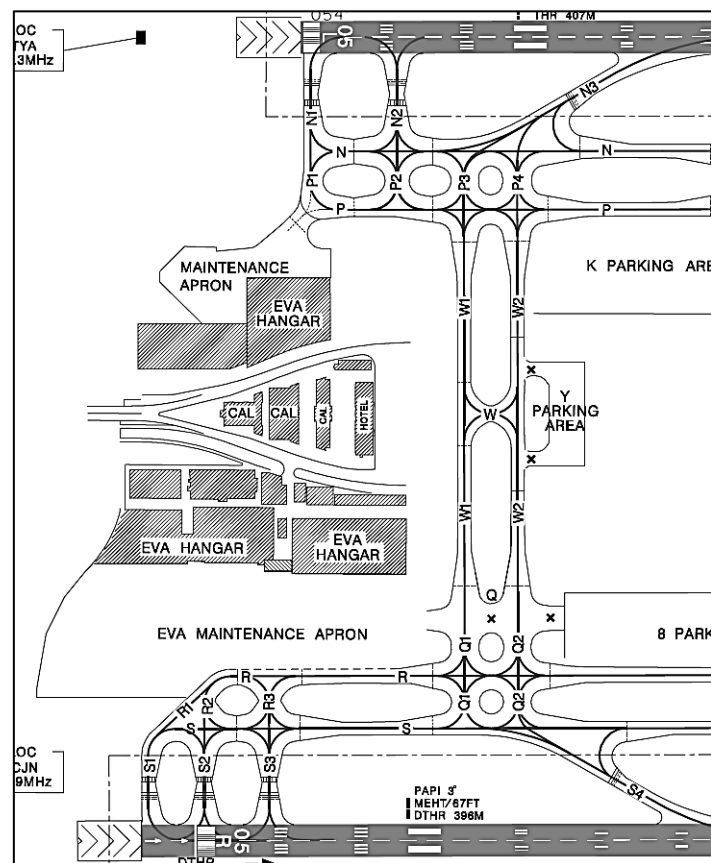
訪談發現使用者需求亦與機場之廠區有關。依飛航指南<sup>[44]</sup>之說明，華航公司與長榮公司在桃園國際機場設有數處廠區（Hangar）可對航空器提供各種服務，其布設如圖 3.5 及圖 3.6 所示。本模擬系統所使用之核心技術並未包括航空器在地停過程中需要執行之各項程序（例如加油、裝卸貨等），亦未包括航空器在廠區所進行之操作（例如檢修、維護等）。依訪談內容，使用者需要本軟體系統在進行模擬分析時，將廠區視為航空器之停放空間。使用者需要軟體容許其在機場場面中設定若干處廠區，作為航空器停留之用，且軟體系統於進行模擬時將該位置視為可同時容納無限多架航空器。有關廠區之模擬邏輯需求整理於表 3-2。

依本系統需求文件 V1.2 版，每一場面僅允許設定唯一廠區。本項需求

於文件 V1.3 版修正為允許多數廠區。雖然需求變更為開發軟體過程之常態，但每一次變更均或多或少影響軟體開發進度。本項有關廠區之需求變更涉及底層資料結構以及部分已經開發軟體之配合修正，影響進度約 2 至 4 週。目前已全部完成所需要之文件及軟體修正。

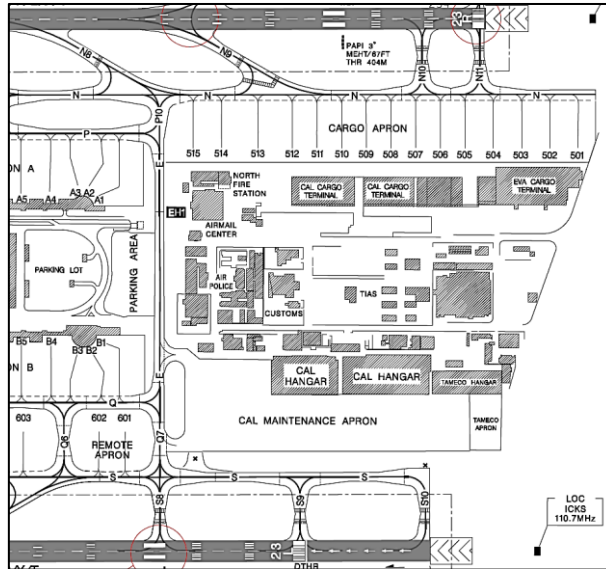
表 3-2 廠區模擬邏輯需求項目表

| # | 項目 | 說明           |
|---|----|--------------|
| 1 | 角色 | 作為航空器停留之用    |
| 2 | 位置 | 系統提供機制由使用者自訂 |
| 3 | 活動 | 供航空器拖出與拖入使用  |
| 4 | 容量 | 可同時容納無限多架航空器 |



資料來源：[44]

圖 3.5 桃園國際機場場長榮公司廠區圖



資料來源：[44]

圖 3.6 桃園國際機場場華航公司廠區圖

由訪談過程中可發現大部分使用者均期待可在進行模擬分析時，軟體可允許其設定場面設施之狀態，例如在機場配置多跑道時，可設定某一或某些跑道關閉、設定關閉某一或某些跑道出口、設定關閉某些滑行道之一部或全部、設定關閉某些停機位等等。整理訪談所得之設定需求整理如表 3-3

表 3-3 場面狀態需求項目表

| # | 項目   | 說明                |
|---|------|-------------------|
| 1 | 跑道   | 設定關閉某一或某些跑道       |
| 2 | 跑道出口 | 設定關閉某一或某些跑道出口     |
| 3 | 滑行道  | 設定關閉某些滑行道之全部或某些路段 |
| 4 | 停機位  | 設定關閉某些停機位         |

### 3.4 班表數據需求

依據使用者之需求，未來使用者在進行模擬分析時，將需要有能力充份控制模擬過程中在該機場空側場面發生之航空器活動。具體而言，使用者需要設定一份班表，亦即是描述模擬過程中空側活動之行為清單，以供軟體系統進行模擬分析之用。依使用者需求，本軟體系統將定義滑入、滑出、拖入及拖出共計 4 種航空器活動，說明於表 3-4。由該表可以觀察到

所有種類的活動均有一端為停機位。

表 3-4 航空器活動種類

| # | 活動 | 定義                            | 舉例                                          | 說明      |
|---|----|-------------------------------|---------------------------------------------|---------|
| 1 | 滑入 | 航空器於跑道降落之後，由跑道出口移動到停機位之活動     | 某航空器於 05L 跑道降落後，使用 N8 快速出口脫離跑道，之後滑行到 A3 停機位 | 以自身動力移動 |
| 2 | 滑出 | 航空器由停機位後推之後，由停機位移動到跑道頭準備起飛之活動 | 某航空器於 A3 停機位後推之後，滑行到 05R 跑道入口準備起飛           |         |
| 3 | 拖入 | 航空器由廠區移動到停機位之活動               | 某航空器使用拖車由廠區拖行至 A3 停機位                       | 以拖車拖行   |
| 4 | 拖出 | 航空器由停機位移動到廠區之活動               | 某航空器使用拖車由 A3 停機位拖行至廠區                       |         |

在模擬分析的過程中，軟體系統將會模擬多數航班在該機場的到場、離場、滑行、拖行、地停等活動。航班的數量、活動性質以及活動發生的時間，均影響模擬結果。因此使用者需要能夠控制模擬分析的過程中所使用的航班。配合使用者本項需求，本軟體系統將允許使用者完全控制模擬時所使用的航班以及所有航班的全部屬性，不對使用者做任何的限制。依訪談結果歸納，使用者將需要能夠由系統所收納之多數班表中指定模擬分析所使用的班表。至於班表之內容則由使用者自外部以檔案形式提供，再由本軟體系統提供匯入功能讀取之。使用者並不需要在匯入之後，再於本軟體環境中做進一步的航班編輯。

本軟體系統可以匯入班表的 CSV 格式數據。系統不會提供編輯班表的功能，因此使用者需要準備好 CSV 格式的班表數據，然後將其匯入系統。系統會自動解析數據，並在模擬過程中使用這些班表數據來模擬空側的活動。

歸納使用者在航班之相關需求，本軟體系統需要允許使用者個別設定

每一筆航班活動之基本屬性，包括航空器尾號、航空器分類、該筆活動之種類、預定進入或離開停機位之時間等。若使用者需要指定各筆活動所使用之跑道、停機位時，系統亦需要有能力依使用者之指定進行模擬分析。綜合使用者需求之航班屬性項目如表 3-5。

表 3-5 航班屬性需求項目表

| # | 項目   | 說明                 |
|---|------|--------------------|
| 1 | 尾號   | 用以判讀同一航空器之多筆航班活動   |
| 2 | 分類   | 各筆航班活動可個別設定        |
| 3 | 活動種類 | 滑入、滑出、拖入、拖出        |
| 4 | 預定時間 | 預定進入或離開停機位之時間      |
| 5 | 跑道   | 使用者指定使用之跑道、亦允許不指定  |
| 6 | 停機位  | 使用者指定使用之停機位、亦允許不指定 |

### 3.5 數據管理需求

數據管理指使用者在軟體系統內對各種數據進行維護之需求。通常對數據的維護包括了編輯、複製、新增、刪除等直接操作，以及對數據設定權限等管理操作。

依訪談所得之使用者需求，本軟體系統將採用帳號控管數據之讀取及編輯權限，亦即所有數據均有明確的擁有帳號。所有數據在新創時均以創建者為其擁有者，而僅有擁有該數據之帳號才可進行編輯。軟體系統亦將允許數據之擁有者授權給任何其他帳號，但並不影響其所有權。而數據之非所有者取得授權時，亦僅取得唯讀之權限。

茲以下列簡例說明之。假設系統中有帳號 A 與 B，並有某一組數據 D1。這組數據可能是一組場面，亦有可能是一組參數，或一組航班資料。此時若帳號 A 擁有數據 D1，則在軟體系統所提供功能之範圍內，帳號 A 對數據 D1 可進行編輯、讀取、刪除、匯出等操作，亦可將數據 D1 複製成為 D2。而另一帳號 B 則對數據 D1 及 D2 無任何操作權限，亦無法由軟體系統得知 D1 及 D2 存在或不存在。

此時若帳號 A 將數據 D2 授權予另一帳號 B，則帳號 B 將可對數據 D2

進行讀取，亦可將數據 D2 複製成為 D3。但帳號 B 並不可對進行編輯，亦不可予以刪除。當帳號 B 將數據 D2 複製成為 D3 時，D3 所含有之資訊雖然與 D2 相同，但在軟體系統中視為不同之數據，二者並不相關。而帳號 B 為 D3 之擁有者，具有完整的權限可進行編輯、讀取、刪除、匯出等操作，亦可再複製成為其他數據。而除非得到帳號 B 之授權，否則帳號 A 對數據 D3 並不擁有任何權限。

表 3-6 數據管理需求

| # | 項目     | 說明                                          |
|---|--------|---------------------------------------------|
| 1 | 系統功能   | 收納數據、提供取用、編輯、刪除、複製功能（各種不同性質之數據，系統提供之功能不盡相同） |
| 2 | 基本管理原則 | 數據組以創建者帳號為其擁有者，具有完整讀取、編輯、複製、刪除、授權等之權限       |
| 3 | 授權能力   | 數據擁有者可將其擁有之數據，對其他帳號授予唯讀權限                   |

### 3.6 結果輸出與呈現需求

歸納訪談結果，使用者所需要之分析結果包含了航班之活動時間、延滯時間、跑道起降量以及個別活動數據等類，如表 3-7 所示。

表 3-7 呈現數據種類需求

| # | 項目    | 說明                           |
|---|-------|------------------------------|
| 1 | 活動時間  | 紀錄模擬過程之各項活動時間長度之統計值          |
| 2 | 延滯時間  | 模擬過程中各活動所使用之時間長度超出其最短可能時間之部分 |
| 3 | 跑道起降量 | 模擬過程中各跑道之單位時間起降量             |
| 4 | 個別活動  | 模擬過程中個別航班活動之過程               |

上述各類數據之內容分別說明於下。如前所述，使用者需要本軟體系在進行模擬分析時納入 4 種型態的活動，而所謂活動時間，指在模擬過程中所紀錄，各航班執行其既定活動所經歷之時間長度。對於使用者需求所

包含之 4 種活動，其時間長度計算方法整理於表 3-8，而對統計內容之需求則整理於表 3-9。

表 3-8 活動時間計算方法

| # | 項目 | 說明                                                  |
|---|----|-----------------------------------------------------|
| 1 | 滑出 | 取得跑道占用權之時間減去開始後推之時間，含後推之後之卸拖車、滑行過程中所有延滯及等待使用跑道之所有時間 |
| 2 | 滑入 | 進入停機位時間減去降落時間，含滑行過程中之所有延滯                           |
| 3 | 拖出 | 進入廠區時間減去離開停機位時間                                     |
| 4 | 拖入 | 進入停機位時間減去離開廠區時間                                     |

依使用者需求，所有活動時間長度之統計均以小時平均為之。以 1 日之 24 小時為例，使用者需要軟體於完成模擬分析之後，統計 0 時至 1 時、1 時至 2 時、2 時至 3 時等等，直至 23 時至 24 時，每一小時中所觀測到的活動的平均時間長度。當活動過程中有跨越小時分界時，則歸屬於最後的小時。其統計方式整理於表 3-9。

表 3-9 活動時間統計值需求

| # | 項目       | 說明                               |
|---|----------|----------------------------------|
| 1 | 平均離場滑行時間 | 滑出時間長度之分小時平均，小時之歸屬以取得跑道占用權之時間點為準 |
| 2 | 平均到場滑行時間 | 滑入時間長度之分小時平均，小時之歸屬以進入停機位時間點為準    |
| 3 | 平均拖出時間   | 拖出時間長度之分小時平均，小時之歸屬以進入停機位時間點為準    |
| 4 | 平均拖入時間   | 拖入時間長度之分小時平均，小時之歸屬以進入廠區時間點為準     |

跑道容量亦為使用者需求的重要部分。本軟體系統所使用之核心技術<sup>[5,6]</sup>並非以公式或演算法直接推算跑道之容量，而是利用模擬的方法，先在使用者所設定的情境下進行模擬，再依模擬的結果統計跑道在每小時的起

飛或降落架次數。依使用者之需求，跑道起降量之統計亦以整點小時為區分基礎，而小時歸屬之原則係以該航空器結束使用跑道之時間點為準。由訪談內容所整理之使用者對統計項目之需求整理於表 3-10。

表 3-10 跑道起降量統計需求

| # | 項目       | 說明                                |
|---|----------|-----------------------------------|
| 1 | 跑道小時離場量  | 各跑道各小時之離場量，小時之歸屬以航空器結束使用跑道之時間點為準  |
| 2 | 跑道小時到場量  | 各跑道各小時之到場量，小時之歸屬以航空器由跑道出口脫離之時間點為準 |
| 3 | 跑道小時離到場量 | 各跑道各小時之離場量與到場量加總                  |
| 4 | 機場小時離場量  | 場面所有跑道各小時之離場量加總                   |
| 5 | 機場小時到場量  | 場面所有跑道各小時之到場量加總                   |
| 6 | 機場小時離到場量 | 場面所有跑道各小時之離場量與到場量加總               |

個別活動之模擬紀錄亦為使用者所需求之分析結果。在模擬過程中，軟體系統將使用核心技術<sup>[5, 6]</sup>逐一推算使用者所輸入之班表中，每一筆滑入、滑出、拖入與拖出活動之開始與結束時間，以及在活動過程中所行經之路徑。而本項即指這些時間與路徑之詳細數據。

表 3-11 個別活動數據需求

| # | 項目   | 說明                                 |
|---|------|------------------------------------|
| 1 | 活動資訊 | 尾號、分類、活動種類、預定時間等資訊                 |
| 2 | 跑道   | 該活動所使用之跑道，可能是使用者所指定、模擬系統自動指派或未使用跑道 |
| 3 | 停機位  | 該活動所使用之停機位，可能是使用者所指定或模擬系統自動指派      |
| 4 | 路徑數據 | 活動過程中該航空器所行經之路徑                    |
| 5 | 時間數據 | 活動過程中，該航空器行經各重要節點之時間               |

最後，有部分使用者在訪談程中表示需要本系統有能力產出場面簡圖，以提供使用者更為直觀的視覺化資訊。這些場面簡圖可顯示機場跑道、滑行道、停機位等設施及其相對位置，使使用者可以更加清楚地理解機場設施的布局和機場營運狀況。

### 3.7 跑道模擬邏輯需求

依訪談結果，在真實機場中，多數航空器依序在一或多條跑道起飛或降落之過程，可以視為是各航空器依管制員之引導，以一次一架的方式次第使用跑道的過程。模擬系統所表現的是管制員依其專業能力採取各種作為的結果，而非管制員的思考過程。由模擬邏輯之立場觀之，管制員作為之結果，可視為是將跑道之可用時間作適當切割之後，分配予各起飛或降落之航空器使用。在此邏輯下，由跑道之觀點視之，整體跑道可用時間經管制員切割後，逐一分配予航空器使用。而前後航空器之間則需要穿插間隔時間。這種邏輯適用於單一跑道，亦同時適用於多跑道之狀況。其中單跑道狀況示意於圖 3.7，而雙跑道狀況則示意於圖 3.8。

圖 3.7 顯示了 1 條跑道以及 A、B 共 2 架航空器使用該跑道之過程。圖之座標軸為時間，由左向右推移。該圖顯示之範圍內，可以見到在管制員之引導下，跑道之可用時間被切割成為 4 段，由左至右先分配予 A 航空器使用，之後再分配予 B 航空器使用。而 A 與 B 二架航空器所使用之時段之間則為前後間隔。在圖之最右側則顯示了 B 航空器使用過後所安排之前後間隔，過後則可分配予其他航空器使用，未顯示於本圖中。本圖之目的在示意前述邏輯，因此並未標示各時間段之長度。

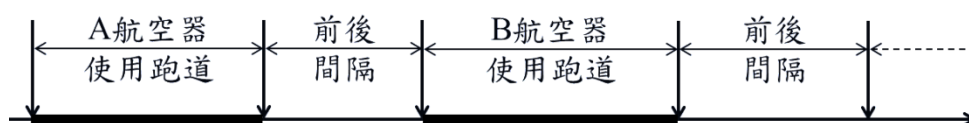


圖 3.7 跑道使用及間隔定義示意圖，單跑道

圖 3.8 則顯示雙跑道之狀況。本圖顯示了 2 條跑道以及 A 至 D 總共 4 架航空器。其中航空器 A 與 B 使用跑道 1，而航空器 C 與 D 則使用跑道 2。若個別觀察此圖中之 2 條跑道，則其邏輯與圖 3.7 所示相同，亦即各跑道之可用時間在管制員之引導下分配予各航空器次第使用，並且在其間均留有間隔時間。至於跑道 1 與跑道 2 之間，在圖 3.8 可觀察到使用不同跑道的航空器所各自分配到的使用時段之間，有可能有 2 種不同的狀況。第

一種是 2 個時段沒有重疊。這種狀況示意於圖 3.8 的 A 航空器使用跑道 1 之時段，與 C 航空器使用跑道 2 之時段，圖中可見二者之間存有一段間隔時間。第二種狀況是 2 個時間有重疊，亦即 2 條跑道同時有航空器使用進行起飛或降落之操作。這種狀況示意於圖 3.8 的 B 航空器使用跑道 1 之時段，與 D 航空器使用跑道 2 之時段；圖中可見 2 個時段有所重疊。在真實世界中，前述二者時間重疊與不重疊均有可能發生。

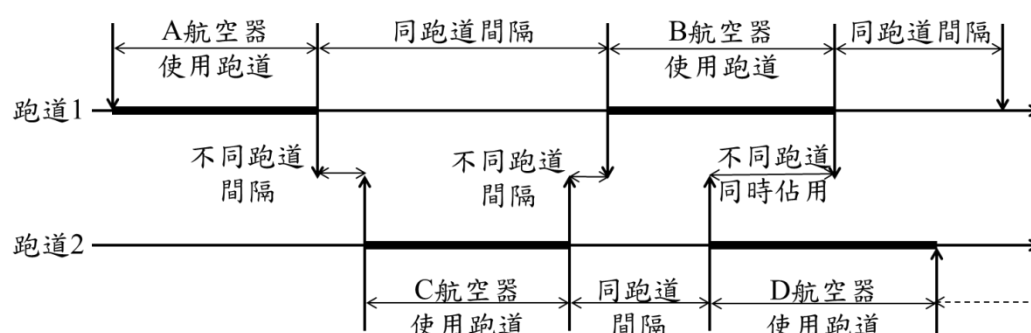


圖 3.8 跑道使用及間隔定義示意圖，雙跑道

依前述邏輯，跑道之可用時間在實務運轉中被區分為二類時段：(1)分配予各起飛或降落之航空器使用之時段，以及(2)前後航空器使用時段之間的時段。二者在實務運轉之性質並不相同，說明如下。

1. 航空器使用時段：在實務上航空器利用所分配到的時段執行起飛或降落操作。原則上此時段之長度係由操作航空器之駕駛員所掌控，並非由管制員指定。在降落時，此時段之長度主要取決於航空器在跑道上減速之過程、所選擇之出口以及自出口脫離跑道時之速率，三者均非管制員所指定，而是由駕駛員決定。在起飛時，此時段之長度主要取決於航空器滾行加速乃至離地之過程所費之時間長度，以及起飛後爬升、轉向等脫離跑道過程所費之時間長度，這些亦非管制員所指定，而是由駕駛員決定。
2. 前後航空器使用時段之間的時段：在實務上本時段的長度係由管制員所掌控，並非由航空器駕駛員決定。亦即，即使前機已完全脫離跑道，後續航空器準備自跑道起飛時，仍必須待管制員頒發許可才能開始起

飛之操作。同樣的，任何航空器亦不允許在未獲管制員許可之狀況下於跑道執行降落操作。不論所分析之機場具有單一跑道、雙跑道或多跑道，此原則均相同。因此可歸納前後航空器使用時段之間的時段的長度，係由管制員所掌控。

由上述剖析可歸納以下各點：

1. 跑道之可用時間可區分為 2 類時段：分配予各起飛或降落之航空器使用之時段，以及前後航空器使用時段之間的時段。
2. 在實務運轉中，觀察任一跑道時，此 2 類時段必定交替出現。
3. 此二類時段之長度，其決定機制並不同：航空器使用之時段長度係由駕駛員決定，而其間的間隔時段長度係由管制員所控制。
4. 單一跑道與雙跑道之差異在於：當機場配置雙跑道時，管制員在控制前後兩航空器使用跑道時段之間的間隔時間長度時，除了需要考慮前後兩航空器先後使用相同跑道之狀況外，還需要考慮前後兩航空器使用不同跑道之狀況。但在使用不同跑道的兩航空器之間是否需要維持一段間隔時間，以及間隔時間之長度，仍由管制員所掌控。
5. 機場配置多跑道時，其邏輯與雙跑道相同。

歸納以上訪談結果發現，使用者需要本軟體系統允許其個別設定上述二類時段之長度。亦即，使用者需要可設定航空器使用之時段長度之參數項目，同時亦需要可設定前後航空器之間的間隔時段長度之參數項目。

綜整上述論述，並納入使用者之其他相關需求，可歸納本軟體在跑道運轉方面之模擬邏輯需求有下列各項：

1. 當任一航空器在跑道上進行起飛或降落操作時，其他任何航空器均不可進入跑道。
2. 跑道兩方向均可用來起飛或降落，但在整個模擬過程中僅可使用一個方向，起飛與降落的方向相同。
3. 降落的航空器可選擇由任一出口脫離跑道。
4. 起飛航空器於固定的位置進入跑道，且一律使用全跑道脫離。
5. 前後使用相同或不同跑道起飛或降落的航空器，其占用時間之間需要有間隔時段。

6. 使用者設定之跑道時間相關參數以「使用跑道時間」及「跑道間隔時間」表現之。
7. 模擬系統需要可供使用者針對各種狀況組合。所需之組合為：相同/相異跑道、前機到/離、後機到/離，總計有 8 種組合。
8. 有多跑道時，使用者可指定航班所使用跑道，可自動指派，並可混用。
9. 自動指派跑道之原則為依停機位，但若有設定時必須優先滿足起降分流之規則。

### 3.8 滑行道模擬邏輯需求

滑行道系統為機場空側供航空器由一處移動到另一處的主要設施。依訪談結果，本軟體系統需要考慮表 3-4 所說明之 4 種航空器活動。依使用者需求，本軟體系統將以節點與節線所構成之網路來表現滑行道系統。依使用者對軟體之需求，網路之節點將需要代表 6 種場面上之設施或位置，如表 3-12 所示。

表 3-12 軟體系統中網路節點所代表之設施或位置

| # | 設施    | 說明                  | 舉例                                          |
|---|-------|---------------------|---------------------------------------------|
| 1 | 跑道入口  | 航空器進入跑道以執行起飛操作之入口   | N1 滑行道北端為 05L 跑道之入口                         |
| 2 | 跑道出口  | 航空器降落後脫離跑道之出口       | S8 滑行道南端為 05R 跑道出口之一                        |
| 3 | 跑道跨越點 | 航空器於滑行或拖行過程中跨越跑道之位置 | 516-525 貨運機坪由 N9 及 L1 滑行道穿越 05L/23R 跑道進出之地點 |
| 4 | 停機位   | 供航空器停放之設施           | A5 停機位                                      |
| 5 | 廠區    | 航空器拖行之起點或終點         | 華航公司之一個廠棚                                   |
| 6 | 滑行道   | 滑行道之交叉口或中間點         | P 滑行道與 P8 滑行道之交叉點，或 A5 停機位後推動線進入 P 滑行道之位置   |

網路中之節線代表航空器在空側移動之可能性。當航空器有可能由某

節點直接移動至另一節點時，網路即在這兩節點之間建立一條節線以表現航空器移動的可能性。

在模擬過程中，軟體系統依各航空器之活動內容自動求解滑行或拖機之路線，並自動排除航空器移動過程中可能發生之衝突。軟體系統將確保在任一時間，任一節點或節線均最多僅容納 1 架航空器，且前一航空器離開之後，必須經過一段最小安全時隔，後一航空器才可占用同一節點或節線。安全時隔之長度為使用者可設定之參數。

以下使用一個簡例說明上述過程。對照圖 3.9，於圖中顯示某機場空側場面所建立網路之一小部分，具有 A 至 E 總共 5 個節點，用以表現一處滑行道之交叉路口。假設現有二架航空器先後通過此路口：航空器 1 由右向左滑行，依序通過節點 A、B、C；航空器 2 則由上向下滑行，依序通過節點 D、B、E。此二航空器均需要通過節點 B，依模擬邏輯，在模擬過程中需要安排此二航空器先後占用此共用之節點，且其間必須留有最小安全時隔。假設兩航空器在兩相鄰節點之間滑行所需要之最短時間（例如由節點 A 滑行至節點 B，或由節點 B 滑行至節點 E 等等）均為 1 分鐘，而前述最小時隔為 0.5 分鐘。相關模擬結果如表 3-13 所示例。如表所示，航空器 1 於 10:00:00 進入並占用節點 A，再 10:01:00 進入並占用節點 B，最後於 10:02:00 進入並占用節點 C，完成其在本簡例範圍內之行程。同時，航空器 2 亦於 10:00:00 進入並占用節點 D。倘若航空器 2 為場面上唯一之航空器，則依其滑行速率推算，應該於 10:01:00 進入並占用節點 B。但如前所說明，在 10:01:00 時節點 B 係由航空器 1 所占用，並於 10:02:00 結束占用節點 B。因此於模擬時，航空器 2 將待航空器 1 結束占用並經過 0.5 分之時隔之後，於 10:02:30 才開始占用節點 B，比前述之 10:01:00 要晚 1.5 分鐘。之後航空器 2 即依其正常滑行速率，於 10:03:30 進入並占用節點 E。由本簡例之數據，可觀察到兩架航空器之間的交互影響，以及產生 1.5 分鐘延滯之詳細過程。

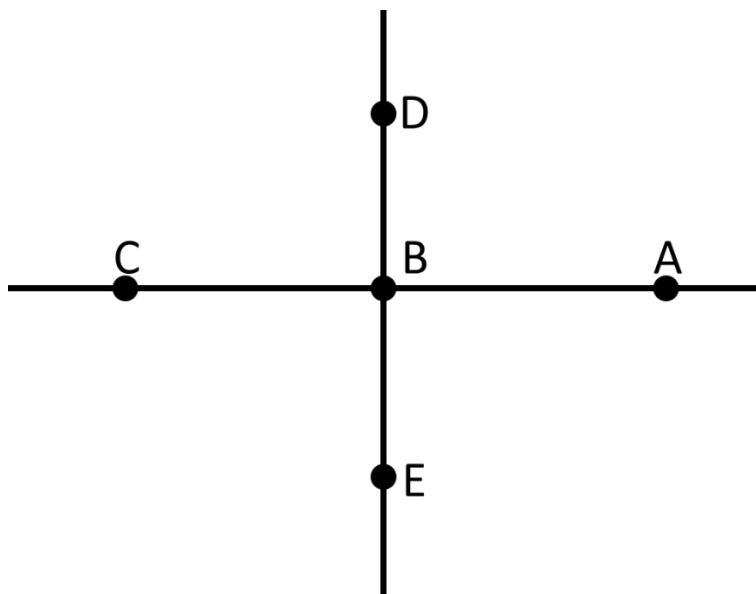


圖 3.9 滑行道模擬邏輯簡例示意圖

表 3-13 滑行道模擬邏輯簡例詳細數據

| 航空器 | 時間點      | 模擬動作   | 說明          |
|-----|----------|--------|-------------|
| 1   | 10:00:00 | 進入節點 A |             |
|     | 10:01:00 | 進入節點 B |             |
|     | 10:02:00 | 進入節點 C |             |
| 2   | 10:00:00 | 進入節點 D |             |
|     | 10:02:30 | 進入節點 B | 產生 1.5 分鐘延滯 |
|     | 10:03:30 | 進入節點 E |             |

真實航空器受限於其機械構造，在地面之滑行並不靈活。於滑行過程中若遇轉向常須減速過彎，在減速、過彎、再加速之過程中不可避免將有時間損失。此一時間損失之時間長度與轉彎角度、航空器性能、航空器在過彎當時之狀態、駕駛行為、外部環境等諸多因素均有關，且缺乏可靠的長期真實觀測數據。為了達到可充份控制模擬過程之使用者需求，本軟體系統將提供使用者自行設定本項轉向過彎時間損失之機制。

### 3.9 停機位模擬邏輯需求

依訪談所得之使用者需求，本軟體系統將含有滑入、滑出、拖入及拖出共計 4 種航空器活動行為，而每一種活動均以停機位為其起點或終點。其中滑入與拖入活動以停機位為終點，而滑出與拖出活動以停機位為起點。使用者需求需要在進行模擬分析時，由使用者指定各活動所使用之停機位，或由系統在模擬過程中自動指派停機位，且允許二者混用，亦即使用者指定一部分活動之停機位，而未指定者則由系統在模擬過程中自動指派之。

歸納使用者需求，系統自動指派停機位時將依循以下邏輯：

#### 1. 停機位分類

系統應容許使用者對所有停機位自由設定分類，且應容許同一停機位同時歸屬於多數分類。

#### 2. 停機位選擇行為

系統應容許使用者設定各類航空器對各類停機位之選用優先順位。在模擬過程中系統將依所設定之優先順位尋找可用之停機位。若所有順位之停機位均被占用，則系統自所有順位之停機位當中，選取將最早空出者，使該航空器前往等待。若使用者對某類航空器已有優先順位之設定，則系統視為未納入優先順位設定之停機位均不得使用；反之，若未設定任何停機位之優先順位，則系統視為可使用空側任何停機位。此邏輯之流程圖示於圖 3.10。

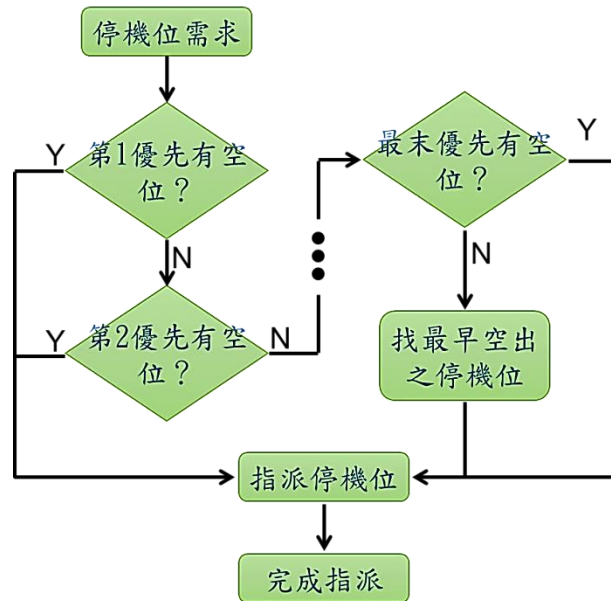


圖 3.10 停機位模擬邏輯流程圖

茲以下列簡例說明上述各項邏輯。假設在分析某機場運轉時，使用者定義「國際線」作為航空器之一類，並在班表清單中設定部分航班屬於本類。再假設基於某種考量，該使用者希望在模擬的過程中，系統可為「國際線」類之航班自自動指派其停機位，且希望第一優先安排使用有配置空橋之停機位，第二優先安排使用某 X 坪之停機位。此時該使用者即可在設定航班之分類後，再設定有配置空橋之停機位均屬類別 A、位在 X 坪之停機位屬類別 B。在此設定下，模擬系統於指派屬於「國際線」航班之停機位時，將優先尋找類別 A（亦即有配置空橋）當中是否有可用之停機位，若有則指派予該航班使用。若所有屬於類別 A 之停機位均已有其他航空器使用中，則轉而自類別 B（亦即位於 X 坪之停機位）中尋找可用之停機位，若有則指派予該航班使用。倘若類別 A 與類別 B 之停機位全數均已有其他航空器使用中，則系統將自類別 A 與類別 B 之所有停機位中，尋找將最早空出之停機位，將之指派予該航空器。此時因為該停機位係屬使用中狀態，該航空器可能需要先在適當位置等候，待機位空出之後才能進入。在本例中，若 X 坪之某停機位有配置空橋，則在使用者設定停機位分類時，該機位將同時屬於類別 A 及類別 B。這種允許設定同一停機位同時屬於不同分類之彈性符合使用者需求，且與模擬邏輯相容，不會造成邏輯衝突。

### 3. 停機位停留時間

系統應容許使用者設定各類航班使用各類停機位時停留在停機位的最短時間。對於以停機位為終點之活動（滑入與拖入），航空器停留在停機位中之期間屬於活動的一部分，該活動於停留時間完成時結束；對於以停機位為起點之活動，航空器開始離開停機位之時間視為該活動之起始時間。

### 4. 停機位指派時間點

系統自動指派停機位時，指派之時機設定為行為開始時，例如開始降落、或開始後推之時間點。

當使用者指定停機位時，模擬系統將依循以下邏輯：

#### 1. 停機位選擇行為

當使用者指定停機位時，模擬系統以所指定之停機位進行模擬，不考慮改指派其他停機位。所指定之停機位有其他航空器使用時，則在適當位置等候，系統無等候時間長度之上限。

#### 2. 錯誤處理原則

倘若使用者所指定停機位不存在（例如使用者設定某航班應使用 A20 停機位，但該機場之場面並無名為 A20 之停機位），則系統視為數據邏輯瑕疵而終止模擬分析。

## 3.10 航班模擬邏輯需求

依訪談所得之使用者需求，未來使用本軟體系統時，使用者將以 CSV 格式數據檔案將班表匯入系統中。因此本軟體系統需要有讀取所指定檔案，並解析其中所含資訊的能力。以下綜合歸納訪談過程中使用者所提出之航班模擬邏輯需求。

#### 1. 航空器之識別

使用者所匯入之班表資料中所含有之航空器尾號，將作為模擬系統識別航空器之唯一依據。

## 2. 跑道指派邏輯

依使用者需求，本軟體系統需要允許使用者指定航班活動所使用之跑道，同時軟體系統亦應有能力自動指派跑道。當軟體系統自動指派跑道時，應依據該次活動所使用之停機位進行跑道指派。

## 3. 航班之行為種類

本軟體系統將含有滑入、滑出、拖入及拖出共 4 種航空器活動行為。

## 4. 複數行為

模擬邏輯允許同一航空器有多數活動行為。例如，班表資料含有某尾號為 B99999 之航空器之一筆滑入行為，以及另一筆滑出行為。使用者需要軟體系統接受此種狀況。

## 5. 複數行為之排序及接續

當班表資料中存在有相同尾號航空器具複數活動行為時，模擬系統依據各筆活動資料之預定開始時間進行排序，予以接續。此時軟體系統將維持前後活動之間的邏輯合理性，亦即「前一活動完成之後，次一活動才可開始」之規則，優先於「次一活動應依其預定時間開始」之規則。以下表 3-14 所示為一簡例。假設表中之 6 筆資料之航空器尾號均相同，則不論這些資料在使用者所提供之檔案中之順序如何，其間之行為接續均應以表中所示之順序為之。設若在模擬過程中，部分活動發生延滯使得第 1 筆數據之滑進活動發生 60 分鐘之延滯，至 08:00 才得以開始。此時依本項規則，第 2 筆數據預定在 07:50 開始之拖出活動亦將受影響而延後開始。

表 3-14 相同航空器複數活動之接續簡例

| # | 活動種類 | 預定開始時間 | 說明              |
|---|------|--------|-----------------|
| 1 | 滑進   | 07:00  | 降落後由跑道出口滑行進入停機位 |
| 2 | 拖出   | 07:50  | 由停機位拖行前往廠區      |
| 3 | 拖進   | 12:20  | 由廠區拖行前往停機位      |
| 4 | 滑出   | 13:10  | 由停機位經後推前往跑道起飛   |
| 5 | 滑進   | 15:00  | 降落後由跑道出口滑行進入停機位 |
| 6 | 滑出   | 18:20  | 由停機位經後推前往跑道起飛   |

## 6. 複數行為接續之例外

本軟體系統之基本原則為所有航空器於到場占用跑道時出現在模擬系統中，並於離場脫離跑道時自模擬系統中消失。為了維持本規則之一致有效性，當相同航空器具有複數活動，而這些活動經排序後顯示該航空器離場之後再到場，則模擬系統在該離場之滑出活動與之後到場之滑入活動之間，將以「次一活動應依其預定時間開始」之規則優先於「前一活動完成之後，次一活動才可開始」之規則。茲以表 3-14 所示之簡例說明之。該表之第 4 筆數據預定滑出開始時間為 13:10。設若在模擬過程中因故發生延滯，使得該活動延至 15:10 才開始。此時依本項例外規則，表 3-14 第 5 筆數據之滑進活動仍將以 15:00 為其預定開始時間。此種邏輯設計為維持軟體系統基本原則一致性所必須，且經需求訪談確認符合使用者之期待。

## 7. 首發活動

本項指同一航空器尾號之各筆活動中，預定開始時間最早之一筆。當首發活動為拖入時，系統認定該航空器在模擬開始之初即已經存在於廠區。若某尾號航空器之首發活動為拖出或滑出，則模擬系統將認定該航空器在模擬分析啟動之初，即已存在於其指定停機位中；未指定停機位時由系統依自動指派停機位之邏輯指派之。

## 8. 邏輯錯誤之處理

依使用者需求，本軟體可對於使用者所提供匯入之航班資訊進行檢查邏輯正確性。於發現輸入資訊含有邏輯錯誤時應停止模擬。可能之邏輯錯誤態樣舉例如下：

- (1) 同一尾號之航空器，滑出活動之後所接續之活動非滑入活動，參考表 3-15 第 1、2 列。
- (2) 同一尾號之航空器，滑入活動之後所接續之活動為滑入活動或拖入活動，參考表 3-15 第 3、4 列。
- (3) 使用者指定停機位，但所指定之停機位不存在，參考表 3-15 第 5 列。
- (4) 使用者指定滑出或滑入活動之跑道，但所指定之跑道不存在，參考

表 3-15 第 6。

- (5) 依據使用者指定首發活動之停機位，有超過 1 架航空器將在模擬分析啟動之初，使用同一停機位，參考表 3-15 第 7、8 列。
- (6) 使用者未指定首發活動之停機位，但其數量超過允許使用之停機位數量，參考表 3-15 第 9 至 12 列。

表 3-15 航班資訊邏輯錯誤態樣例

| #  | 尾號     | 活動種類 | 預定開始時間 | 停機位 | 跑道  | 邏輯錯誤                                                                                                         |
|----|--------|------|--------|-----|-----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | B00000 | 滑出   | 06:05  | B2  | 05L | 尾號 B00000 之航空器，於 06:05 自 B2 停機位滑出，後再於 07:10 自 B5 停機位滑出                                                       |
| 2  | B00000 | 滑出   | 07:10  | B5  | 05R |                                                                                                              |
| 3  | B11111 | 滑入   | 08:15  | A3  | 05L | 尾號 B11111 之航空器，於 08:15 滑入 A3 停機位，又於 08:55 拖入 A6 停機位                                                          |
| 4  | B11111 | 拖入   | 08:55  | A6  |     |                                                                                                              |
| 5  | B22222 | 拖入   | 11:32  | K99 |     | 機場無 K99 停機位                                                                                                  |
| 6  | B33333 | 滑入   | 09:22  |     | 20R | 機場無 20R 跑道                                                                                                   |
| 7  | B44444 | 滑出   | 12:30  | A6  | 05L | 模擬系統將認定在模擬分析啟動之初，B44444 航空器已存在於 A6 停機位，而 B55555 亦已存在於同一停機位                                                   |
| 8  | B55555 | 滑出   | 13:20  | A6  | 05R |                                                                                                              |
| 9  | B66666 | 滑出   | 08:12  |     |     | 未指定停機位。假設這 4 架航空器均可使用 C1 至 C3 之任一停機位。但模擬系統將認定在模擬分析啟動之初，這些航空器均已在停機位中。雖然每一架航空器均可自 3 個停機位中選用，但總共有 4 架，可用停機位數量不足 |
| 10 | B77777 | 滑出   | 09:23  |     |     |                                                                                                              |
| 11 | B88888 | 滑出   | 10:05  |     |     |                                                                                                              |
| 12 | B99999 | 滑出   | 11:36  |     |     |                                                                                                              |

## 9. 非邏輯錯誤之瑕疵處理

依使用者需求，本軟體不處理使用者所提供匯入之航班資訊中，非

邏輯錯誤之瑕疵。可能之非邏輯錯誤瑕疵態樣舉例如下：

- (1) 使用者指派多數預定抵達時間相接近之航班使用同一或少數停機位。
  - (2) 使用者設定航班在停機位作長時間停留，而干擾其他航空器使用該停機位。
10. 模擬時，航班活動開始時間不可早於其預定開始時間。
  11. 模擬時，航班後推時間可由使用者選擇儘快後推或視跑道狀況延遲後推。
  12. 模擬時，到場航班依預定開始時間之順序降落。
  13. 可自動產生拖機：停放時間超過 4 小時則自動產生拖出再拖入之行程。
  14. 所有拖出活動之移動終點固定設定為廠區。
  15. 所有拖入活動之移動起點固定設定為廠區。

### 3.11 模擬操作需求

如前各小節所說明，使用者期待本軟體系統允許自由編輯機場場面配置、設定場面狀態、以設定參數數值之方式設定各種屬性、設定模擬時所使用之航班活動班表。使用者之目的在能夠利用這些設定之各種組合來進行模擬分析。送出進行模擬分析之後，使用者需要能夠在軟體系統所提供之工作環境下進行分析結果之查詢，亦需要將分析結果以 CSV 格式匯出成為檔案。同時，亦有部分使用者建議軟體系統中預留未來納入批次送出進行模擬分析之擴充可能性。以上使用者之操作需求整理於表 3-16。

表 3-16 操作需求項目表

| # | 項目   | 說明                            |
|---|------|-------------------------------|
| 1 | 分析設定 | 可使用各種場面配置、場面狀態、參數與航班之組合進行模擬分析 |
| 2 | 結果查詢 | 可查詢模擬結果數據                     |
| 3 | 結果匯出 | 可指定分析結果進行匯出                   |
| 4 | 批次分析 | 預留未來可批次送出進行模擬分析之可能性           |

## 第四章 軟體平臺分析與設計

### 4.1 基本說明

本軟體是一個高度客製化的系統，其操作功能以使用者需求為設計分析之最主要依據。在另一方面，軟體所使用的核心模擬技術則取自本所過往研究之成果。歸納訪談所得，使用者均期待本軟體可作為情境分析之工具。使用者需要可在本系統中自由設定一座機場之場面配置、參數數值、與模擬過程中在該機場起降之航班。開發軟體系統的目標，是要成為可利用模擬技術進行方案評估的工作環境。

在操作功能方面，使用者需要可操作本系統，用以模擬所給定的一組航班，在所設定的情境下在該機場空側之運轉狀況，其中包括起飛、降落、滑行等各個階段，以及拖機、地停等操作。使用者可以自行設定航班的數量、間隔等性質，亦需要可自由設定參數數值以滿足不同情境下的模擬需求。

### 4.2 軟體系統基本分析

經評估訪談結果，使用者需求可由圖 4.1 所示意的架構來達成，並且較適合採用主從式架構。該軟體架構含有 4 個主要模組，其角色說明如下：

1. 資料庫：使用者需求涉及複雜的場面、航班、參數等數據，必須由軟體系統統一管理維護，以避免造成使用者過高的數據管理負擔。本模組即用以存放使用者之所有數據及參數、模擬分析結果、系統參數、帳號管理等資料。
2. 操作界面：使用者所需要的設定場面、編輯參數、啟動與控制模擬、觀看分析結果及其他操作，絕大多數都需要以圖形化界面與使用者互動。考量需求之複雜性，本系統需要為此設置獨立之模組處理之。

3. 模擬引擎：模擬分析為全系統中，運算最為複雜的部分，必須為此項工作配置適當模組為之。而此部分之工作與使用者並無直接互動之需求，因此應與操作界面模組相互獨立，以達到較佳的開發與維護效率。前期研究與本期研究之使用者完全不同，需求迥異，使得模擬引擎除了最核心之數學運算部分之外，均必須配合修正。
4. 控制中心：上述各模組必須儘量維持其運算邏輯的各自獨立性以簡化模組間的界面。然而各模組間的互動與協調又不可避免且具有相當的複雜性。因此本軟體架構設計一個獨立的控制中心軟體模組作為整個系統的中心，採用輻軸式架構來處理模組間之互動需求。

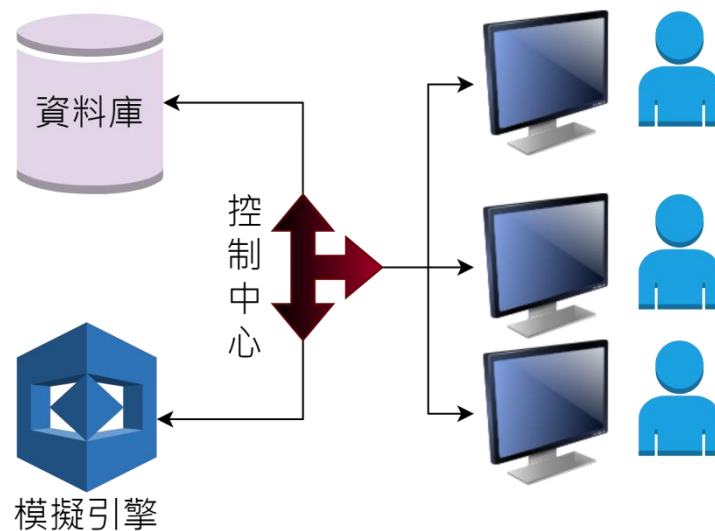


圖 4.1 軟體基本架構示意圖

考量本系統之使用者人數不多，將中心模組之軟體與模擬引擎置於在同一台電腦中，系統開發、系統維運及日後維護均可簡化。其餘各模組可分別安裝於不同電腦，亦可全數安裝於同一台電腦上。

#### 4.3 軟體系統基本設計

依多次工作會議討論，以及綜合使用者需求，本軟體系統之設計將依

循以下基本原則。在模擬技術部分，將使用本所過往研究所開發之核心技術<sup>[5,6]</sup>，用以開發成為應用軟體。因此核心技術本身之精進擴充並不在本次開發軟體工作範圍之內。在功能設計方面，本軟體系統將以使用者需求為最重要之依據。而所謂使用者，指實際操作本軟體為工具以進行其職掌業務之人員，亦即未來直接使用該軟體之人員。為避免功能過度設計與設計不足，並使功能儘量對接使用者需求，在所有訪談過程中均明確確認被訪者是否為軟體之未來使用者，並在設計軟體功能時，將使用者與非使用者之意見區分處理。

在模擬邊界部分，航空器有 2 種出現在模擬系統之時機。第一種為自始即在系統中，此時其初始狀態必為停放在某停機位或某廠區中；第二種為在模擬過程中出現在模擬系統中，此時其初始狀態必為等候可降落之跑道。當航空器完成其既定之活動時，亦自模擬系統中消失。當所有使用者設定之航班均完成其既定之活動時，即視為模擬結束。

本軟體之系統流程圖示於圖 4.2。該圖依使用者之視點說明此系統執行時之流程，其中包含了使用者可操作的步驟以及系統自動執行的步驟，以不同外觀的方塊顯示於流程圖中。而圖中亦以虛線顯示資訊的流動。由圖可見到本軟體資料庫作為所有數據之儲存、查詢及處理中心的架構設計。

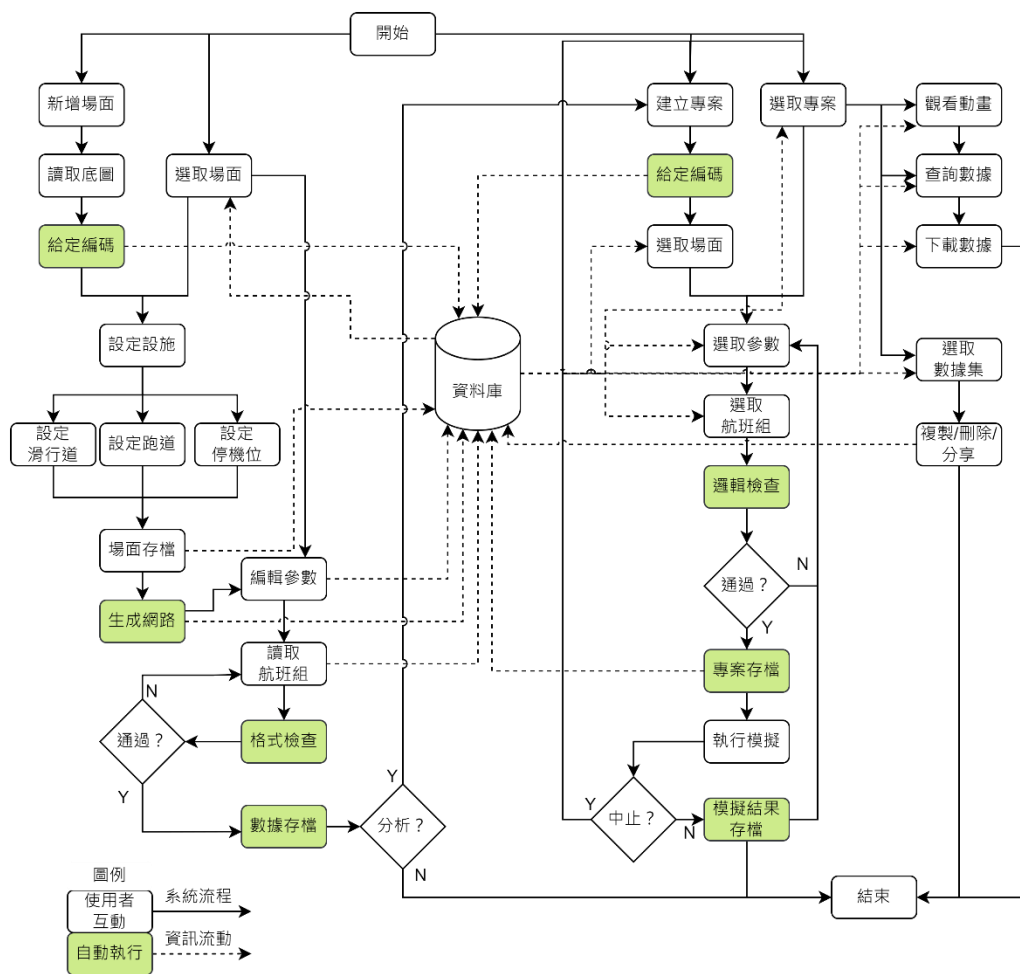


圖 4.2 系統流程示意圖

## 第五章 場面編輯功能

### 5.1 整體介紹

在整個系統中，場面編輯的功能是使用者可直接接觸到的部分中最為複雜的部分，也是後續進行其他部分的開發時，在進行軟體功能測試時所必備的功能。此部分之複雜性與重要性使得其設計開發在全計畫中占用相當顯著之時間與資源。本計畫前期成果所開發之軟體已完成開發場面編輯之功能。前期開發軟體所針對之使用者為技術開發工作人員，對數學網路具有知識及經驗之基礎，並均具有操作數學模式及開發軟體之能力，而應用軟體之目的在進行技術開發過程中之各種測試。針對此種使用者，前期軟體之場面編輯功能係由使用者直接編輯網路模型，以方便技術開發時之測試工作。然而本計畫之使用者涵蓋桃園機場公司、民航局及本所實際操作本軟體之人員，應用軟體之目的在作為工具以進行其職掌業務。因此本軟體不可能由使用者直接編輯網路模型，而是應允許使用者由跑道、滑行道及停機位等各種設施之觀點進行設施之設定，再由軟體系統以自動化功能生成網路模型，供後續模擬分析之用。這種使用者屬性差異帶來軟體需求面之差異，使得前期成果無法應用於本軟體系統，而必須重新進行需求訪談、設計、軟體實作及測試。

場面編輯功能的主要目的在提供使用者適當的工作環境以編輯場面各設施。依需求文件的說明，模擬時需要考慮的機場空側設施有跑道、滑行道、停機位三類。本章之目的在說明軟體依需求文件所描述之使用者需求而提供的操作功能及相關軟體性質。雖然軟體功能與機場場面習習相關，但本章之目的並不在描述真實機場在真實狀況下的真實運轉情形，或機場於運轉時可能會發生的重飛等例外情形。

本章之目的在說明軟體的性質。如前所說明，本計畫訪談時使用者表達期待軟體系統允許其依分析目的而自由設定多項屬性。為此本軟體亦設計對應的多項參數，以達成供使用者自由設定其值之目的。本章在說明軟

體性質及功能設計時亦會說明相關的參數項目。至於參數之數值則由使用者在操作時自由設定，以達到設置參數之目的。

本軟體並不限制使用者使用何處機場之底圖。使用者可使用真實機場之場面圖為編輯場面之底圖，如圖 5.1 之桃園國際機場、圖 5.2 之臺北松山場或圖 5.3 之高雄國際機場場面圖均為軟體可接受之底圖。軟體亦接受使用者以真實不存在之機場作為編輯場面之用。

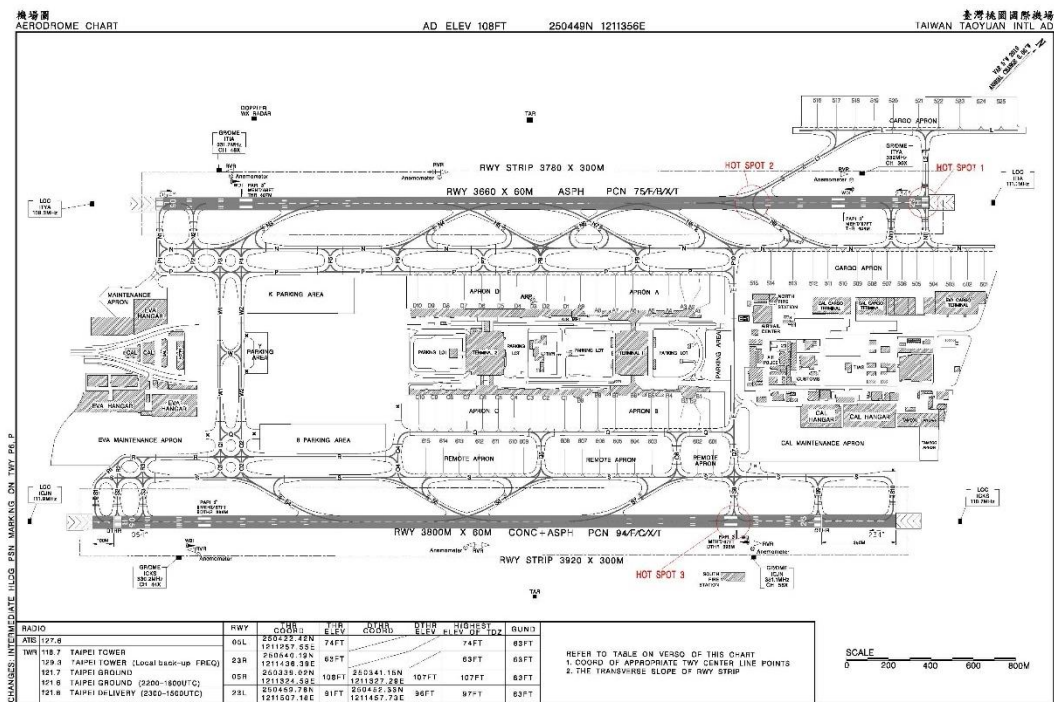


圖 5.1 桃園國際機場場面圖



底圖存放在資料庫中。使用者亦可作部分編輯之後先回存資料庫，後續再載入繼續編輯。使用者可將其所編輯之場面與其他使用者分享，亦可複製成為新版，或予以刪除。完成編輯之場面可再編輯修正。

## 5.2 節點之概念

如前所說明，本軟體允許使用者編輯機場場面之各項設施。在詳細說明編輯邏輯與操作方法之前，在此先說明「節點」之概念。所謂節點並非設置於場面上某項獨立的固定實體設備，而是指由機場空側運轉模擬的觀點，配合進行模擬時軟體系統所需，提供各種航空器操作功能的空間位置。以航空器後推為例，在本模擬系統中所有模擬航空器自停機位後推而離開停機位之後，會需要在某個位置停留一段數分鐘的時間。此設計的目的是要用以模擬真實機場中，真實航空器在後推之後、以自身動力滑行之前應執行的卸拖車、卸耳機線等操作。為了達到這項模擬目的，軟體需要提供對應的操作功能，以允許模擬軟體的使用者在底圖上設定航空器在執行上述操作時的停駐位置，再由模擬系統在執行時配合進行模擬。在本模擬系統中，這個點稱為「後推點」。在真實的機場場面上，由不同的停機位後推的航空器，各在不同的位置執行卸拖車、卸耳機線等操作；本模擬系統配合此種狀況，亦提供相對應的功能，允許使用者為其所設定的每個停機位個別設定其對應的後推點。操作方法將於後續再詳細說明之。

本軟體之整體操作流程設計是由使用者先設定場面上之各節點之位置，再於設定跑道、滑行道與停機位的過程中以選用節點並賦與角色之方式逐一設定節點與各種設施之間的關係。

以上述停機位與後推點為例，真實的機場空側並無任何獨立的固定實體設備是為供真實航空器執行卸拖車、卸耳機線等操作而設置；後推點是由機場空側運轉模擬所需的立場，進行模擬時軟體系統所需要，提供航空器幾分鐘停駐以完成模擬功能的空間位置。本軟體之使用者須先在場面上設定節點之位置，之後於設定某停機位時，由已經設定的節點中選取適當者作為該停機位的後點點。本軟體允許使用者可在設定場面時，為不同的停機位各選取不同節點作為其後推點，據以達成模擬真實機場場面目的。

## 5.3 編輯工作畫面

編輯場面之工作畫面分為 3 區，由左至右為目錄區、工作區及設定區，如圖 5.4 所示。使用者可在目錄區察看已經存在的場面資料清單，由其中選擇開啟欲編輯之場面。本區亦提供新增場面及刪除場面之操作功能。

設定區位在畫面的最右側，其主要功能是供使用者進行跑道、滑行道、停機位及廠區等四類設施的設定。使用者在本區以點擊頁籤的方式做選擇。設定各類設施之操作方法各不相同，將於後續各節說明之。

工作區占用中央主要區域，其功能是底圖的顯示及操作。使用者可在鍵盤上按住 CTRL 鈕，同時滾動滑鼠的滾輪來縮放顯示比例。

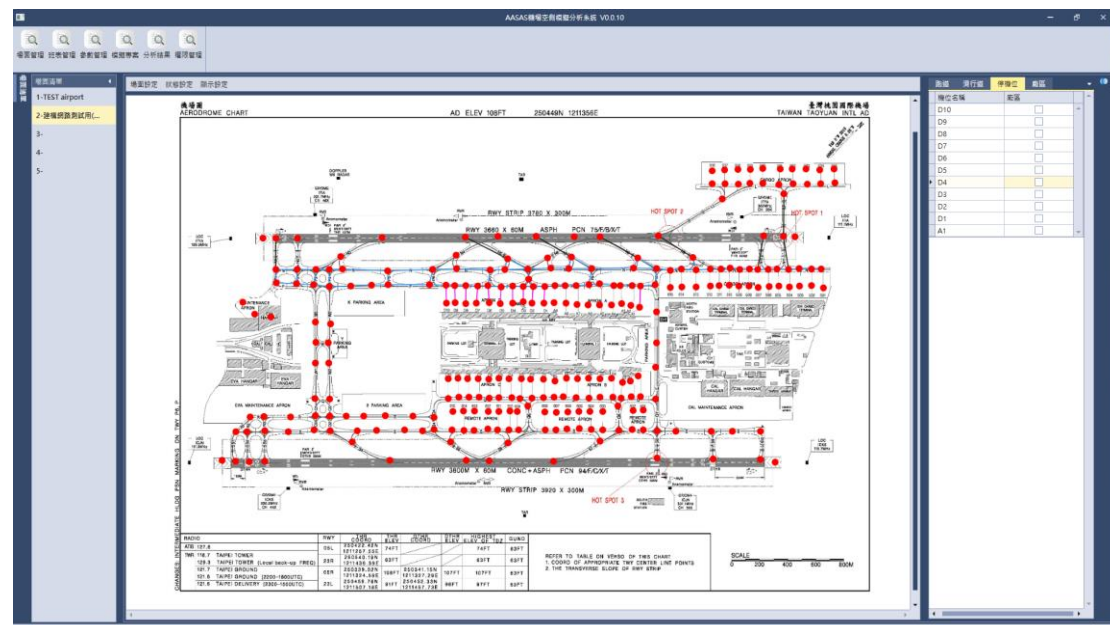


圖 5.4 編輯場面工作畫面圖

使用者可在工作區的畫面上編輯節點。雙擊畫面任一處即可在該位置新增節點。在已經存在的節點圖示上按右鍵可編輯及刪除。於進入編輯狀態時，軟體會出現圖 5.5 所示之對話視窗，使用者可在此視窗中編輯該節點之名稱及所在位置之座標，以左上角為原點、水平方向為 X 軸、垂直方向為 Y 軸。編輯節點的位置時可在此對話視窗中填入座標值，亦可按下該視窗中顯示座標區域右側之小圖示之後，在場面圖中以滑鼠點按的方式指定該節點的新位置。

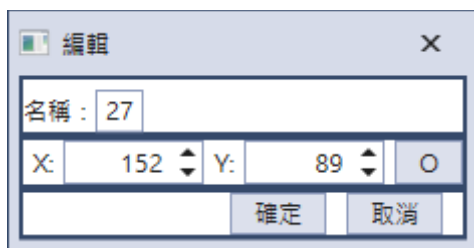


圖 5.5 節點編輯視窗截圖

## 5.4 跑道編輯

本軟體提供跑道編輯之功能，以允許使用者編輯機場所配置的跑道。依運轉實務，機場所配置之同一實體跑道在以不同方向起降時，視為不同跑道並且有不同的名稱、不同的出口等。以桃園國際機場為例，該機場配置有兩條實體跑道，分別位於機場場面之北側與南側。當實體的北跑道以 05 方向起降時，稱為「05L」跑道；以 23 方向起降時，則稱為「23R」跑道。同理，實體的南跑道以 05 方向起降時，稱為「05R」跑道；以 23 方向起降時，則稱為「23L」跑道。配合上述實務作法，本軟體亦允許使用者對同一實體跑道，依其起降方向之不同而編輯成為不同的跑道。

編輯跑道時須先在設定區點選跑道頁籤。此時即會出現已經編輯的跑道清單。使用者亦可在設定區按右鍵之後選擇「新增」，以新增一條跑道。此時會出現跑道編輯視窗如圖 5.6 所示。該視窗允許使用者完整設定一條跑道之所有資訊，分項說明如下。

1. 跑道名稱：每一跑道有一個名稱，例如「05R」、「23L」、「27」等或其他名稱，由使用者自行指定。軟體系統對此不作任何限制。
2. 起飛點：使用者於設定每一條跑道時均須指定一個節點作為該跑道之起飛點。此點與模擬過程中時間推移及航空器狀態變化無關，其唯一作用是在顯示動畫時，作為起飛離場航空器自動畫面中消失的位置。因此通常均設定在跑道末端。以桃園國際機場 05L 跑道為例，理想的設定位置在北跑道之東側端點處。然而不論設定位置如何，均僅影響動畫之畫面顯示而不影響模擬結果。
3. 跑道入口：使用者於設定每一條跑道時均須指定一個節點作為該跑道

之入口在模擬過程中執行「滑出」活動之航空器以此點作為該次活動之終點位置。其實體意義是離場航空器完成滑行、進入跑道之位置。跑道入口在模擬系統中視為跑道的一部分，不屬滑行道系統。每一跑道均有恰好一個入口點。

4. 入口連接點：此為滑行道系統中與跑道入口相連接的節點。因此該節點將同時作為滑行道系統的一部分。每一個入口點對應唯一的一個入口連接點。
5. 跑道跨越點：此為在滑行道活動的航空器跨越跑道的位置。軟體操作界面允許使用者為每條跑道設定 0 至多個跑道跨越點，亦允許使用者在對話視窗中進行新增、刪除之操作，亦可為指定的跑道跨越點變更所設定的節點。
6. 跑道出口點：此種點之功能在允許使用者指定模擬時，到場航空器脫離跑道進入滑行道之位置。所指定之幾何位置將影響動畫顯示時，在動畫的畫面上代表航空器的圓點在完成降落動作之展現後，開始轉變移動方向的位置。因此使用者應將所對應的節點之幾何位置設置在跑道的中心線上適當的位置，以得到較佳的動畫展現效果。真實的跑道可能有 1 或多處出口，因此本系統亦允許使用者為同一跑道設定 1 或多個跑道出口點。
7. 出口連接點：此為滑行道系統中與各跑道出口點相連接的點。模擬系統將出口連接點視為滑行道的一部分。因此使用者在設定時，應該將出口連接點設置在滑行道上。每一個跑道出口點均應該個別設定其所對應的出口連接點。
8. 出口種類：本系統允許使用者為每一個跑道出口點設定其種類為一般出口或快速出口。

**編輯跑道**

跑道名稱：

起飛點：

跑道入口： 入口連接點：

跑道跨越點：

| 名稱     | 跨越點 |
|--------|-----|
| cross1 | 26  |

跑道出口：

| 名稱  | 出口點 | 出口連接點 | 種類   |
|-----|-----|-------|------|
| N5  | 31  | 48    | 快速出口 |
| N7  | 29  | 51    | 快速出口 |
| N8  | 27  | 54    | 快速出口 |
| N9  | 26  | 59    | 快速出口 |
| N10 | 25  | 66    | 一般出口 |
| N11 | 24  | 69    | 一般出口 |
| L2  | 24  | 22    | 一般出口 |

圖 5.6 跑道編輯視窗截圖

## 5.5 滑行道編輯

本系統允許使用者自由編輯滑行道。使用者需要為其所編輯的每一條滑行道設定名稱。最簡單的方式是依真實機場的滑行道名稱為之，亦可避免混淆，例如桃園國際機場的「N」、「P」、「W2」等，或臺北松山機場的「N1」、「N2」等均可在本系統中設定滑行道時作為其名稱，但也可以自由作其他任何方式之命名。亦即系統允許使用者設定任何名稱，同時亦未限制僅可設定底圖中有顯示的滑行道。在設定滑行道時，系統允許使用者依底圖設定滑行道，同時也允許設定任何滑行道，不受底圖顯示限制。使用者在設定某條滑行道名稱之後，系統亦允許隨時變更其已經設定之名稱。

在右側的設定區，點選「滑行道」頁籤，可看到已經設定的滑行道清單。點選任一滑行道，則軟體會在工作區的場面圖中以顯目的方式呈現所點選的滑行道，如圖 5.7 所示。按右鍵可編輯、新增、刪除。

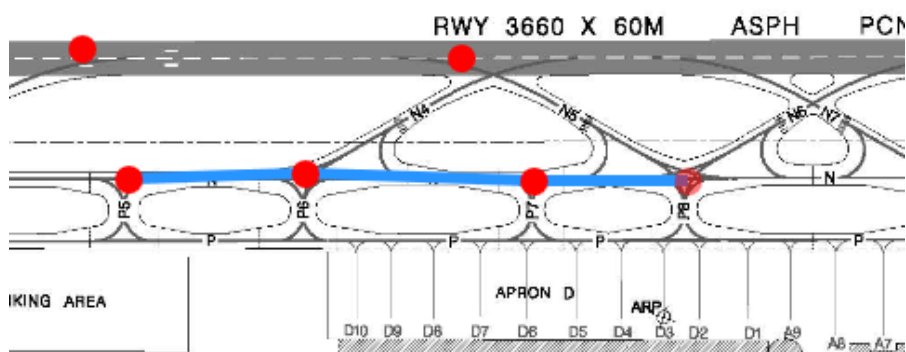


圖 5.7 場面圖顯示所點選的滑行道截圖

在本系統中設定滑行道的方法，是設定滑行道上的節點，並指定其順序。使用者可先在右側的設定區，點選「滑行道」頁籤，即可新增滑行道，或編輯先前已經設定的滑行道。選定某一滑行道時跳出的對話視窗如圖 5.8 所示。在點選節點時，工作區的場面圖會同步連動，顯示使用者設定滑行道的狀況。

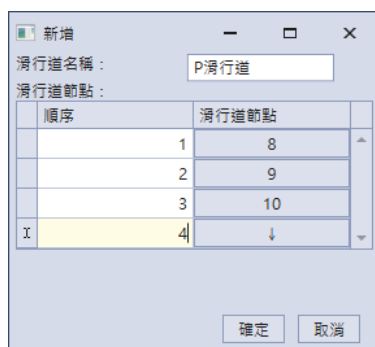


圖 5.8 設定滑行道對話視窗截圖

## 5.6 停機位編輯

在模擬系統中，停機位為航空器停放之位置，亦為各種活動的起點或終點。使用者在做設定時，系統允許其為每一個停機位自由設定名稱，例如桃園國際機場的 A1、B2、C3 或臺北松山機場的 6、7、8 停機位等，也可以不受真實停機位名稱之限制而自由命名，系統均不予限制。

在軟體編輯場面之工作畫面的設定區點選停機位頁籤時，軟體將顯示停機位清單，由此可開啟編輯停機位的視窗如圖 5.9 所示。在此視窗中使用者需要設定數項資訊說明如下。

1. 機位名稱：使用者在此填入為該停機位設計之名稱。
2. 停機位：使用者可在此以指定節點的方式設定此停機位在場面上的位置。軟體允許使用者在任何位置設定停機位，並不受底圖內容之限制。
3. 廠區：使用者以勾選的方式將此停機位設定為廠區，之後即可在下拉選單中挑選其名稱。
4. 出口連接點：此為滑行道系統中與停機位直接相連接的節點。因此該節點同時亦為滑行道系統的一部分。每一個停機位對應唯一的一個出口連接點。
5. 後推點：在模擬航空器的滑出活動的過程中，系統將模擬真實機場中，真實航空器在後推之後、以自身動力滑行之前應執行的卸拖車、卸耳機線等操作所造成的航空器停等。而停等的位置即為後推點。為了允許使用者模擬長後推之狀況，本系統並不限制後推點的位置。當不考慮長後推時，可將後推點與後推出口設定在同一個節點。

| 優先順序 | 優先跑道 |
|------|------|
| 0    | RW1  |

圖 5.9 設定停機位對話視窗截圖

## 5.7 廠區編輯

依使用者需求，廠區在模擬過程中，係作為拖出活動之路線終點以及拖入活動之路線起點。系統允許使用者在場面上設置多處廠區，亦可不設置任何廠區。對每個廠區使用者均可設定其名稱並且留下備註，其操作畫面示於圖 5.9。

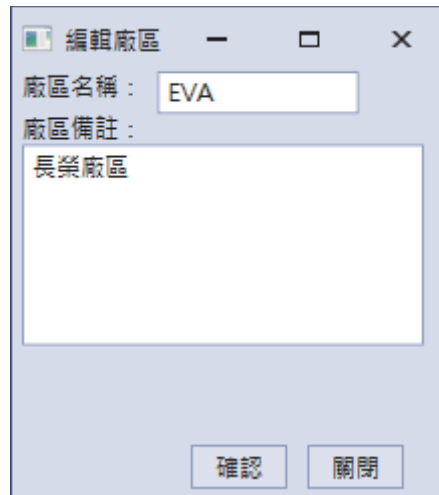


圖 5.10 設定廠區對話視窗截圖

## 5.8 狀態編輯與管理

配合使用者需求，本軟體提供場面狀態設定的功能。使用者可以對每個場面設定多組狀態，也可以不設定狀態。為每組狀態，使用者均可自由設定關閉某些停機位、跑道、滑行道等內容。

設定狀態的流程可區分為建立狀態與設定狀態內容兩部分。建立狀態的操作畫面示於圖 5.11。使用者可設定狀態名稱並留下註記。

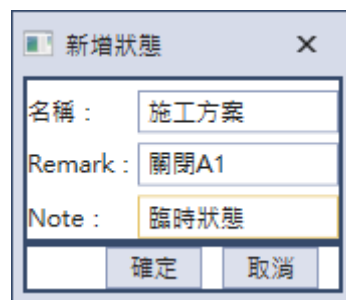


圖 5.11 建立狀態操作截圖

使用者可在此工作環境中，由所建立的各組狀態中選擇任一來套用。套用狀態之後，使用者即可選取跑道，並設定關閉其起飛點、入口、跨越點、出口等，如圖 5.12 所示。

跑道狀態設定

狀態版本：基本狀態

跑道名稱：RW1

☐ 關閉起飛點 ☐ 關閉跑道入口

關閉跑道跨越點：

| 名稱     |  |
|--------|--|
| cross1 |  |

關閉跑道出口：

| 名稱 |  |
|----|--|
| N8 |  |

確認 關閉

圖 5.12 跑道狀態操作截圖

使用者編輯滑行道狀態時則可選擇其中部分區段設定為關閉，如圖 5.13 所示。

滑行道狀態設定

狀態版本：基本狀態

滑行道名稱：P

關閉滑行道節線：

| 節線起點 | 節線終點 |  |
|------|------|--|
| 3    | 12   |  |

確認 關閉

圖 5.13 滑行道狀態操作截圖

至於停機位則僅有關閉該停機位之狀態設定方式。廠區則不提供狀態設定功能。

## 第六章 結論與建議

### 6.1 結論

本計畫係以 2 年期開發一套機場空側模擬分析軟體，所有技術均為我國首創研發，可完全自主掌握。以往我國雖已進行多次類似模擬分析，但均委由國外團隊為之，國內公私部門累積之直接模擬空側運作分析經驗並不足。本計畫完成軟體整體開發後，我國將正式建立可對機場空側進行模擬分析之應用軟體，軟體系統上線後，除了可帶來直接應用效益外，並有助我國相關領域人員累積操作此類軟體進行機場空側模擬分析之經驗，並進一步可擷節相關成本及強化機場營運效益。

本計畫在本所主導下結合了民航局(含飛航服務總臺)、桃園機場公司、專家學者及財團法人成大研究發展基金會共同推動，應用本所 106~107 年、110~111 年所研發完成之機場空側容量評析方法之核心技術，於本年期再開發成為具人機介面親和性之軟體，名稱為「機場空側模擬分析系統」( Airport Airside Simulation and Analysis System, 簡稱 AASAS)。本軟體為高度客製化的系統，操作功能以使用者需求為設計分析之最主要依據。以下整理本年期重要結論如後：

#### 一、軟體研發成果

第一年期研發成果可歸納為下列 3 項：

##### 1. 確認使用者需求

本項成果包括確認本系統未來使用者、完成使用者需求訪談、完成需求文件撰寫及嚴謹確認。

##### 2. 完成軟體平臺建置與部分模組實做

本項成果包括完成資料庫模組之實做、操作界面模組之大部分實做、模擬引擎模組之軟體部分修正及控制中心模組之部分實做。

##### 3. 完成系統分析與大部分設計

本項成果包括完成資料庫模組設計、操作界面模組設計、模擬引擎模組軟體修正初步設計及控制中心模組初步設計。

## 二、軟體平臺架構

本軟體平臺架構係採主從式架構，由資料庫、模擬引擎以及前端軟體所組成。前端軟體安裝於使用者工作電腦，資料庫與模擬引擎均安裝於伺服器中，經網路與前端軟體交換資訊。

## 三、軟體主要功能

### 1. 場面管理

本功能目的在提供使用者執行場面資料設定、編輯及維護等操作，包括場面清單管理、場面設定管理、場面編輯，以及跑道、滑行道、停機位及廠區設施管理。

### 2. 航班管理

本功能係提供使用者管理航班資料集及編輯航班內容。

### 3. 參數管理

本功能在提供使用者維護所擁有之參數組及維護參數內容。

### 4. 專案管理

本功能目的在新增、編輯、刪除模擬專案，並進行模擬分析與其他專案操作。每一個專案均對應唯一的場面以及唯一的一組航班，場面與航班必須在新增專案的同時完成設定，之後不可變更。

### 5. 執行模擬

本功能將對所指定的任務觸發模擬。觸發後任務清單中將出現其更新時間，過程中可更新畫面所顯示的模擬進度。

進行中的模擬也可取消，或重置模擬，清除所指定的任務過去的模擬結果，回到尚未進行模擬的狀態。

### 6. 分析結果檢視

本功能在提供使用者執行取用分析結果資料、觀察模擬結果動畫、觀察模擬結果報表及管理維護分析結果資料等操作。

## 7.其他功能

### (1) 權限管理

本功能在提供使用者瀏覽該帳戶所擁有之場面、航班組、參數組及專案等資料，並可設定將該帳戶所擁有之資料與其他帳戶分享。

### (2) 個人資訊管理

本功能之目的在提供使用者執行以下操作：維護個人資料及帳號展期。

## 6.2 建議

本計畫第二年期工作建議及完成二年期軟體整體開發後之後續發展藍圖建議如下：

### 一、第二年期工作建議

本計畫預計在第二年期完成軟體整體開發，將在開發過程中陸續釋出最新版本，適時進行軟體雛型教育訓練，建議由民航局(含國際航空站、飛航服務總臺)、桃園機場公司及本所使用者同時進行測試，以利提供使用者充分測試軟體的機會。

後續並將儘早提供軟體上線運轉所需要的資訊環境說明，以協助各單位使用者在各自機關建立適當資訊環境，使軟體得以在各使用機關順利上線發揮預期功能。

### 二、後續發展藍圖建議

完成二年期軟體整體開發後，後續軟體短期目標將著重在擴大與穩固使用面；中期目標在深化核心技術能力；長期目標則著眼於擴大應用範圍。最終願景期待本軟體成為我國所有民用機場之標準分析工具；至於軍民合用機場之分析，除了松山機場外，則未納入未來研究發展藍圖中。本軟體後續之短、中、長期發展藍圖建議如下：

#### 1.短期發展藍圖

本所於完成本2年期計畫之後，將持續以系統方式蒐集、整理各單位使用者之經驗及回饋意見。所累積之經驗將可支持短期發展項目，以期穩

固軟體系統之使用面。

#### (1) 數據標準化

依實際使用經驗，制定符合我國需求之標準化輸入與輸出數據格式及內容，將可大幅降低推廣應用於國內其他機場之門檻障礙。除可提高分析結果之一致性之外，並為跨機場比較分析結果之必備條件。

#### (2) 作業程序標準化

本計畫完成之後，預期將在民航局、桃園機場公司及本所投入運用。上述單位之任務各有不同，對本軟體系統之運用方式以及本軟體融入既有工作體系之型態亦不盡相同。後續可歸納軟體之使用經驗，為各種不同任務型態之使用者訂出適當、可融入既有行政流程之作業程序，將有助使用單位充份發揮軟體之效用，亦對釐清本軟體系統後續開發方向具有重大參考價值。

#### (3) 調整軟體系統操作功能

本計畫依訪談時使用者所提出之需求而設計軟體系統操作模式及功能。然而如前所述，我國相關人員在過去並未累積足夠之直接操作經驗。經過一段時間之應用後，應足以累積具有高度參考價值之操作經驗，可供後續改版開發之用。

#### (4) 更貼近真實之停機位運用方式

本計畫開發應用軟體，係採用過去所開發之核心技術。該技術雖有自動指派停機位能力，但與真實狀況仍有差距。後續可深入了解桃園國際機場公司的真實停機位運用方式，並將其納入系統中，以更貼近實際情況。

### 2. 中期發展藍圖

本所過去研究成果已獲得足以支持機場空側模擬分析系統之核心技術，但尚有精進空間。為此，本計畫建議未來中期發展目標為深化核心技術能力，具體目標是使系統具有自動尋優、建議運轉策略之能力。具體發展項目說明如下：

### (1) 航管與航務協調之模擬

航管與航務為維持機場空側高效率、高安全性運轉之二大支柱。其中航管負責監控和管理航空器機場空側的運行，確保順暢的交通流動，而航務則涉及機場的地面營運，包括服務資源調度、停機坪運作、航空貨運和旅客服務等。由於航管與航務之服務場域重疊，因此二者之協調對機場空側之運作產生相當之影響。相關協調工作之內容牽涉甚廣，例如塔臺管制員與地停程序之相互配合、航班起降時刻資訊之充分分享等，均為重要的協調項目。

然而 2 個不同單位間之協調，本身即具有先天的複雜性。而研擬理想的協調模式亦需要長期的嘗試及磨合。若能在模擬系統中納入航管與航務之間相互協調機制之考量，將可供 2 個單位以快速、低成本、無安全顧慮之方式評估各種不同協調方式所可能帶來的正面效益與負面影響，有助機場營運效能之提升。

### (2) 離場管理

離場管理（Departure Manager, DMAN）係指考量航班的預計起飛時間、航空交通管制需求以及機場的資源狀態等，輔助航管人員進行起飛流量的控制和協調的系統與機制。將本項機制納入空側模擬中，再搭配前項航管與航務之協調機制，將有助未來使用者以更細膩之方式，經由模擬分析評估機場在各種不同設定情境下之可能運轉狀況。

### (3) 到場管理

所謂到場管理（Arrival Manager, AMAN）指協助控制航班到達機場的系統，用以輔助航管人員進行到達流量的控制和協調。本計畫所開發之軟體系統，其模擬範圍並未及於空域，然而空域之狀況實質上將影響機場空側之起降容量。為了在空側模擬之同時，某種程度納入空域之考量，本計畫未來中期發展可納入到場管理之考量。其目標並不在一併模擬航空器於空域之飛行狀況，而是在經由到場管理之基本機制，在模擬過程中納入空域狀況影響之考量（而非將空域本身納入模擬中）。如此將可使模擬分析結果更具有參考價值。

#### (4) 其他活動型態之模擬

本模擬系統納入機場場面之 4 種最主要航空器活動：滑入、滑出、拖入及拖出。這 4 種活動型態已可涵蓋桃園國際機場空側絕大多數之航空器活動，但仍有持續擴充之可能。其中之一為直昇機之活動。松山機場設有直昇機降落區，雖然直昇機活動量相對甚低，但若能納入模擬核心之範圍，將有助本軟體系統推廣應用於更多的民用機場。

#### (5) 策略建議能力

本所過去所開發之模擬技術，以及本計畫將建置之應用軟體，均以依設定之情境進行模擬為目標與範疇。本計畫中期發展之上述各項功能，可使本系統達到自動尋優、建議良好運轉策略之能力。若在本計畫未來中期達到此目標，將可在相同的核心技術之上，大幅強化軟體系統決策輔助之能力。

### 3.長期發展藍圖

在長期發展方面，著眼於擴大涵蓋範圍。其中最主要者為納入地勤及陸側影響之考量。詳細構想說明如後：

#### (1) 地勤考量

地勤服務為維持機場正常運作不可或缺之一環。雖然勤務車輛在空側之活動對航空器之活動所帶來的直接干擾極小，但地勤系統適時提供適當服務的能力，卻影響停機位之周轉，從而影響機場之運轉。桃園國際機場現況停機位不足，此課題更形重要。然而地勤系統提供服務之能力受到其可用機具、人員、空間等資源之限制，亦受指揮調度之影響，納入軟體系統中一併進行模擬有其相當之難度。

然若能在較長期之未來達到此一目標，除可顯著提升本系統之應用範圍外，亦可望成為地勤系統維運策略之有力評估工具，並將地勤之協調納入航管、航務協調之範圍中，可預期將對桃園國際機場運轉效率之進一步提升帶來具體的幫助。

## (2) 陸側影響考量

陸側為民用機場不可忽視之部分，對空側運轉亦有直接影響。最主要之影響因素為陸側處理旅客上下機，以及裝卸行李與貨物之能力，其中又以後者影響較大。而航班對行李與貨物裝卸服務之需求，又與機型、航線及其他因素有關，目前均未納入模擬核心技術中。

未來在長期發展階段，在完成本項功能之相關基礎研究並納入軟體系統之後，將可使相關單位在評估陸側設施之建設策略、建設進程、維管策略時能更具體考量空側與陸側之相互影響，以科學化方式進行決策，對機場整體營運帶來具體幫助。



## 參考文獻

1. 許書耕, et al. , 構建空域模擬模式之研究-以臺北終端管制區域為例, 交通部運輸研究所, 2018 年。
2. 許書耕, et al. , 空域模擬模式功能擴充之研究, 交通部運輸研究所, 2019 年。
3. 呂蕙美, 國際機場空側設施容量評估方法初探, 交通部運輸研究所, 2018 年。
4. 呂蕙美, 國際機場陸側設施容量評估方法初探, 交通部運輸研究所, 2019 年。
5. 李宇欣, et al. , 應用模擬模式建立國際機場空側容量評析方法之研究 (1/2)-臺北松山機場空側容量評估與分析, 交通部運輸研究所, 2022 年。
6. 李宇欣, et al. , 應用模擬模式建立國際機場空側容量評析方法之研究 (2/2)-桃園機場空側容量評估與分析, 交通部運輸研究所, 2023 年。
7. 戴佐敏, et al. , 終端管制區域模擬模式之建立, 運輸計劃季刊 31(1): 38, 2002 年。
8. 張淳智、戴佐敏, 台北飛航情報區模擬模式之建立-各終端管制區域模擬架構之建立, 交通部科技顧問室, 2000 年。
9. 周立偉, 平行獨立跑道機場模擬模式之構建, , 國立成功大學碩士論文, 2000 年。
10. 郭權鋒, 台灣地區機場與空域系統模擬模式分析-以北高空運走廊為例, 國立交通大學碩士論文, 2000 年。
11. 張仁達, 台北飛航情報區空域模擬模式之建立, 國立成功大學碩士。
12. 李昀諭, 空邊模擬模式之研究, 國立成功大學碩士論文, 2001 年。
13. 俞瑞華, 飛航管制策略在空域模擬模式上之應用, 國立成功大學碩士論文, 2003 年。
14. 吳世偉, 航機延誤擴散之預測--SIMMOD 模擬模式之應用分析, 國立交通大學碩士論文, 2004 年。

- 15.彭冠儒，運用 SIMMOD 分析台北終端管制區離到場隔離，國立成功大學碩士論文，2014 年。
- 16.AirportTools (2005). Basic SIMMOD Study Creation Tutorial Featuring Visual SIMMOD.
- 17.Bertino, J., E. Boyajian, N. Johnson (2011). 21st Century, Fast-time Airport and Airspace Modeling Analysis with Simmod, FAA Managers Association.
- 18.Boysen, N., M. Fliedner (2011). "Scheduling aircraft landings to balance workload of ground staff." *Computers & Industrial Engineering* 60(2): 206-217.
- 19.Hammouri, A. I., M. S. Braik, M. A. Al-Betar, M. A. Awadallah (2019). "ISA: A hybridization between iterated local search and simulated annealing for multiple-runway aircraft landing problem." *Neural Comput. Appl.*: 1-21.
- 20.Pujet, N., B. Delcaire, E. Feron (1999). Input-output modeling and control of the departure process of congested airports. *Guidance, Navigation, and Control Conference and Exhibit*.
- 21.Soykan, B., G. Rabadi (2016). "A tabu search algorithm for the multiple runway aircraft scheduling problem." *Heuristics, metaheuristics and approximate methods in planning and scheduling*: 165-186.
- 22.Pohl, M., R. Kolisch, M. Schiffer (2021). "Runway scheduling during winter operations." *Omega* 102: 102325.
- 23.Marín, A. G. (2006). "Airport management: taxi planning." *Annals of Operations Research* 143(1): 191-202.
- 24.Anderson, R., D. Milutinović (2013). "An approach to optimization of airport taxiway scheduling and traversal under uncertainty." *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part G: Journal of aerospace engineering* 227(2): 273-284.
- 25.Marin, A. G. (2013). "Airport taxi planning: Lagrangian decomposition." *Journal of Advanced Transportation* 47(4): 461-474.
- 26.Deng, W., L. Zhang, X. Zhou, Y. Zhou, Y. Sun, W. Zhu, H. Chen, W. Deng, H. Chen, H. Zhao (2022). "Multi-strategy particle swarm and ant colony hybrid optimization for airport taxiway planning problem." *Information Sciences* 612: 576-593.

27. Zhang, T., M. Ding, H. Zuo (2018). "Improved approach for time-based taxi trajectory planning towards conflict-free, efficient and fluent airport ground movement." *IET Intelligent Transport Systems* 12(10): 1360-1368.
28. Zhao, N., N. Li, Y. Sun, L. Zhang (2021). "Research on Aircraft Surface Taxi Path Planning and Conflict Detection and Resolution." *Journal of Advanced Transportation* 2021: 1-12.
29. Haghani, A., M.-C. Chen (1998). "Optimizing gate assignments at airport terminals." *Transportation Research Part A: Policy and Practice* 32(6): 437-454.
30. Mokhtarimousavi, S., D. Talebi, H. Asgari (2018). "A non-dominated sorting genetic algorithm approach for optimization of multi-objective airport gate assignment problem." *Transportation research record* 2672(23): 59-70.
31. Genç, H. M., O. K. Erol, İ. Eksin, M. F. Berber, B. O. Güleriyüz (2012). "A stochastic neighborhood search approach for airport gate assignment problem." *Expert Systems with Applications* 39(1): 316-327.
32. Van Schaijk, O. R., H. G. Visser (2017). "Robust flight-to-gate assignment using flight presence probabilities." *Transportation Planning and Technology* 40(8): 928-945.
33. Benlic, U., E. K. Burke, J. R. Woodward (2017). "Breakout local search for the multi-objective gate allocation problem." *Computers & Operations Research* 78: 80-93.
34. Kim, S. H., E. Feron, J.-P. Clarke, A. Marzuoli, D. Delahaye (2017). "Airport gate scheduling for passengers, aircraft, and operations." *Journal of Air Transportation* 25(4): 109-114.
35. Mascio, P. D., G. Rappoli, L. Moretti (2020). "Analytical Method for Calculating Sustainable Airport Capacity." *Sustainability* 12(21): 9239.
36. Wu, C.-L., Y. Chen (2019). "Effects of passenger characteristics and terminal layout on airport retail revenue: an agent-based simulation approach." *Transportation Planning and Technology* 42(2): 167-186.
37. Koščák, P., Š. Berežný, I. Vajdová, I. Koblen, M. Ojciec, D. Matisková, T. Puškáš (2020). "Reducing the negative environmental impact of winter airport maintenance through its model design and simulation." *International*

- journal of environmental research and public health 17(4): 1296.
- 38.Cavada, J. P., C. E. Cortés, P. A. Rey (2017). "A simulation approach to modelling baggage handling systems at an international airport." *Simulation Modelling Practice and Theory* 75: 146-164.
  - 39.Martinez, J. C., A. A. Trani, P. G. Ioannou (2001). "Modeling airside airport operations using general-purpose, activity-based, discrete-event simulation tools." *Transportation research record* 1744(1): 65-71.
  - 40.Damgacioglu, H., N. Celik, A. Guller (2018). "A route-based network simulation framework for airport ground system disruptions." *Computers & Industrial Engineering* 124: 449-461.
  - 41.Koeners, J., R. Rademaker (2011). Creating a simulation environment to analyze benefits of real-time taxi flow optimization using actual data. *AIAA Modeling and Simulation Technologies Conference*.
  - 42.Salihi, A. L., S. M. Lloyd, A. Akgunduz (2021). "Electrification of airport taxiway operations: A simulation framework for analyzing congestion and cost." *Transportation Research Part D: Transport and Environment* 97: 102962.
  - 43.Chen, X., J. Li, Q. Gao (2015). "A simple process simulation model for strategic planning on the airside of an airport: a case study." *Journal of simulation* 9(1): 64-72.
  - 44.交通部民用航空局，桃園國際機場飛航指南，2023 年。

## 附錄 A：期中報告審查意見處理情形表

| 參與審查人員及其所提之意見                                                                                                    | 合作研究單位<br>處理情形                                                                                                                               | 本所計畫承<br>辦單位<br>審查意見 |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
| <b>(一)桃機公司李前副總經理建國</b>                                                                                           |                                                                                                                                              |                      |
| 1. 第 23 頁之第 3.3 節「基本原則」，在模擬技術部分將採過往運研所開發之核心技術來開發應用軟體，因此核心技術本身之精進並不在本次開發軟體工作範圍之內，請補充說明。另操作本軟體未來使用者是否已有明確律定?請補充說明。 | 1. 核心技術本身之精進與開發軟體工作性質不同，前者確實不在本次範圍之內。另依據本案工作會議結論，軟體使用者已確定分屬桃機公司、民航局及運研所，而各使用者亦全數完成需求訪談，使用者亦確認需求文件內容無誤在案。                                     | 同意辦理。                |
| 2. 第 26~27 頁之第 4.1 節「基本說明」，規劃中軟體主要使用者為桃機公司、民航局及運研所等，各有不同需求面向，如何在系統分析、設計及軟體實作等流程內(圖 4.2)，來收斂需求之修正?請補充說明。          | 2. 軟體使用者分屬桃機公司、民航局及運研所，而各使用者亦全數完成需求訪談。各使用者基於本身職務角色對本軟體各有不同期待，但達成需求所需要的軟體功能差異不大。需求文件所需收斂者為軟體功能，對使用者之期待並無需收斂。所有需求均已依此原則完成歸納，使用者亦已確認需求文件內容無誤在案。 | 同意辦理。                |
| 3. 第 28~29 頁之第 4.3 節「場面數據需求」，有關輸入機場底圖並進行場面編輯一節，如何轉換成航機滑行路線?請補充說明。                                                | 3. 第 4.3 節所說明者為使用者基於其操作之需要，希望本軟體可提供之操作功能，屬於外顯於軟體之操作界面，而與使用者直接互動之功能。至於為航機決定滑行路線則為軟體數學演算之結果，與前述使用者對場面數據需求並無直接而完整之關聯。使用者對於個別航機滑行路線之決定亦無介入控制之需求。 | 同意辦理。                |
| 4. 第 32 頁之第 4.4 節「班表數據需求」中說明，模擬分析使用                                                                              | 4. 本項之設計係允許使用者在外部檔案中，以編輯檔案內容                                                                                                                 | 同意辦理。                |

| 參與審查人員及其所提之意見                                                                                                     | 合作研究單位<br>處理情形                                                                                                                                                                                                        | 本所計畫承<br>辦單位<br>審查意見 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
| 之班表，可由使用者自外部以檔案形式提供，使用者並不需要再於軟體環境中做進一步航班編輯；惟次段又提到軟體允許使用者對航班活動基本屬性可做個別設定，是否有所矛盾，請補充說明。                             | 方式指定各航班活動之基本屬性，再由本軟體讀取。兩者並無矛盾之處。                                                                                                                                                                                      |                      |
| 5. 第 34~36 頁之第 4.6 節「分析結果需求」，表 4-7 有關延滯時間沒有說明；表 4-11 若以所舉例子，離場表定時間共有 680 組，如何呈現離場表定時間數據？請補充說明。                    | 5. 已補充該表有關延滯時間之說明，謝謝指正；訪談時使用者並未明確表示希望如何呈現離場表定時間，將待後續補充訪談時再瞭解使用者對本項呈現方式之需求。                                                                                                                                            | 同意辦理。                |
| 6. 第 46~47 頁之第 4.10 節「班表模擬邏輯需求」，表 4-15 第 4 筆滑出時間自 1310 延遲至 1510，而第 5 筆滑進仍以 1500 為預訂開始時間，若是同一尾號航空器，則有邏輯不符之處，請補充說明。 | 6. 本項意見應係指表 4-15 之「預定開始時間」欄中之時間點數據。這些數據為同一航空器之各項活動預定開始之時間，類似事先排定之預定時間之概念。該表第 4 筆指該航空器預定在 13:10 執行滑出活動，並且預定在 15:00 執行滑進活動。模擬過程中極有可能實際觀察到的時間與預定時間不一致（此亦為模擬之目的），因此可用預定時間與模擬觀察時間之差異進行各種延滯量等之推論。預定時間並不受到模擬結果之影響，亦與邏輯完整性無關。 | 同意辦理。                |
| <b>(二)本所許前組長書耕</b>                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                       |                      |
| 1. 尚需說明的部分<br>(1) 第 29 頁文中說明，華航與長榮在桃園機場設有數處廠區，又說明使用者需要軟體容許其在機場場面中設定一處廠區，作為航空器停留之用。表                               | 1.<br>(1) 本軟體之目的並不在忠實呈現真實機場之設施佈設。軟體的目的在提供適當功能以允許使用者依其構想而設定模擬時所使用的機場場面設施佈                                                                                                                                              | 同意辦理。                |

| 參與審查人員及其所提之意見                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 合作研究單位<br>處理情形                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 本所計畫承<br>辦單位<br>審查意見 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
| <p>4-2 中，廠區的數量為全場面唯一。但明明現況下華航與長榮在桃園機場即設有數處廠區，為何軟體只允許機場場面中僅設定一處廠區？請補充說明。</p> <p>(2)第 32 頁第 2 段倒數第 3 列：「班表之內容則由使用者自外部以檔案形或提供，再由本軟體系統提供匯入功能讀取之。使用者並不需要在匯入後，再於本軟體環境中做進一步的航班編輯。」但如果內容需要稍微修改，使用者豈不是要先退出系統，在其他軟體編輯修改內容後，再重新進入系統進行匯入？建議不如提供可在本系統中即可編輯修改內容之功能。</p> <p>(3)第 35 頁表 4-9，該表列出所有離到場滑行與拖出與拖入的時間統計，但在滑行道單元的分析結果(輸出)需求上，似欠缺一個顯現與展示整體滑行道瓶頸或熱點的功能(圖示及指標)，以及各航班實際與模擬滑行道的軌跡重疊圖，以利提供航管人員比對其下達指示產生的成果，建議予以補充。</p> <p>(4)第四章是使用者需求，為本次期中報告的主體。各單元經需求分析後，整理出將來軟體設計的各項要求。請問本次由需求訪談獲得的成果，與之前各期的研究成果有何明顯差異？在航管員、航務員等運作邏輯上，有否有明顯的修訂？請補充說明。</p> | <p>設狀況，並且不應限制使用者僅可設定與某座機場相近之佈設狀況。因此軟體之功能係依使用者之需求而設計。依據使用者對本系統已完成確認之需求，並未涉及指定航空器活動時使用何廠區，亦無自動選用廠區的規則。在使用者不指定活動所使用之廠區，亦無自動選用規則的狀況下，軟體設計必須採用唯一廠區，否則軟體於模擬時將無規則可循。</p> <p>(2)本案訪談過程中曾與使用者深入討論本項課題。此結論之主要考量為(a)此處所需要之編輯動作均為文字編輯，均未超出 excel 軟體之能力範圍、(b)此處之編輯並不涉及其他數據項目（例如場面等等）、(c)目前並無法確定所需要之具體編輯動作項目，無從設計軟體功能、(d)應將本案寶貴資源儘量用於模擬功能開發而避免重複開發 excel 已可提供之功能。基於以上之考量本軟體乃不提供航班編輯之功能。但在軟體設計時，將注意允許使用者在有需要時，使用 excel 編輯過後可直接重新讀入，完全不必退出本軟體系統。</p> <p>(3)本項亦在訪談過程中與使用者有深入討論。然使用者對於「瓶頸」或「熱點」均僅有概念而無法提供明確、足以據以開發軟體功能之定義。由於此處屬顯示功能，未來若有更明</p> |                      |

| 參與審查人員及其所提之意見                                                                                                                                                                                                                                                                  | 合作研究單位處理情形                                                                                                                                                                                                                               | 本所計畫承辦單位審查意見 |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                | <p>確之定義，應有機會在後續軟體改版時加以補充。</p> <p>(4)使用者需求確是具高度重要性的一環，因此需求文件亦完成正式程序，經使用者確認在案。</p> <p>本次需求範圍與之前各期研究成果之比較如下：</p> <p>(a)參數部分：之前各期研究成果所提出之參數，在大方向以及完整度方面均可完全滿足需求，本計畫並未予以修訂；</p> <p>(b)邏輯部分：在跑道、停機位、滑行道之模擬邏輯絕大部分均與使用者需求相吻合，本計畫並未予以修訂。</p>      |              |
| <p>2.計畫提出的中長期發展的規劃似有不足</p> <p>(1)中期發展方面，規劃包含航管與航務協調、離場管理(DMAN)、到場管理(AMAN)，與包含直昇機等其他活動等的模擬，及策略建議能力的開發等；長期發展方面，規劃包含地勤的考量與陸側影響的考量等。其中，地勤與陸側的考量基本上與機場空側的內容已大不相同，可視為獨立的研究題目。</p> <p>(2)建議至少在長期發展方面，能將空域的單元納入，以視為獨立的研究題目來進行(航路與航點的規劃，水平隔離與垂直隔離規劃)。如此可能機場運作現況更為真實，並可精進中期發展討論的離場管理</p> | <p>2.</p> <p>(1)地勤及陸側之運轉邏輯與空側有極大之差異，且彼此之間有相當之獨立性，確應視為獨立的研究題目。但對機場整體而言，地勤及陸側對機場空側之運作亦非全不相關。建議於本研究之規畫中暫先彈性保留本項，未來成為具體專案進入實質開發時，再深入討論是否納入研發範圍。</p> <p>(2)運研所過往研究曾經納入空域，亦獲得一定成果。如民航局、飛航服務總臺及其他相關單位均認為空域應納入未來開發範圍，並投入所需研發資源，我國之研發能力應足以達成。</p> | <p>同意辦理。</p> |

| 參與審查人員及其所提之意見                                                                                                                                                                                                                           | 合作研究單位<br>處理情形                                                                                                                                                                                                                                               | 本所計畫承<br>辦單位<br>審查意見 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
| (DMAN)與到場管理(AMAN)<br>兩單元的內容。                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                              |                      |
| <p>3.對本計畫的瞭解</p> <p>(1)本期計畫不在核心技術的精進，而在使用者需求的確定與滿足，而未來的使用者涵蓋桃園機場公司、民航局及運研所，均以桃園機場為主要標的。</p> <p>(2)模擬分析與容量分析的不同，模擬分析講求的是真，是 descriptive；容量分析講求的是理，是 Normative；模擬分析講求的既然是真，各個面向就都需要要求，包括系統單元架構及單元間的互動邏輯等，均要求真。</p>                        | <p>3.</p> <p>(1)確是如此。</p> <p>(2)原則上確是如此，過往之核心技術開發亦均以此為重要原則。然本計畫之主軸在軟體開發，其重點則在依使用者所提出之需求而設計適當之軟體功能。</p>                                                                                                                                                       | <p>敬悉。</p>           |
| <b>(三)民航局張專門委員自立</b>                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                              |                      |
| <p>1.需求文件部分</p> <p>(1)專有名詞定義部分，建議適度調整「廠區」的定義，如：模擬系統中機場場面以外，供航空器運作使用之區域；另「進坪」、「出坪」是否亦需加以定義？請補充說明。</p> <p>(2)第 5.2 節所述功能需求，有關跑道小時起降量、滑行延滯、滑行時間等產出數據，建議補充相關功能，例如：單/雙跑道、單起單落或混合模式...等可依使用者設定情境而呈現的功能；滑行道部分是否亦可呈現整體滑行系統，或單一滑行道之數據，請補充說明。</p> | <p>1.</p> <p>(1)需求文件對廠區之描述為「視為容量無限大、可停放任何機型之停機位」。變更定義之必要性以及產生之影響有待後續評估。</p> <p>需求文件對「進坪」及「出坪」確無明確定義，訪談過程中使用者亦未提出明確定義。依開發者之認知，進坪指航空器執行滑入或拖入活動過程中，抵達停機位之模擬事件，而出坪指航空器執行滑出或拖出活動過程中，開始離開停機位之模擬事件。</p> <p>(2)在模擬系統中開啟或關閉各跑道起飛或降之功能已納入需求文件中，本功能即可用以達成設定跑道運用模式之效</p> | <p>同意辦理。</p>         |

| 參與審查人員及其所提之意見                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 合作研究單位<br>處理情形                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 本所計畫承<br>辦單位<br>審查意見 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 果。至於滑行道相關模擬結果之呈現項目及呈現方式，目前尚無使用者提出具體需求。後續若有使用者提出具體需求，將於確認之後視可行性納入軟體功能中。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                      |
| <p>2.報告書內容部分：</p> <p>(1)第 8-9 頁之長期發展探討部分，地勤、裝卸貨、行李...等陸側設施，應非決定跑道、滑行道與機坪容量之主要因素；反倒第 32 頁所訂超過 4 小時拖行到廠區之設定，以及特殊天候或其他異常運作情境等，可在後續工作會議討論是否納入長期發展探討。</p> <p>(2)第 35 頁，有關所有活動時間長度均以小時平均統計，但產出數據的單位為何？表 4.6~4.11 呈現的單位為何？請補充說明。</p> <p>(3)第 43 頁，過彎損失機制設定，是否是以輸入機型操作特性，例如：C、E 類航機，以及轉彎半徑、轉彎速度等方式設定，請補充說明。</p> <p>(4)第 45-48 頁，有關錯誤處理原則及邏輯錯誤處理，是以何種方式警示、提醒使用者進行「除錯」？另非邏輯錯誤的瑕疵不會進行處理，使用者如何發現設定有異而得以進行調修？請補充說明。</p> <p>(5)第 50 頁，有關軟體基本架構，如對照未來實際使用時的組織單位狀況為何？如圖 3.1 所示的「控制中心」，未來如</p> | <p>2.</p> <p>(1)地勤及陸側設施確非決定跑道、滑行道與機坪容量之主要因素，應無疑義。然由機場整體運轉觀之，地勤及陸側設施對機場空側之運作亦非全不相關。建議於本研究之規畫中暫先彈性保留本項，未來成為具體專案時再深入討論是否納入研發範圍。</p> <p>就軟體功能的觀點，4 小時拖行到廠區之需求，其對軟體最主要之影響在點出「自動安排拖機活動」之需求，至於是否為 4 小時、決定自動安排拖機之機制等，本案於訪談過程中發現使用者並無具體而明確之需求構想，因此暫先於需求文件中保留原狀。</p> <p>(2)表 4.6 至 4.11 之數據呈現格式、內容型態、數量單位等，均有待使用者具體說明其希望看到的內容，作為軟體功能設計之依據。惟此部分因不涉資料架構、演算邏輯等核心，具有相當之調整彈性，後續可待使用者之需求更具體化之後再確定之。</p> <p>(3)本軟體系統將允許使用者對任何航空器分類進行過彎時間損失參數之設定，當然包括</p> | <p>同意辦理。</p>         |

| 參與審查人員及其所提之意見                                                                                                                                                                         | 合作研究單位處理情形                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 本所計畫承辦單位審查意見 |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| <p>何運作？是虛擬或是有實際硬體設施單位？本軟體完成後將由哪個單位維護、各需求者將如何取得使用？請補充說明。</p>                                                                                                                           | <p>但不限定於 C、E 類航機。對於轉彎半徑、轉彎速度等則無需設定以簡化參數。</p> <p>(4)使用者並未指定錯誤之警示方式，軟體目前亦尚未設計。另非邏輯錯誤通常源自於使用者所輸入之數據並未真實反映其構想，而導致使用者認為有誤，但數據仍合乎邏輯。軟體系統並無從得知使用者之真實構想，因此亦無法輔助糾錯。此種狀況僅能依賴使用者檢視模擬結果是否符合其預期，再予適當檢視及處理。</p> <p>(5)所謂「控制中心」為軟體系統內部使用的功能之一，為邏輯上的軟體任務及角色，並無任何實體硬體，甚至不一定有完整而專用的真實程式模組。本軟體完成後，需用單位經運研所同意之後，本開發團隊將可協助其取得及安裝軟體，亦將配合移交予運研所指定之維護單位。</p> |              |
| <b>(四)桃機公司鄭管理師羽哲</b>                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |              |
| <p>1.需求文件意見</p> <p>(1)第 6 頁表 2-1，時間點的單位是「分鐘」、「秒」或是「分鐘 + 秒」？請補充說明。</p> <p>(2)第 7 頁之表 2-2，專有名詞加上「STOT」和「ATOT」，係指「表定/實際航空器起飛時間」。</p> <p>(3)第 9 頁之數據管理 3，請詳細說明為「桃園機場之商業智慧分析平台(ADIP)」。</p> | <p>1.</p> <p>(1)時間點之單位為分鐘。</p> <p>(2)需求文件係經過使用者審慎確認，以儘量避免因溝通誤解或其他因素而致之錯誤。有關在需求文件表 2-2 補充「STOT」與「ATOT」乙節，將在完成使用者確認程序之後補充之。</p> <p>(3)同上。</p> <p>(4)若使用者明確定義其他機場</p>                                                                                                                                                                   | <p>同意辦理。</p> |

| 參與審查人員及其所提之意見                                                                                                                                                                                                                                                 | 合作研究單位處理情形                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 本所計畫承辦單位審查意見 |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| <p>(4)第 12 頁之航班規則，航班需要定義航空器的註冊編號(機尾編號)，對於桃園機場沒問題，但是其他機場納入運用時，是否能排除該項邏輯錯誤？請考量並補充說明。</p> <p>(5)有關離場與到場的定義，以飛機自機坪開始後推(速度&gt;0)、或者是飛機滑入機坪/拖入廠區停止(速度=0)為模擬節點。</p>                                                                                                  | <p>所提供之數據項目以及處理規則，本系統應可配合。</p> <p>(5)依需求文件，本系統之四種航空器活動為滑入、滑出、拖入、拖出，各有其定義。但其中並無「離場」活動，亦無「到場」活動。</p>                                                                                                                                                                                                                                                        |              |
| <p>2.期中報告意見</p> <p>(1) 第 43 頁之停機位分類與分組，在匯入班表時使用者是否要先設定？或是軟體裡面會製作停機坪群組的指派規則庫，屆時由規則庫來執行？請補充說明。</p> <p>(2)目前軟體的匯入功能，何者為必要欄位？匯入表的格式是否在這個階段就要定義？請於期末前定義清楚後以範例說明，例如：看到拖機即納入活動中，至於拖機的班表匯入格式，請補充說明。</p> <p>(3)請補充說明本年度於實例運用時，可能模擬的範圍(班表範圍)與呈現成果，請示範說明既有場面編輯的變動需求。</p> | <p>2.</p> <p>(1)使用者在執行分析之前應先確定場面（含停機位及其分類）、航空器分類等均已依其構想設定完成，再配合這些設定編輯班表並匯入之。實務以及邏輯上均應該由班表資訊配合場面等之設定，而不應由場面來配合航班之班表。另，本軟體系統並無規則庫。</p> <p>(2)使用者所提供之班表中，基本上於模擬行為需求中所使用到的欄位均為必要欄位。由於必要欄位之說明並非使用者需求，未來將於使用手冊中說明之。匯入表之格式基本上將儘量配合使用者之需求，惟此部分並不影響軟體架構，使用者可在著手開發之後再提供亦不礙進度。若使用者同意由開發團隊自行定義，再由使用者配合，亦為可行作法。至於有關拖機的部分，需求文件已有拖入及拖出兩種拖機相關活動，亦有相關之需求項目。若使用者認為對拖機相關</p> | <p>同意辦理。</p> |

| 參與審查人員及其所提之意見                                                                                                                                            | 合作研究單位<br>處理情形                                                                                               | 本所計畫承<br>辦單位<br>審查意見 |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
|                                                                                                                                                          | 活動之邏輯有進一步修正或增加需求之必要，可再提出，於完成確認程序之後納入需求文件作為軟體設計及開發之依據。<br>(3)本年度之軟體實作開發進度應尚未達可實例應用之程度。                        |                      |
| <b>(五)交通大學運輸與物流管理學系黃教授明居(書面意見)</b>                                                                                                                       |                                                                                                              |                      |
| 1.第 1.3 節工作項目，期中報告須針對今年度工作項目，羅列更詳細的工作項目，例如：需求訪談可再細分為民航局訪談項目；機場運作訪談項目...，並標示各細項已經完成的百分比。另外，需說明各完成執行項內容在期中報告中所對應的頁碼。                                       | 1.將於期末報告中列出工作項目對照表。                                                                                          | 同意辦理。                |
| 2.第 1.4 節發展藍圖，所建議的 4 項內容，均為「完成本計畫之後，建議運研所的事項」，為何寫在本計畫期中報告中？建議視本計畫執行兩年後，再依計畫成果評估未來運研所需注意事項。                                                               | 2.發展藍圖寫入期中報告，係依 6 月 5 日工作會議之要求。本項建議將提供後續工作會議討論。                                                              | 同意辦理。                |
| 3.第 2.1 節運研所過往研究，建議將過往研究的成果，與本研究有高度相關的部分補充說明。本節內容中常使用「此研究以過往研究所開發的技術為核心....」本年度計畫須延續過去哪些技術核心，可以列表或圖形加以說明。而且由 106 年研發的核心技術，6 年後是否適用？是否需要調整修改？應有更詳細的評估與說明。 | 3.第 2.1 節所列之運研所過往研究均與本研究具有相當之相關性。這些研究逐步累積而成為本案所使用之核心技術；過往研究之個別技術並無法單獨成為本案之核心技術。至於這些技術之可用性不受時間長短之影響，並無使用期限之慮。 | 同意辦理。                |
| 4.第 3.2 節軟體基本架構，圖 3.1                                                                                                                                    | 4.所謂軟體系統之架構，乃是一                                                                                              | 同意辦理。                |

| 參與審查人員及其所提之意見                                                                                                         | 合作研究單位<br>處理情形                                                                                                                                                                                                                 | 本所計畫承<br>辦單位<br>審查意見 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
| <p>僅為示意圖，並非架構圖。軟體系統應有更完整的「系統架構圖」與詳細的使用環境說明，以及使用哪些程式撰寫等。更重要的是模擬系統的各項模組間關係與流程推論描述等。</p>                                 | <p>種抽象之概念，指構成軟體的各元件之間的相互關係，以及與環境的互動。而架構圖之目的在以視覺化的方式表示此一抽象概念，因此架構圖的設計以及其內容，端視該圖的目的而定。本案最重要的工作均以使用者為中心：釐清使用者、瞭解使用者需求、將使用者需求具體化並整合成為需求文件，再據以實作成為可用的軟體。以此，圖 3.1 的目的在由使用者的立場，提供圖形以助其瞭解本軟體運作的概念，將有助使用者明確化其需求，並有助使用者與軟體設計開發者間之溝通。</p> |                      |
| <p>5. 目前模擬系統軟體已經朝 Web-based 共治模擬平台，即相關的 Stakeholder 依照自己需求與經驗，共同設定相關的參數，共同模擬規劃決策與應變相關事件。此計畫是否朝此方向研發與建置？請補充說明。</p>     | <p>5. 使用者並無此方面之需求，本軟體亦非朝此方向開發。</p>                                                                                                                                                                                             | <p>同意辦理。</p>         |
| <p>6. 第 4.1 節，需要符合運研所、民航局與桃機公司的模擬系統需求不容易，建議於本章節最後將各需求可共同使用哪些核心模組，哪些需有個別開發功能等彙整成表或圖，較容易看出訪談結果，各單位需求的差異與開發模擬軟體的困難度。</p> | <p>6. 本系統並無任何功能係為某使用者個別開發。</p>                                                                                                                                                                                                 | <p>同意辦理。</p>         |
| <p>7. 第 4.4~4.5 節，航班數據需求與數據管理需求，系統軟體的設計應該更有彈性，不能只有接受 CSV 資料的輸入，應視目前各單位正使用的資料格式而定</p>                                  | <p>7. 接受 CSV 格式輸入為使用者需求。使用者並無以其他格式輸入之需求。而使用者亦無意開放其數據，也無與不特定軟體直接串接之需求。</p>                                                                                                                                                      | <p>同意辦理。</p>         |

| 參與審查人員及其所提之意見                                                                                                                                                                                                     | 合作研究單位處理情形                                                                                                                               | 本所計畫承辦單位審查意見                                                 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| 會更加務實。甚至了解目前開放的航班資料(Open Data)格式，做更方便的串接。                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                          |                                                              |
| 8.第 4.11 節，建議彙整詳細且整體的需求整，針對可行的需求功能做更細的工作(功能)表格，以確定模擬系統的各項功能，以利更能反饋回開發的系統架構與參數是否能符合滿足 3 個單位的需求。                                                                                                                    | 8.本計畫之需求文件第 1.2 版已經所有使用者確認在案，應可符合需求。未來若使用者有變更需求之必要，亦將循相同程序，經確認之後修訂需求文件，作為軟體設計開發之依據。                                                      | 同意辦理。                                                        |
| <b>(六)民航局</b>                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                          |                                                              |
| 1.第 4.6 節分析結果需求<br>(1) 表 4-9 「活動時間統計值需求」第 4 項目「...歸屬以廠區時間點為準」語意不清，建議修正為「...歸屬以進入廠區時間點為準」。<br>(2) 航空器到場量之統計，有以航空器進入停機位之時間、航機脫離跑道之時間及航機著陸於跑道上之時間為基準者，本報告書表 4-10 採用由「跑道出口脫離之時間點」，後續由本局相關單位取得相關時間資料時，宜予釐清，以免統計架次造成落差。 | 1.<br>(1)謝謝提醒，已依建議修正報告書該表。<br>(2)謝謝提醒，惟使用者並無匯入跑道相關時間點資料之需求，而本軟體亦未設計此功能。                                                                  | 同意辦理。                                                        |
| 2.第 4.8 節滑行道模擬邏輯需求，依第 41、42 頁之假設情境，進入相鄰 2 節點之時間差應為 1 分鐘，惟 42 頁第 2 列「航空器 2 於 10:00:30 進入並占用節點 D，...，應該於 10:01:00 進入並占用節點 B」，前述進入 2 節點之時間僅為 30 秒，與假設情境之 1 分鐘時間差不一致，請釐清。                                             | 2.此處之全文為「倘若航空器 2 為場面上唯一之航空器，則依其滑行速率推算，應該於 10:01:00 進入並占用節點 B。但如前所說明，在 10:01:00 時節點 B 係由航空器 1 所占用...」。綜合前文「倘若...」以及後文「但...」解讀之，此處之論述應屬正確。 | 合作研究單位已於期末修正報告回應如後：「謝謝指正，有關『航空器 2 於 10:00:30 進入』文字有所誤植。正確內容為 |

| 參與審查人員及其所提之意見                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 合作研究單位處理情形                                                                                                   | 本所計畫承辦單位審查意見      |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                              | 10:00:00」。        |
| 3.報告書第 4.9 節、需求文件第 4.2 節，有關停機位指派(系統自動指派)時間點，是指前一天預排？或當天臨時調派？請釐清，如為後者，指派時間點實務上較難固定。                                                                                                                                                                                                                                      | 3.所謂停機位之前一天預排或當天臨時調派，係指機場航務單位之作為；報告書第 4.9 節及需求文件第 4.2 節所描述者為使用者對軟體系統功能之需求。兩者之間並無必然之一定關係。                     | 同意辦理。             |
| 4.需求文件第 3.3 節，有關平均拖出時間及平均拖入時間之計算，拖出及拖入僅限「廠區」與「停機坪」之間，設定內容是否足夠？請釐清。                                                                                                                                                                                                                                                      | 4.此為使用者之需求。使用者如此提出，應有其適當之考量。                                                                                 | 合作研究單位已於期末報告補充說明。 |
| <b>(七)民航局飛航服務總臺</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                              |                   |
| 1.有關報告書第 35 頁「本軟體系統所使用之核心技術...在使用者所設定的情境下進行模擬，再依模擬的結果統計『跑道在每小時的起飛或降落架次數』。」以及第 36 頁表 4-10，將起降量統計區分為跑道與機場 2 種；又報告書第 32 頁：「本軟體系統將定義『滑入』、『滑出』、『拖入』及『拖出』共計 4 種航空器活動」。本總臺提出以下 2 種未包含於軟體定義，但影響跑道起降量的 4 種航空器活動，供研究團隊參考：<br>(1)降落航機無法完成落地或不穩定進場時，將執行誤失進場程序(重飛)，依據本國飛航指南 ENR 1.5.3，執行誤失進場程序之航機於達到誤失進場程序之指定轉彎高度，並通過誤失進場點後再行轉彎。因此「執 | 1.謝謝建議。因此類模擬之功能並未在使用者需求範圍內，故未納入軟體功能設計中。<br>(1)謝謝提供有關重飛之實務規章及知識。<br>(2)謝謝提供有關「連續起降」、「落地後再起飛」、「低空通過」等之實務規章及知識。 | 同意辦理。             |

| 參與審查人員及其所提之意見                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 合作研究單位<br>處理情形                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 本所計畫承<br>辦單位<br>審查意見 |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
| <p>行誤失進場程序的降落航機」將爬高，並通過接近跑道之誤失進場點，因此視為跑道起降量的 1 個降落架次跟 1 個起飛架次。</p> <p>(2) 依據飛航管理程序(ATMP)3-8-2，執行「連續起降」、「落地後再起飛」或「低空通過」之航機，被同時視為到場航空器與離場航空器。於某機場跑道執行上述作業的航空器可能最終目的為其他機場，未必會滑入或拖入該機場之機坪。</p>                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                      |
| <p>2.軟體使用者自行設定過多參數可能嚴重影響使用意願與效果，建議以下 2 種參數設定，不應由使用者自行設定調整：</p> <p>(1)第 40 頁「本軟體系統將以節點與節線所構成之網路來表現滑行道系統。」另於第 41 頁「軟體系統將確保在任一時間，任一節點或節線均最多僅容納 1 架航空器」，並在表 4-13 描述「滑行道之交叉口或中間點」設一節點。因報告書其他部分沒有提及節點與節線的實際分配，而桃園機場實際場面節點或節線規畫影響機場運作甚鉅，諸如滑行道 S 與 Q5 和 Q6 交叉口間的段落，會納入多少節點/節線？A1、A2、A3 機坪後方滑行道能容納多少節點/節線等。</p> <p>(2) 第 43 頁，描述「真實航空器於滑行之過程...不可避免將有時間損失。此一時間損失之時間</p> | <p>2.所有參數均來自使用者之要求，若使用者有設定之要求而軟體未提供設定之機制將嚴重影響使用者之使用。目前並無使用者認為參數過多。未來若使用者修正需求，認為任何參數應予固定在某一值，軟體均可在確認需求之後，取消可設定之參數而予以固定在使用者指定之數值，即可有效減少使用者所需設定之參數。對軟體系統而言，任何參數之取消均無技術困難，惟取消後再回復則有難度。</p> <p>(1)依使用者需求，本系統之未來使用者要求軟體提供在底圖上編輯滑行道之功能，且軟體不限僅可應用於桃園國際機場。若使用者使用桃園國際機場之底圖進行滑行道編輯，則軟體將允許其在滑行道 S 與 Q5 和 Q6 交叉口間的段落自由佈設節點與節線；其他段</p> | <p>同意辦理。</p>         |

| 參與審查人員及其所提之意見                                                                                                                                | 合作研究單位<br>處理情形                                                                                                                                            | 本所計畫承<br>辦單位<br>審查意見 |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
| 長度...缺乏可靠的長期真實觀測數據...本軟體系統將提供使用者自行設定本項轉向過彎時間損失之機制。」由於航空器滑行動態對機場空側模擬至為重要，交使用者自行設定本項參數對擬真性造成極大影響，建議研究團隊可至桃園機場公司參考場面監控強化系統顯示器畫面，便可獲得相關場面真實觀測數據。 | 落亦同。而軟體則依使用者所設定之節點與節線，依既定邏輯執行模擬。<br>(2)據瞭解目前相關單位均無本項之長期真實觀測統計數據，桃園機場公司之場面監控強化系統亦然。本模擬軟體系統上線使用之後，應可用以評估本項數據對模擬結果之影響力，以及取得真實統計數據之必要性，作為相關單位收集、紀錄其運轉狀況數據之參考。 |                      |
| <b>(八)中華機場協會</b>                                                                                                                             |                                                                                                                                                           |                      |
| 1.本協會第一次參與本案會議，願意未來參與本案相關討論，並給予建議，希望本協會相關執行經驗能對本研究計畫之執行有所幫助。                                                                                 | 1.至為感謝。                                                                                                                                                   | 敬悉。                  |
| 2.機場模擬之預演系統較為單純，至於臨時性發生或人為事件是屬於推演式，是需要設計的。民航局的需求比較屬於分析性質，機場公司的需求比較屬於操作性質，建議有所區分。                                                             | 2.確是如此。運研所過往研究、使用者需求以及本軟體設計均以達成分析功能為最主要之方向，並未納入臨時性狀況之考量。                                                                                                  | 敬悉。                  |
| <b>(九)本所運工組</b>                                                                                                                              |                                                                                                                                                           |                      |
| 1.本計畫彙整之各單位對軟體之需求，是否超出本所 110-111 年所研發模式之核心技術部分?如何處理這部分的問題，請補充說明。                                                                             | 1.本案多次訪談過程中均與使用者進行深入而廣泛之討論。討論過程所觸及之範圍甚廣，並在討論之後去蕪存菁，將共識結論納入需求文件中。其中部分討論過程確有超出運研所 110-111 年所研發模式核心技術之部分，其未納入需求文件中，但亦無進一步處理之議。                               | 同意辦理。                |

| 參與審查人員及其所提之意見                                                                                                       | 合作研究單位處理情形                                                                                                                                                                                                                                                                        | 本所計畫承辦單位審查意見    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| 2.未來發展藍圖建議在長期發展方面納入空域單元，並可考量於中期發展階段，深入擴充研析離場管理(DMAN)與到場管理(AMAN)機制。                                                  | 2.運研所過往研究曾經納入空域，亦獲得一定成果。如民航局、飛航服務總臺及其他相關單位均認為空域應納入未來開發範圍，並投入所需研發資源，我國之研發能力應足以達成。至於 DMAN 及 AMAN 二項機制原本即已納入中期發展目標，與本項意見一致。                                                                                                                                                          | 同意辦理。           |
| 3.因本所、民航局與桃機公司對本模擬系統之需求有共同之處及明顯差異，建議於適當章節將需求共同使用之核心模組或個別開發功能，彙整成表或圖加以呈現與說明；並說明該需求在系統分析架構上之考量。                       | 3.各使用者基於本身職務角色對本軟體各有不同期待，但達成需求所需要的軟體功能差異不大。而本系統並未為任何使用者設計其個別使用之功能。                                                                                                                                                                                                                | 同意辦理。           |
| 4.圖 3.1 僅為軟體基本架構示意圖，建議補充更完整的軟體系統架構圖、使用環境說明、各模組間關係與流程說明。另「資料庫」、「控制中心」、「模擬引擎」未來運作方式、本軟體完成後之維護方式、各需求者未來取得與使用方式等，請補充說明。 | 4.所謂軟體系統之架構，乃是一種抽象之概念，指構成軟體的各元件之間的相互關係，以及與環境的互動。而架構圖之目的在以視覺化的方式表示此一抽象概念，因此架構圖的設計以及其內容，端視該圖的目的而定。本案最重要的工作均以使用者為中心：釐清使用者、瞭解使用者需求、將使用者需求具體化並整合成為需求文件，再據以實作作為可用的軟體。以此，圖 3.1 的目的在由使用者的立場，提供圖形以助其瞭解本軟體運作的概念，將有助使用者明確化其需求，並有助使用者與軟體設計開發者間之溝通。至於資料庫、控制中心、模擬引擎均為抽象概念，其實體程式均緊密相互配合運轉，並無獨立的運 | 合作研究單位已於期末報告補充。 |

| 參與審查人員及其所提之意見                                                                       | 合作研究單位處理情形                                                                                                                                                                                                                        | 本所計畫承辦單位審查意見                 |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|
|                                                                                     | <p>作方式。</p> <p>本軟體完成後，需用單位經運研所同意之後，本開發團隊將可協助其取得及安裝軟體，亦將配合移交予運研所指定之維護單位。</p>                                                                                                                                                       |                              |
| <p>5.第 29 頁，報告說明軟體容許使用者在機場場面中設定一處廠區，做為航空器停留之用，但華航與長榮實際在桃園機場設有數處廠區，請補充說明該設定之原因。</p>  | <p>5.本軟體之目的並不在忠實呈現真實機場之設施佈設。軟體的目的在提供適當功能以允許使用者依其構想而設定模擬時所使用的機場場面設施佈設狀況，並且不應限制使用者僅可設定與某座機場相近之佈設狀況。因此軟體之功能係依使用者之需求而設計。依據使用者對本系統已完成確認之需求，並未涉及指定航空器活動時使用何廠區，亦無自動選用廠區的規則。在使用者不指定活動所使用之廠區，亦無自動選用規則的狀況下，軟體設計必須採用唯一廠區，否則軟體於模擬時將無規則可循。</p> | <p>合作研究單位已依使用者需求，修改廠區設定。</p> |
| <p>6.報告內容有幾處錯漏字、部分文字呈現方式須修正或補強部分，將另行與研究團隊溝通，請配合修正。另期末報告之撰寫，請依本所出版品印製相關規定格式辦理。</p>   | <p>6.謝謝，配合進行文字修正並依格式辦理。</p>                                                                                                                                                                                                       | <p>同意辦理。</p>                 |
| <p><b>六、主席結論</b></p>                                                                |                                                                                                                                                                                                                                   |                              |
| <p>1.有關機場空側擾動事件之考量，未來若要擴充研究以提供機場臨時性輔助決策參考，尚需進行 2~3 年研究，歡迎民航局及機場公司後續投入經費與本所共同辦理。</p> | <p>1.謝謝。</p>                                                                                                                                                                                                                      | <p>敬悉。</p>                   |

| 參與審查人員及其所提之意見                                                             | 合作研究單位<br>處理情形 | 本所計畫承<br>辦單位<br>審查意見 |
|---------------------------------------------------------------------------|----------------|----------------------|
| 2.審查會議各委員及與會單位研提之口頭及書面意見，請成大研究發展基金會整理「審查意見處理情形表」，且逐項說明回應辦理情形，並充分納入報告之修正。  | 2.遵照辦理。        | 同意辦理。                |
| 3.本計畫經徵詢審查委員意見，期中報告審查原則通過，請成大研究發展基金會後續依本所出版品印製相關規定撰寫報告，並納入每月工作會議查核事項進行追蹤。 | 3.遵照辦理。        | 同意辦理。                |



## 附錄 B：期末報告審查意見處理情形表

| 參與審查人員及其所提之意見                                                                                                                                                         | 合作研究單位<br>處理情形                                                                                                                                                                                                                                                              | 本所計畫<br>承辦單位<br>審查意見 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
| <b>(一)本所許前組長書耕</b>                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                             |                      |
| 1.尚需說明的部分                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                             |                      |
| (1)班表輸入方式：簡報 P7 使用者需求 3.4：「本軟體系統可匯入班表的 CSV 格式數據。系統不提供編輯班表功能。」本人曾在期中審查時提及，如果輸入資料內容需要稍微修改，使用者豈不是要先退出系統，在其他軟體編輯修改內容後，再重新進入系統進行匯入。期末似未作修改，有何原因？建議補充說明。                    | (1)本案訪談過程中曾與使用者深入討論本項課題。本項主要考量為(a)此處所需要之編輯動作均為文字編輯，均未超出 excel 軟體之能力範圍、(b)此處之編輯並不涉及其他數據項目(例如場面等等)、(c)目前使用者並無法確定所需要之具體編輯動作項目以及需要一併查詢，無從設計軟體功能、(d)本案可用經費甚少，應將寶貴資源儘量用於模擬功能開發而避免重複開發 excel 已可提供之功能。基於以上之考量本軟體乃不提供航班編輯之功能。但在軟體設計時，將注意允許使用者在有需要時，使用 excel 編輯過後可直接重新讀入，完全不必退出本軟體系統。 | 同意辦理。                |
| A.系統如果有對輸入資料做除錯或合理性偵錯的功能，必需要使用者針對少的局部的錯誤做修正；此外，即便現況的班表可拿民航局系統以 CSV 格式輸出的資料來輸入，未來如需進行規劃案的模擬，亦即需使用者產生新的班表時，少的局部錯誤修正似不可避免。系統如能提供線上修改會給使用者很大的便利，故仍建議能提供可在本系統中即可編輯修改內容的功能。 | A.即使僅需少量局部錯誤修正，使用者在找出需要修正之處的過程中仍需面對數百或數千航班之資訊。在需求訪談中與使用者深入討論之結果，此處所需要之編輯動作均為文字編輯，均未超出 excel 軟體之能力範圍，且本案可用經費甚少，應將寶貴資源儘量用於模擬功能開發而避免重複開發 excel 已可                                                                                                                              | 同意辦理。                |

| 參與審查人員及其所提之意見                                                                                                                                                             | 合作研究單位<br>處理情形                                                                                                                                     | 本所計畫<br>承辦單位<br>審查意見 |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
|                                                                                                                                                                           | 提供之功能。                                                                                                                                             |                      |
| B.如果不提供系統內修改功能，而需往返系統與 EXCEL，則因大部分只有局部的錯誤需要修正，因此，如何很清楚掌握那筆資料的那個錯誤，是很重要的資訊。建議班表的資料格式中，第一欄為流水編號，以供偵出錯誤時能提供使用者很快在龐大資料中找到錯誤處。                                                 | B.若使用者需要做少量修正時使用本軟體之內建功能，而修正處較多時使用 excel 為之，則勢必將增加軟體的操作複雜性。且目前尚無法確認使用者所需要的修正，究竟大部分均為局部錯誤需要修正。至於在畫面上顯示班表流水號，將待未來設計該畫面時再與使用者討論之。謝謝建議。                | 同意辦理。                |
| C.由場面布設的輸入知，系統可以狀態(颱風或施工)來定義跑道與滑行道不同參數，班表是否亦需因狀態而有不同的輸入內容。                                                                                                                | C.班表可由使用者自由命名，若有此需求，使用者可將其為颱風、施工或其他狀態所製備之班表，作適當之命名即可達到目的。                                                                                          | 同意辦理。                |
| (2)場面資料輸入：本次場面資料輸入的人機界面展示，清楚說明過去的研究成果在人機界面上僅供開發工程師使用，一般使用者很難應用。本案則以一般使用者來設計人機界面，完成後將具備商用軟體的規格。                                                                            | (2)過往研究確是以工程師作為使用者，本期改為以民航局、桃機公司及運研所相關人員為使用者。此亦為過往成果難以延續應用的重要原因之一。                                                                                 | 同意辦理。                |
| (3)場面整體輸出：簡報 P7 使用者需求 3.6 結果輸出與呈現需求：「航班活動時間、延滯時間、跑道起降量、個別活動數據。」本人曾在期中審查時提及，在滑行道單元的分析結果(輸出)需求上，似欠缺一個顯現與展示整體滑行道在各航班實際與模擬滑行道結果的軌跡重疊圖，提供航管人員比對其下達的指示產生的成果。期末似未作修改，有何原因？請補充說明。 | (3)期末對此未有充份著墨之原因在於尚未具體設計軟體的模擬結果顯示方式。軟體顯示模擬結果的方式必須依據使用者需求為之，完全不宜依非使用者（含軟體設計者）之想像為之。但使用者在有機會接觸軟體之前，往往難以想象其所需要的顯示方式。配合此種狀況，本案所設計之軟體架構允許使用者在開發部分軟體之後再提 | 同意辦理。                |

| 參與審查人員及其所提之意見                                                                | 合作研究單位<br>處理情形                                                                                                                                      | 本所計畫<br>承辦單位<br>審查意見 |
|------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
|                                                                              | 出對顯示方式之需求而不致於影響已開發之軟體，同時亦配合設計開發期程，先進行場面設定以及基本模擬功能之軟體開發，目的之一即在方便使用者儘早上手體驗，方能具體提出其對模擬結果顯示方式的有意義、真實需求。因此，後續開發過程中，民航局、桃機公司及運研所相關使用者配合進行充份的測試及回饋，實為重中之重。 |                      |
| A.可以模擬的起降次數為分母，各跑道或滑行道，甚而穿越跑道處的起降或滑行數為分子，算出百分比或數字，再以不同顏色來顯示忙碌程度。             | A.謝謝建議，未來與使用者討論其對模擬結果顯示方式與內容時將納入討論。                                                                                                                 | 同意辦理。                |
| B.能否提供沒有底圖的場面圖，以供使用者檢查場面資料輸入的完整性。                                            | B.謝謝建議。軟體之場面編輯功能已完成，並已釋出供運研所及桃機公司使用者進行測試。目前尚未收到使用者在此方面之回饋意見。未來將納入討論。                                                                                | 同意辦理。                |
| 2.總體評論<br>本案研究團隊態度積極嚴謹，已具體完成本年度的需求分析各項目，應可據以有效構建國際機場運作模擬分析軟體。本研究成果值得肯定       | 2.謝謝委員肯定。                                                                                                                                           | 敬悉。                  |
| <b>(二) 民航局張自立專門委員</b>                                                        |                                                                                                                                                     |                      |
| 1.本計畫延續前期研究成果，在模擬分析軟體經過驗證，能反映機場實務運作情況之基礎下，進一步針對使用者需求，包含機場規劃、航務運作等實務議題反覆探討，將航 | 1.謝謝。                                                                                                                                               | 敬悉。                  |

| 參與審查人員及其所提之意見                                                                                                                                                                                    | 合作研究單位<br>處理情形                                                    | 本所計畫<br>承辦單位<br>審查意見 |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|----------------------|
| 管、場面、跑滑道配置等轉換為各項參數，應能含括並符合機場實務運作狀況。                                                                                                                                                              |                                                                   |                      |
| 2.在模擬軟體操作方面，透過底圖、場面編輯、參數設定與資料輸入操作流程進行模擬、輸出使用者所訂情境與所需項目模擬數據的操作程序，亦符合一般模擬邏輯，有助使用者操作。整體而言本期計畫成果應符合契約要求，審查通過。                                                                                        | 2.謝謝。                                                             | 敬悉。                  |
| 3.不同使用者因為專業與實務背景不同，對實務面經驗轉化為模擬參數的假設情境與設定方式，理解程度的差異，會造成模擬過程與結果之不同。                                                                                                                                | 3.確是如此。軟體已逐漸進入可供使用者測試之階段，未來運研所、民航局及桃機公司使用者之確實而深入之測試，為軟體開發過程中重中之重。 | 敬悉。                  |
| 4.模擬軟體之操作，除軟體本身功能外，操作介面的友善程度、除錯過程及輸出資料的應用等，相當重要。還是需要透過實際操作，透過使用者經驗回饋，持續進行修正。                                                                                                                     | 4.使用者的確實測試及回饋，確為重中之重。                                             | 敬悉。                  |
| <b>(三) 桃機公司鄭羽哲管理師</b>                                                                                                                                                                            |                                                                   |                      |
| 1.機場空側模擬為機場興建及後續營運評估之分析工具。臺灣位於西太平洋航線之關鍵地位，然主力國際機場發展資源(跑道、停機位、是否有宵禁機場等)相較於鄰近競爭國家而言限制較大。因此如何在現有資源中討論最有效率之機場運用方式，維持機場作業效率之整建與施工，以及為後續不同興建與擴建方案選擇較優先選項，透過模擬手段，均能提供一融合環境與實際限制條件之客觀分析工具，對於機場經營是重要參考基準。 | 1.謝謝，確是如此。                                                        | 敬悉。                  |
| 2.本系列研究業完成空側模擬所需                                                                                                                                                                                 | 2.謝謝。一致化之比較標準，                                                    | 敬悉。                  |

| 參與審查人員及其所提之意見                                                                                                                                                                                                         | 合作研究單位處理情形                                                                 | 本所計畫承辦單位審查意見 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|--------------|
| 之各模擬運作參數考量與對應內容，不僅為本研究奠定後續發展基礎，亦可協助其他相關模擬專案統一機場模擬之評估產出內容，將有助於在未來跨專案(或者是前後不同專案分析時)有一致化之比較標準。                                                                                                                           | 其重要性無庸置疑。而認定此一標準，唯有賴實務單位為之。                                                |              |
| 3.國際機場運作模擬分析軟體之建置，除了模擬模式本身探究外，亦可思考未來該軟體如何協同研究單位(運輸研究所)、主管機關(交通部、交通部民航局)、機場營運單位(如桃園機場、松山機場)等單位如何投入用於機場規劃與評估作業流程，並可厚植我國學術單位針對於機場研究之軟實力。                                                                                 | 3.本團隊亦至為期待。                                                                | 敬悉。          |
| 4.運研所研發的這套機場模擬系統已產生額外效益，本公司已用以對照、檢核過去委託之國外團隊模擬結果無法合理解釋之處，從而釐清落差原因並找到錯誤，使我們得到跑道、滑行道符合預期之規劃；另外，國外團隊無法完全按照本公司要求之情境進行分析，或是在計畫進行過程中，若發現研究產生數據有問題，要求委託團隊釐清時又會被質疑為何不在計畫開始就說明清楚而要求額外增加經費，因此發展我國機場本土模擬軟體做為機場營運管理之重要輔助決策工具有其必要。 | 4.謝謝。開發本國自主之模擬系統，其效益確實絕不僅限於模擬分析本身。未來產生可觀的外溢效益是可預期的。                        | 敬悉。          |
| 5.機場委託國外團隊分析經費是從8位數起跳，運研所研發的機場模擬系統可協助進行初期計畫審議、方案擇選，可以協助節省工程評估、管理調度等預算，並可增進效益。                                                                                                                                         | 5.本計畫所獲得之經費與此相去甚遠，且須以部分投入於非軟體開發之工作。未來若能有更多資源挹注以及更廣的使用者參與，將可大幅加快開發、達到更完整的軟體 | 敬悉。          |

| 參與審查人員及其所提之意見                                                                                                                                                                                                                                          | 合作研究單位<br>處理情形                                                                                | 本所計畫<br>承辦單位<br>審查意見 |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                        | 功能，產生更為可觀的效益。                                                                                 |                      |
| 6.桃園機場近年一直有工程進行，需要同時擴建並爭取更多航班數量，已無法知道桃園機場在乾淨場面的情境，雖知道跑道延滯可能產生遞延情形，但並不知道航班遞延之後再遞延會產生甚麼結果，也難以得知是否會導致航機無法回到廠區，或是航機在外站可能無法飛回桃園機場，且無法具體告知航空公司如何配合或說明為何需要減少航班，僅能用簡單的計算方法略為估計。若能有本土機場空側模擬軟體系統，就可事先模擬且評估空側作業受到影響時，對航機與機場之衝擊情形，這也是本公司為何將航機拖行時間與滑行時間列為重要分析項目之原因。 | 6.此種需求確為模擬軟體的重要功能之一，亦為模擬以外方法難以達到的目標。                                                          | 敬悉。                  |
| 7.本期報告對於桃園機場與系統運作流程之著墨較多，建議第2年期可強化與非桃園機場(如松山、高雄機場)之模擬運作方式，使國家空側相關作業可廣泛透過模擬系統用以評估，以較有效率且客觀之評估模式，進一步強化機場管理單位對於運作效率之掌握能力。                                                                                                                                 | 7.本軟體設計開發之目標使用者為桃機公司、民航局及運研所人員。目前已完成需求確認，並正積極依需求設計開發軟體系統。建議先聚焦於本研究既定目標，待軟體未來升級改版時可再納入其他使用者需求。 | 同意辦理。                |
| 8.本公司刻正規劃編列本軟體後續維護使用經費，預計114年起正式編列預算應用本軟體。                                                                                                                                                                                                             | 8.瞭解。                                                                                         | 同意辦理。                |
| <b>(四)桃機公司李建國前副總經理(書面意見)</b>                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                               |                      |
| 1.第3.4節「班表數據需求」，班表之內容由使用者自外部以檔案形式提供，再由軟體系統提供匯入功能讀取之。使用者並不需要在匯入之後，再於本軟體環境中做進一步                                                                                                                                                                          | 1.各航班之屬性係設定於航班外部檔案中，一併匯入本系統中。                                                                 | 同意辦理。                |

| 參與審查人員及其所提之意見                                                                                                                                                                       | 合作研究單位<br>處理情形                                                                                                                    | 本所計畫<br>承辦單位<br>審查意見 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
| 的航班編輯；但又提到本軟體系統需要允許使用者個別設定每一筆航班活動之基本屬性，包括航空器尾號、航空器分類、該筆活動之種類、預定進入或離開停機位之時間等，說法前後有點混淆，請進一步釐清。                                                                                        |                                                                                                                                   |                      |
| 2.第 3.6 節「結果輸出與呈現需求」，表 3-7 呈現數據種類需求內容，有關延滯時間之定義為：模擬過程中各活動所使用之時間長度超出其最短可能時間乙節，請問最短可能時間定義為何？請補充說明。                                                                                    | 2.最短可能時間指航空器在無任何外部干擾（例如來自其他航空器之影響）下，完成其活動所需要之時間長度。                                                                                | 同意辦理。                |
| 3.第 3.10 節「航班模擬邏輯需求」，以表 3-15 所示之簡例說明之。該表之第 4 筆數據預定滑出開始時間為 13:10。設若在模擬過程中因故發生延滯，使得該活動延至 15:10 才開始。此時依本項例外規則，表 3-15 第 5 筆數據之滑進活動仍將以 15:00 為其預定開始時間，前述飛機尚未滑出停機位，就啟動滑進停機位，似乎不合邏輯，請補充說明。 | 3.本例之狀況為：該航空器發生相對較大的延滯，致使該航空器直至事前已排定之預定開始滑進時間(15:00)，仍未能完成前一趟活動。模擬系統將使所有未能依事前排定預定時間展開之活動次第遞延，從而維持邏輯之一致性。                          | 同意辦理。                |
| 4.綜合評述，誠如研究團隊所說，軟體開發者必須確實瞭解使用者之需求，再將需求化作系統參數，提供不同使用者彈性使用，惟仍須常與實際模擬作業結果做比對，來微調或校正系統。整體而言，目前研究團隊執行方向尚屬符合。                                                                             | 4.機場空側運轉具有高度隨機性，就如同真實機場不可能有兩天的運轉紀錄完全相同，任何模擬亦必與真實紀錄有所不同。需要比對的是兩者在統計上的差異性。然而比對真實紀錄與模擬結果時，後者易於取得而前者較為不易。未來若能取得適當的真實紀錄，本模擬系統配合比較應為可行。 | 同意辦理。                |
| <b>(五)民航局</b>                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                   |                      |

| 參與審查人員及其所提之意見                                                                                                                                                                                                  | 合作研究單位<br>處理情形                                                                                                            | 本所計畫<br>承辦單位<br>審查意見 |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
| 1.第 3.8 節「滑行道模擬邏輯需求」，報告書第 40 頁提及「假設兩航空器在兩相鄰節點之間滑行所需要之最短時間...均為 1 分鐘」，依此假設情境，進入相鄰 2 節點之時間差應為 1 分鐘，惟 41 頁第 1 列「航空器 2 於 10:00:30 進入並占用節點 D，...，應該於 10:01:00 進入並占用節點 B」，前述進入 2 節點之時間僅為 30 秒，與假設情境之 1 分鐘時間差不一致，請釐清。 | 1. 謝謝指正，有關「航空器 2 於 10:00:30 進入」文字有所誤植。正確內容為 10:00:00。                                                                     | 同意辦理。                |
| 2.第 1.3 節「工作項目」及第 1.4 節「發展藍圖」，報告書第 6、7 頁-「釐清機場空側運作瓶頸」為本模擬軟體之分析要項，建議後續應將如東北角星宇航空棚場拖機頻繁穿越跑道等作業情境納入模擬，以利釐清瓶頸熱點。                                                                                                   | 2.本系統於開發完成之後將移交各使用者進行模擬分析。此處所指之分析亦確在本系統能力範圍內。若使用者可提供對「瓶頸熱點」之明確定義，本系統亦可輔助釐清之。                                              | 同意辦理。                |
| 3.本局於需求訪談或期中、專家學者會議已提出相關需求，研究團隊已提出相關解答及列入軟體需求文件。                                                                                                                                                               | 3.謝謝。                                                                                                                     | 敬悉。                  |
| <b>(六) 民航局飛航服總臺</b>                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                           |                      |
| 1.第 3.8 節「滑行道模擬邏輯需求」，若有多數航空器(含拖入、拖出)在同一時間欲進入同一節點，其優先順序邏輯，實務上乃依飛航管理程序(ATMP)規範(如 2-1-5)輔以管制員專業經驗判斷，此點係攸關模擬軟體之擬真性，報告書是否有說明系統規劃優先次序之邏輯?請補充說明。                                                                      | 1.本系統所使用之模擬核心技術中，並無對優先次序之硬性設定，而是由模式在求解過程中追求減少平均延誤、提高流量的演算結果。<br>本系統模擬過程中基本上離場與到場優先權為相同。至於 ATMP 之 2-1-5 中，有關空域的部分則未納入本系統中。 | 同意辦理。                |
| <b>(七) 桃園機場公司</b>                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                           |                      |
| 1.第 1.4 節「發展藍圖」，報告原文為「軍用機場與軍民合用機場之分析則未納入本藍圖中」，因本專案                                                                                                                                                             | 1.第 1.4 節之目的在界定發展藍圖中，本軟體工具的適用目標而非邏輯基礎。因此在此處                                                                               | 同意辦理。                |

| 參與審查人員及其所提之意見                                                                                                                           | 合作研究單位<br>處理情形                                                                                     | 本所計畫<br>承辦單位<br>審查意見 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
| 核心為機場空側作業之模擬分析，無涉及機場或航班用途，建議文字調整為「相關模擬邏輯與參數設計均以民用航空為發展基礎」。                                                                              | 明確說明，目標是要適用於民用機場，而軍用機場與軍民合用機場則不在適用目標的範圍中。至於模擬邏輯則應與使用者需求有所呼應。以此，爰保留原文句，另在第 3.1 節說明所有使用者需求均以民用航空為範疇。 |                      |
| 2.第 3.1 節「基本說明」                                                                                                                         |                                                                                                    |                      |
| (1)於過去本系列專案發展過程中，可發現一套成功的模擬系統，其關鍵因素在於模擬參數若越能接近實際樣態，則模擬條件越為精準。而國內機場受限於土地使用因素，擴建不易，故一套可精準反映實際樣態之模擬系統，僅有本土發展方能反映本土機場現況，並能持續性精進各項參數以反映本土現況。 | (1)確是如此。                                                                                           | 敬悉。                  |
| (2)因國內機場多進入整建與擴建期，且同時面對鄰近機場競爭壓力，於施工階段同時維持作業效率、減少對於航班衝擊是國家競爭力至關重要之因素。在計畫與工程變動情境下，使用國內自主開發之模擬系統，可依據本土需求隨時調整與精進，較不易受到專案限制，而限制模擬系統之情境假設與想像。 | (2)期待本系統將對桃機擴建相關規劃有所助益。                                                                            | 敬悉。                  |
| 3.第 3.3 節「場面數據需求」                                                                                                                       |                                                                                                    |                      |
| (1)可輸入底圖建議修正為「可輸入具備比例尺之底圖」                                                                                                              | (1) 本軟體之設計，允許使用者輸入無標示比例尺之底圖。                                                                       | 同意辦理。                |

| 參與審查人員及其所提之意見                                                                                                                                                                                                   | 合作研究單位<br>處理情形                                                                                               | 本所計畫<br>承辦單位<br>審查意見 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
| <p>(2)有關場面數據需求之廠區容量設定為無限大，須強化說明 2 項論述重點：</p> <p>A.廠區容量為機場為評估空側航機與拖機作業效率是否產生瓶頸之配合項目，且考慮未來匯入班表時可能無法逐班建置各航班對應之機尾編號，廠區內是否可容納多少航機並非為模擬重點，為避免因廠區容量限制導致模擬系統運作失敗，故設定為無限大。</p>                                           | <p>A.軟體已配合本項需求而設計。</p>                                                                                       | <p>同意辦理。</p>         |
| <p>B.廠區設定為無限大，於研究進行階段業與本公司溝通，確認該設定對於後續模擬應用階段並無影響。</p>                                                                                                                                                           | <p>B.瞭解，謝謝。</p>                                                                                              | <p>敬悉。</p>           |
| <p>4.第 3.4 節「班表數據需求」</p> <p>可以匯入班表的 CSV 檔案，應補充說明可匯入班表，包含桃園機場的格式，或是民航局航班系統之標準班表檔案。匯入時之何者欄位內容為必須，何者欄位若無填入時為系統指派。</p>                                                                                              | <p>4.本軟體架構容許在不作大幅改動軟體的狀況下修改班表輸入格式及前處理。後續待取得使用者提供標準班表檔案之後，再行依該標準檔案之內容及資料性質，設計需要的自動糾錯及自動補足機制。</p>              | <p>同意辦理。</p>         |
| <p>5.第 3.7 節「跑道模擬邏輯需求」</p> <p>跑道間隔之邏輯需求，請增加說明模擬邏輯與管制員邏輯之差異。管制員之隔離(間隔)概念，產生於管制員依據隔離規定、航機動態、以及管制經驗判斷，建立航機之隔離條件，並且當隔離不足時給予重飛之指令。由於空側模擬系統並無重飛之觀念，且航班生成時並非由空域模型生成到場航班，故需以跑道間隔之邏輯，搭配航空器使用跑道時間邏輯，建立貼近於實際管制環境之跑道動態。</p> | <p>5.如本節標題所示，第 3.7 節之內容在描述使用者對本模擬系統之需求，而非描述管制員之邏輯。模擬系統要表現的是管制員依其專業能力採取之作為的結果，而非管制員之思考過程。以上論述已加入第 3.7 節中。</p> | <p>同意辦理。</p>         |
| <b>(八)中華機場協會</b>                                                                                                                                                                                                |                                                                                                              |                      |

| 參與審查人員及其所提之意見                                                                                                                                               | 合作研究單位<br>處理情形                                                                                                      | 本所計畫<br>承辦單位<br>審查意見 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
| 1.建議可就本軟體模擬邏輯與實務運轉進行差異比對，使後續人機介面更貼近需求單位使用之便利性。                                                                                                              | 1.未來可配合使用者所需要的比較項目、比較標準及比較對象，將本系統所產出之模擬結果，與真實運轉紀錄進行差異分析。建議未來可參考民航局、桃機公司等相關單位，過往委託國外成熟軟體進行模擬分析時，所使用之差異比較標準及方法設計人機介面。 | 敬悉。                  |
| 2.有關軟體在使用時，倘使用者誤解參數或系統相關設定，而有輸入錯誤情形，建議考量在錯誤樣態時如何協助使用者檢視及處理，而不只是系統中斷結束，請後續依需求檢視與設計。                                                                          | 2.本系統不會在使用者輸入錯誤時系統中斷，本系統並非如此設計。若使用者所提供輸入之班表資料中含有邏輯矛盾，系統將在產出輔助訊息之後停止模擬，系統本身仍持續運轉，不會產生系統中斷，報告書亦未如此描述。                 | 敬悉。                  |
| <b>(九)本所運工組</b>                                                                                                                                             |                                                                                                                     |                      |
| 1.本年度為2年期計畫之第1年，主要工項為完成機場空側運作模擬軟體離型，目前研究團隊已依約完成軟體平臺分析與設計、場面編輯功能建立，以及完成資料庫模組設計與實作、操作介面模組設計與大部分實作、模擬引擎模組之軟體修正及初步設計、控制中心模組初步設計，以及場面設定操作功能之實機展示。上述成果已符合本年度進度要求。 | 1.謝謝。                                                                                                               | 敬悉。                  |
| 2.請於第3章補充說明本軟體模擬邏輯與實務運轉在基本觀點之差異。                                                                                                                            | 2.第3章之內容在描述使用者需求。其中與模擬邏輯相關者，悉為訪談過程中使用者認為在模擬過程中需要表現的邏輯。至於使用者所認可的模擬邏輯與實務運轉在基                                          | 同意辦理。                |

| 參與審查人員及其所提之意見                                                                                                                                                                                            | 合作研究單位<br>處理情形                                                                                                                                                                                                                        | 本所計畫<br>承辦單位<br>審查意見 |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
|                                                                                                                                                                                                          | 本觀點的差異，則依使用者的目的與認知而有不同的見解及觀點。此種觀點上的差異與開發軟體關聯不多，對軟體開發無甚影響，因此第3章亦未對此有所探討。如訪談紀錄所呈現，在多次訪談運研所、桃機公司及民航局使用者的過程中，各使用者對此亦未對此有深入討論。                                                                                                             |                      |
| 3.請於適當章節補充說明本軟體之模擬引擎模組修正原因與修正內容。                                                                                                                                                                         | 3.已補充於第4.2節。                                                                                                                                                                                                                          | 同意辦理。                |
| 4.請將桃機公司112年10月17日與本所視訊會議提出之拖機相關需求及表件時間需求內容，納於報告書適當章節中。                                                                                                                                                  | 4.已納入期末報告書附錄需求文件之附錄10。                                                                                                                                                                                                                | 同意辦理。                |
| 5.考量模擬系統無法一一針對空側不同行為(如：不同地勤公司拖機行為)進行單獨設計及建立參數；以及不同因素對場面產生影響時，如何提醒使用者在系統進行對應參數之調整設定，請於報告適當章節補充說明後續如何在系統中協助使用者處理上述情形。另外，第二年期系統建置完成，並開始上線進行測試時，請陸續盤點上述類似狀況，於系統中協助提醒使用者進行設定，俾更貼近需求單位使用的直覺性及便利性，以加強人機介面操作親和性。 | 5.本系統確可允許使用者一一針對空側不同行為(如：不同地勤公司拖機行為)進行單獨設計及建立參數。本系統並沒有無法一一針對空側不同行為進行單獨設計及建立參數的狀況。<br>目前使用者並未說明希望在哪種因素對場面產生何種影響時要看到何種提醒。未來若有此需求，在明確化之後即可設計使用者所需要的處理方式。至於人機介面之親和性係具有高度主觀性。為此本軟體雛型已於本年11月及12月將已開發之功能陸續提供予運研所及桃機公司進行測試。待取得回饋後即可作為設計之重要參考。 | 同意辦理。                |

| 參與審查人員及其所提之意見                                                                                                        | 合作研究單位<br>處理情形                                               | 本所計畫<br>承辦單位<br>審查意見                  |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|---------------------------------------|
|                                                                                                                      | 後續預期將隨軟體之開發而持續提供新版予運研所、桃機公司及民航局使用者進行測試及回饋，在此部分之設計具有重中之重的關鍵性。 |                                       |
| 6.第6章「研究結論與後續工作」所列僅為本案辦理進度簡要說明，考量使用者需求、軟體平臺、場面編輯及各模組之功能為研發階段重要研究項目，建議分項摘整主要成果列於「6.1 結論」中，並請補充「6.2 建議」，說明本研究軟體研發相關建議。 | 6.已在第6.1節依所示之項目說明本期成果，並增加第6.2節「建議」。原6.2節改列為第6.3節。            | 同意辦理。                                 |
| 7.請將歷次需求訪談紀錄、最新版需求文件、歷次工作會議紀錄、「專家座談會」會議紀錄及修訂後之期末報告簡報等內容，補充於報告書附錄。                                                    | 7.配合辦理。                                                      | 同意辦理。                                 |
| 8.報告內容有幾處錯漏字、用語修辭須修正或補強部分，將另行與研究團隊溝通，請配合修正。另期末報告之撰寫，請依本所出版品印製相關規定格式加以調整。                                             | 8.配合修正。                                                      | 同意辦理。                                 |
| <b>(十)主席結論</b>                                                                                                       |                                                              |                                       |
| 1.考量本計畫第2年期(113年)將進行實例測試與教育訓練，且民航局、桃機公司均建議後續可強化推廣桃園機場以外之航空站對本軟體之應用，爰明年建請。                                            | 1.敬悉。                                                        | 民航局已建議明年邀請桃園機場以外之其他國際航空站參與本計畫成果之教育訓練。 |
| 2.因桃園機場公司本次說明刻正規劃編列本軟體後續維護使用經費，預計114年起正式編列預算應用                                                                       | 2.敬悉。                                                        | 桃機公司已配合辦理。                            |

| 參與審查人員及其所提之意見                                                                                | 合作研究單位<br>處理情形 | 本所計畫<br>承辦單位<br>審查意見 |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|----------------------|
| 本軟體，爰本所將規劃於本案第 2 年期進行軟體技術移轉作業，請桃機公司預為準備前置作業。                                                 |                |                      |
| 3.本審查會議各委員及與會單位研提之口頭及書面意見，請財團法人成大研究發展基金會整理「審查意見處理情形表」，逐項說明回應辦理情形，送本所審查後，做為修正報告之依據，並充分納入報告修正。 | 3.遵照辦理。        | 同意辦理。                |
| 4.本計畫經徵詢審查委員意見，報告初稿審查通過，請財團法人成大研究發展基金會續依本所出版品印製相關規定修正報告，於 112 年 12 月 20 日(三)前提送報告書修正定稿。      | 4.遵照辦理。        | 同意辦理。                |

## 附錄 C：座談會紀錄

時間：112 年 10 月 23 日下午 2 時

地點：交通部運輸研究所

主持人：賴威伸組長

出席者：如簽到單

紀錄：李宇欣

---

### 簡報內容

1. 研發歷程。
2. 研發成果。
3. 動畫展示。
4. 議題討論。

### 綜合討論

#### 1. 淡江大學蕭傑諭教授：

- (1) 目前國內並無可用之模擬分析工具，實務單位大都以專案方式委由顧問公司以國外軟體進行模擬分析。
- (2) 國內各機場大都有使用模擬以分析容量與服務水準之需求，亦將為本軟體很可發揮功能之處。
- (3) 國外之模擬軟體大都以套裝方式提供，少有客製化之服務。

#### 2. 中華機場協會戴念同秘書長：

- (1) 機場相關模擬系統至為重要。
- (2) 本系統未來成熟化之後可作為我國重要的工具，用以對各機場在各種情境下之容量作具體估計。
- (3) 我國四大機場均為國家重要關鍵基礎設施，亟需此類工具以瞭解這些機場在各種情境下的運轉狀況以及應變計畫的研擬。

#### 3. 桃機公司鄭羽哲管理師：

- (1) 感謝交通部與運研所一直支持本系統的開發，現已開始產生

效益。桃機曾經使用本系統之結果來對照檢核國外團隊所進行之模擬結果，並發現國外團隊所不足之處。

- (2) 具有可自行掌握的模擬系統，可大幅降低對外來技術的依賴性，使用亦方便許多，不必為每一次模擬分析均編列高額經費以專案方式執行。
- (3) 本系統完成後桃機將先引進運用，建立基礎數據之後開放學術團隊分享。
- (4) 本次所展示之模擬結果動畫，過去曾經通過桃機之驗證。此外桃機亦曾驗證本系統所產出之離場值-到場值分佈特性，確與桃機之特性相符。
- (5) 本系統模擬結果所產出之滑行時間分佈與桃機觀測紀錄亦相符。
- (6) 期待此系統未來發展成為成熟的軟體系統。

#### 4. 交通部航政司：

- (1) 本司執行計畫審議時常需衡量機場場面工程計畫之成本與容量效益，本系統將可產生很大的效益。
- (2) 本軟體開發過程中，使用者至關重要，應先適當聚焦使用者需求並具體化驗證方式。
- (3) 本軟體將使我國不必事事仰賴國外公司，潛在效益甚大。

#### 5. 民航局：

- (1) 本系統未來可望使相關單位能夠評估場面設施配置變化所帶來之影響。
- (2) 未來可能對機場時間帶規畫有所助益。
- (3) 本系統未來可望在國內桃機、松山、臺中、高雄四大機場都有很重要的功能。而在其他機場亦應可很有幫助。
- (4) 系統完成之後建議以分段測試的方式逐步驗證之。
- (5) 未來將會需要軟體操作手冊以利推廣與傳承。
- (6) 期待本系統可用以識別機場在時間及空間之瓶頸，此對機場效率與安全均有很大的幫助。

6. 民航局飛航服務總臺：

- (1) 總臺期許本系統的成功開發。
- (2) 勤務車輛與拖機對管制員所帶來的工作負荷與壓力並不亞於航空器之滑行活動。

**主席結論**

- 1. 感謝各位專家學者提供寶貴建議，本所及團隊均受益匪淺。
- 2. 本所將持續支持本計畫，期待很快就有很好的軟體提供機場及相關單位運用。

# 「機場運作模擬分析軟體後續應用」專家學者座談會 會議紀錄

一、時間：112 年 10 月 23 日（星期一）下午 2 時。

二、地點：10 樓會議室

三、主持人：賴組長威伸

*賴威伸*

紀錄：呂蕙美

四、出(列)席單位及人員：

| 機關(單位)             | 職稱/姓名                | 簽名                                                       |
|--------------------|----------------------|----------------------------------------------------------|
| 交通部民用航空局<br>航站管理小組 | 朱前組長冠文               | 請假                                                       |
| 淡江大學<br>運輸管理學系     | 蕭教授傑諭                | <i>蕭傑諭</i>                                               |
| 中華機場協會             | 戴秘書長念同               | <i>戴念同</i>                                               |
| 桃園機場公司             | 鄭管理師羽哲               | <i>鄭羽哲</i>                                               |
| 交通部航政司             | 專門委員                 | <i>陳君賢</i>                                               |
| 民航局                | 專門委員<br><br>技正<br>技士 | <i>張向立</i><br><br><i>張博涵</i><br><i>周承霖</i><br><i>鄭國新</i> |

| 機關(單位)            | 職稱/姓名          | 簽名         |
|-------------------|----------------|------------|
| 民航局<br>飛航服務總台     | 主任管制員<br>主任管制員 | 陳彥光<br>徐佳怡 |
| 桃園國際機場股份有限公司      | 管理師            | 鄭羽聖        |
| 中華機場協會            | 秘書長            | 鄭金同        |
| 運研所               |                | 陳國輝<br>陳國輝 |
| 財團法人成大研究<br>發展基金會 | 計畫主持人<br>研究人員  | 李宇欣<br>陳世嘉 |



## 附錄 D：期末報告簡報

# 國際機場運作模擬分析軟體系統 規劃與建置(1/2) 系統規劃設計與軟體單元確立 期末審查會議

財團法人成大研究發展基金會

112年12月4日



## 簡報大綱

第一章 計畫背景

第二章 文獻回顧

第三章 使用者需求

第四章 軟體平臺分析與設計

第五章 場面編輯功能

第六章 結論與後續工作

# 第一章 計畫背景

## 1.1 計畫緣起

- 系統模擬為目前最廣為運用的評估方法，但我國無可自行掌握之軟體工具，必須仰賴國外之技術與工具

## 1.2 計畫目的

- 發展我國可自主掌握之國際機場運作模擬分析軟體，作為相關單位制定管理策略、維護計劃的有力決策輔助工具

## 1.3 工作項目

## 1.4 發展藍圖

- 短期目標：擴大與穩固使用面
- 中期目標：深化核心技術能力
- 長期目標：擴大涵蓋範圍

3

# 1.3 工作項目

| 項次 | 工作項目   | 報告書章節                                     |
|----|--------|-------------------------------------------|
| 1  | 需求訪談   | 第三章                                       |
| 2  | 系統分析   | 第4.2節                                     |
| 3  | 系統設計   | 第4.3節                                     |
| 4  | 建立軟體雛型 | 已完成預定進度                                   |
| 5  | 動畫展示   | 已於10月23日座談會中完成動畫展示                        |
| 6  | 文件     | 完成期中、期末報告書、技術報告。將於結案前交付海報電子檔及影片電子檔        |
| 7  | 其他     | 完成定期辦理工作會議<br>10月23日完成辦理座談會<br>10月22日完成投稿 |

4

## 第二章 文獻回顧

### 2.1 運研所過往成果

- 106年迄今長期累積成果

### 2.2 國內文獻

- 以碩士論文為主

### 2.3 國際文獻

- 跑道效率最佳化文獻
- 滑行道效率最佳化文獻
- 停機位效率最佳化文獻
- 系統模擬文獻

5

## 第三章 使用者需求

### 3.1 基本說明

- 本軟體量身訂做設計開發，軟體功能設計以使用者需求為最主要考量
- 使用者指未來直接使用該軟體以進行其職掌業務之人員
- 已確認未來使用者將涵蓋桃園機場公司、民航局及運研所
- 已完成9次訪談、需求歸納、確認

### 3.2 參數項目需求

- 絕大多數使用者期待軟體允許自由設定多項屬性，需要系統提供自由設定之機制，而非預設於系統中
- 參數即為供使用者設定屬性之媒介
- 使用者不需要彈性設定之項目由軟體自行預設，不需要配置參數

### 3.3 場面數據需求

- 場面數據主要內容在描述跑道、滑行道、停機位等設施的相對位置，以及航空器在其間移動的可能性
- 使用者期待可透過底圖來編輯各設施位置及屬性
- 大部份使用者期待軟體允許設定場面設施之狀態，例如跑道關閉、關閉某些跑道出口、某些滑行道之一部或全部、某些停機位等

6

## 第三章 使用者需求

### 3.4 班表數據需求

- 可控制模擬之航空器活動
- 本軟體系統可匯入班表的CSV格式數據。系統不提供編輯班表功能

### 3.5 數據管理需求

- 維護數據，包括編輯、複製、新增、刪除、設定權限等
- 本系統控管數據之讀取及編輯權限，僅擁有該數據之帳號才可進行編輯，亦可授權唯讀給任何其他帳號

### 3.6 結果輸出與呈現需求

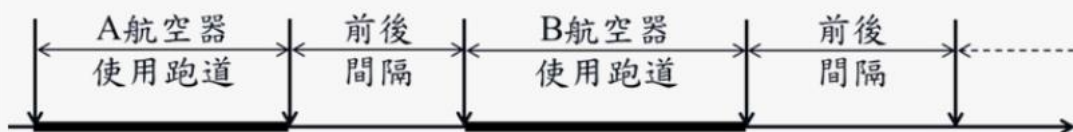
- 航班活動時間
- 延滯時間
- 跑道起降量
- 個別活動數據

7

## 3.7 跑道模擬邏輯需求<sub>(1/2)</sub>

### 邏輯需求

- 在真實機場中，多數航空器依序在一或多條跑道起飛或降落之過程，可以視為是各航空器依管制員之引導，以一次一架的方式次第使用跑道的過程
- 管制員之作為可視為是將跑道之可用時間作適當切割之後，分配予各起飛或降落之航空器使用
- 在此邏輯需求下，由跑道之觀點視之，整體跑道可用時間經管制員切割後，逐一分配予航空器使用。而前後航空器之間則需要穿插間隔時間。此邏輯適用於單一跑道，亦同時適用於多跑道

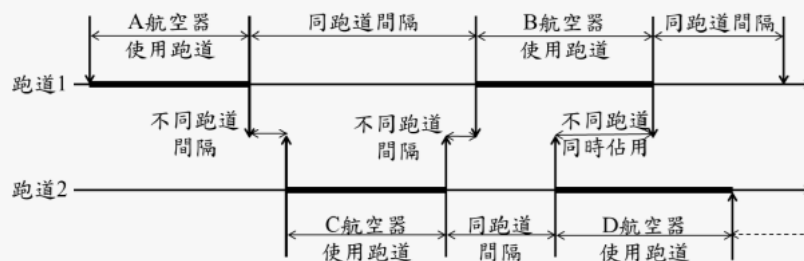


8

## 3.7 跑道模擬邏輯需求<sub>(2/2)</sub>

### 邏輯需求

- 單一跑道與雙跑道之差異：機場配置雙跑道時，管制員在控制前後兩航空器使用跑道時段之間的時間長度時，除了需要考慮前後兩航空器先後使用相同跑道之狀況外，還需要考慮前後兩航空器使用不同跑道之狀況。但在使用不同跑道的兩航空器之間是否需要維持一段間隔時間，以及間隔時間之長度，仍由管制員所掌控



9

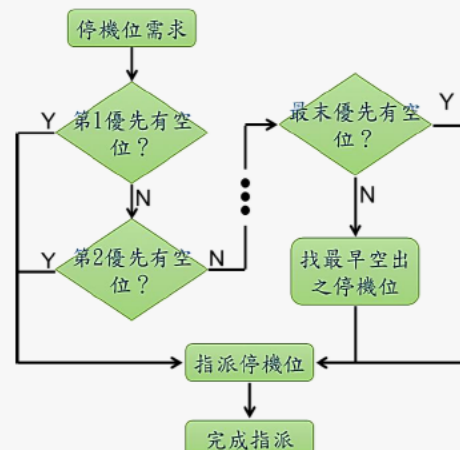
## 第三章 使用者需求

### 3.8 滑行道模擬邏輯需求

- 自動求解活動路線，自動排除過程中之衝突
- 使用者可設定轉向過彎時間損失

### 3.9 停機位模擬邏輯需求

- 航空器活動均以停機位為起點或終點
- 使用者需要停機位可指定亦可自動指派，且可混用
- 功能需求：停機位分類、選擇行為、停留時間、指派時間點



10

## 第三章 使用者需求

### 3.10 航班模擬邏輯需求

- 航班識別：以航空器尾號，為識別航空器之唯一依據
- 跑道指派邏輯：可由使用者指定跑道、自動指派跑道或混用
- 航班行為種類：滑入、滑出、拖入、拖出共計4種

### 3.11 模擬操作需求

- 允許自由編輯機場場面配置、設定場面狀態、以設定參數數值之方式設定各種屬性、設定模擬時所使用之航班活動班表
- 模擬分析後，使用者需要能夠在軟體系統所提供之工作環境下進行分析結果之查詢，亦需要將分析結果以CSV格式匯出成為檔案

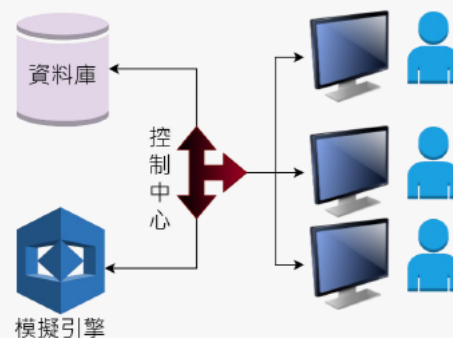
11

## 第四章 軟體平臺分析與設計

### 4.1 基本說明

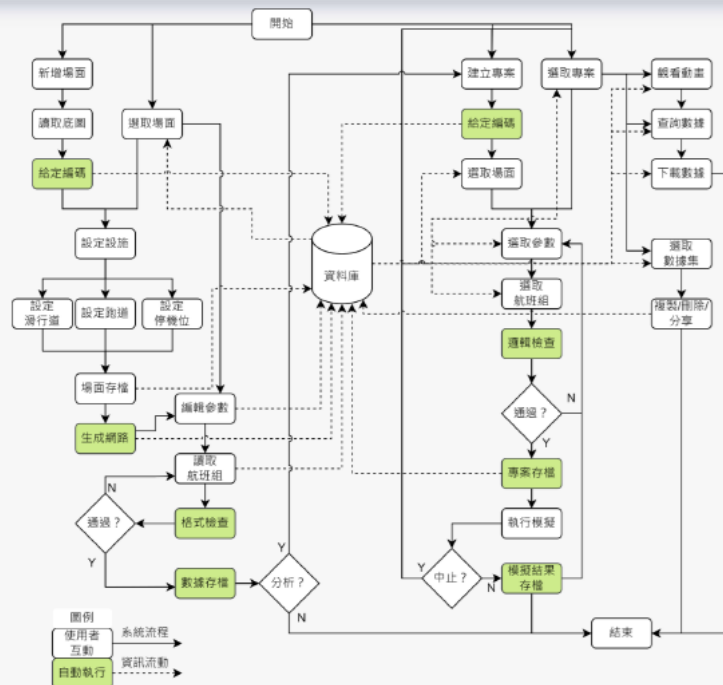
- 本軟體操作功能以使用者需求為設計分析之最主要依據
- 核心模擬技術則取自運研所過往研究之成果
- 使用者期待本軟體可作為情境分析之工具
- 使用者可自由設定場面配置、參數數值、與模擬過程中在該機場起降之航班
- 軟體目標在成為可利用模擬技術進行方案評估的工作環境

### 4.2 軟體系統基本分析



12

## 4.3 軟體系統基本設計



13

## 第五章 場面編輯功能

### 5.1 整體介紹

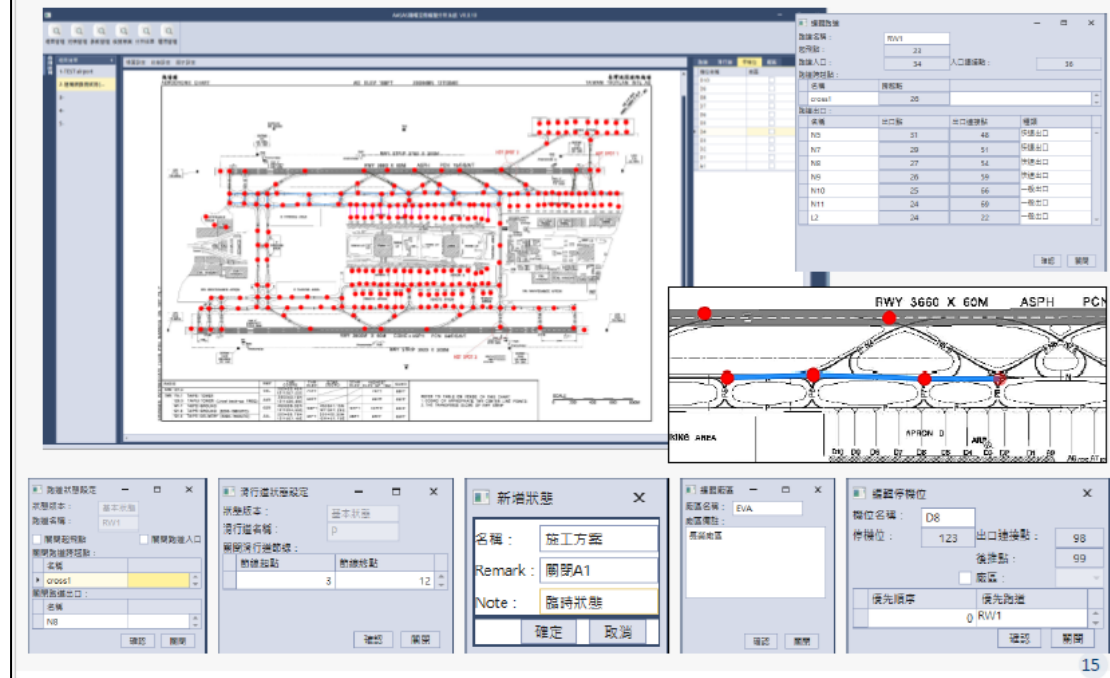
- 場面編輯功能使用者可接觸到的部份中最為複雜的部份，也是後續開發其他部份時，進行測試所必備
- 主要目的在提供使用者適當的工作環境以編輯場面跑道、滑行道、停機位三類設施
- 不限制使用何處機場之底圖
- 使用者不需在每次進行模擬時均重新設定所有設施

### 5.2 節點之概念

- 所謂節點並非設置於場面上某項獨立的固定實體設備，而是指由機場空側運轉模擬的觀點，配合進行模擬時軟體系統所需，提供各種航空器操作功能的空間位置
- 整體操作流程設計是由使用者先設定場面上之各節點之位置，再於設定跑道、滑行道與停機位的過程中以選用節點並賦與角色之方式逐一設定節點與各種設施之間的關係

14

## 第五章 場面編輯功能



## 第六章 結論與後續工作

### 6.1 結論

- 確認本系統之未來使用者
- 完成需求訪談
- 完成需求文件之撰寫及嚴謹確認
- 完成資料庫模組之設計及實作
- 完成操作界面模組之設計與大部份實作
- 完成模擬引擎模組之軟體修正初步設計
- 完成控制中心模組之初步設計
- 配合變更需求，完成文件改版、再確認以及軟體部份重寫
- 定期辦理工作會議

### 6.2 後續工作

- 將在第二年期完成整個軟體的開發
- 雖然需求變更為常見之狀況，但可變更之幅度將隨軟體之次第開發而快速降低，而每次變更需求對進度所帶來之影響則快速上升
- 開發的過程中，由民航局、桃園機場公司、運研所使用者同時進行測試為後續重要工作項目
- 後續將需要儘早提供軟體上線運轉所需要的資訊環境說明，以助民航局、桃園機場公司、運研所在各自機關建立適當的資訊環境，使軟體得以在各使用機關順利上線發揮其預期功能



國際機場運作模擬分析軟體系統  
規劃與建置(1/2)  
系統規劃設計與軟體單元確立

謝謝

~敬請指教~





ISBN 978-986-531-630-3  
00150



9 789865 316303

GPN : 1011301426

定價 150 元