



Reprint 1360

以人工智慧預測香港國際機場航班流量

楊光耀*、韓啟光

第 33 屆粵港澳氣象科技研討會

暨

第 24 屆氣象業務合作會議

(香港 2019 年 3 月 6 日-8 日)

以人工智能预测香港国际机场航班流量

杨光耀¹ 韩启光

¹香港中文大学 香港天文台

摘要

香港飞行情报区毗邻广州、三亚、台北、马尼拉四个空域，来往香港国际机场的多条国际及区域航线均列全球最繁忙之一。机场航班流量受多种因素，包括天气、商业运作、法规等影响，是一复杂参数。准确预测航班流量，有助机场营运对战术的规划及决策作出优化，可望对提升机场业务运作及空中交通效率作出贡献。

本文运用大数据概念，以人工智能方法对香港邻近空域航班分布和路径、以及强对流天气形势等信息，进行监督式机器学习，透过训练并优化各空域参数与航班流量之间的相关函数，初步建立预测香港国际机场航班升降流量的人工智能算法。利用 2017 年数据的初步验证结果显示，该算法的短期预测有正面技巧。文中亦讨论大数据背景下航空气象与空管集成 (MET-ATM integration) 的一些路向。

Artificial Intelligence Prediction of Air Traffic Flow Rate at the Hong Kong International Airport

YEUNG Kwong-yiu¹ HON Kai-kwong

¹The Chinese University of Hong Kong Hong Kong Observatory

The Hong Kong Flight Information Region (HKFIR) is surrounded by the airspaces of Guangzhou, Sanya, Taipei and Manila. International/regional flight routes to and from the Hong Kong International Airport (HKIA) rank among the busiest in the world. Air traffic flow rate is a complex parameter influenced by a variety of factors such as weather, business operation and regulations, etc. Accurate prediction of flow rate allows airport management to optimise tactical planning and decision making, potentially benefitting airport operations and air traffic efficiency.

Leveraging the concept of Big Data, this paper establishes a preliminary algorithm for artificial intelligence prediction of air traffic flow rate at HKIA through supervised machine learning of aircraft, flight route and convective weather distributions around HKFIR for the training and optimisation of correlation functions between various airspace parameters and flow rate. Preliminary results based on 2017 data showed positive short-term prediction skills. Some possible ways forward on –the integration of aeronautical meteorology and air traffic management (MET-ATM integration) in the era of Big Data are also discussed.

1. 背景

香港飞行情报区(图一)毗邻广州、三亚、台北、马尼拉四个空域，来往香港国际机场的多条国际及区域航线均列全球最繁忙之一。机场航班流量受多种因素，包括天气、商业运作、法规等影响，是一复杂参数。准确预测航班流量，有助机场营运对战术规划及决策作出优化，可望对提升机场业务运作及空中交通效率作出贡献。

本文运用大数据概念，首次建立预测香港国际机场航班升降流量的人工智能算法，并介绍初步验证结果。文中亦讨论大数据背景下航空气象与空管集成 (MET-ATM integration) 的一些路向。

2. 人工智能算法简介

天文台近年致力利用大数据技术，以进一步提升气象服务，并应对气象数据海量、气象服务商品化所带来的新挑战[1]。在人工智能的气象应用方面，天文台率先采用「深度学习」技术支持降雨临近预报[2]，是深度学习技术「Convolutional LSTM」的创新应用。此外，为迈向基于影响的预报服务，天文台最近更开展收集非气象数据源，作为以大数据方法剖析恶劣天气对社会影响的第一步[3]。

航空方面，天气对空中交通的影响是一新兴大数据课题[4]。天文台于 2016 年引入 ADS-B (Automatic Dependent Surveillance - Broadcast, 广播式自动相关监视) 技术，实时提供本港邻近空域航机位置及高度等的高时空分辨率数据(图一)。

本文采用开源统计软件「R」[5]进行监督式机器学习，以过去一小时香港邻近空域航班分布，佐以强对流天气形势等信息，建立连系各空域参数与未来一小时香港国际机场航班升降流量之间的短期预测模型，并透过集成方法反复训练人工智能算法参数，以优化预测表现(图二)。预测结果将与香港国际机场实际航班升降数字作比对验证。

3. 初步验证结果

图三和图四为人工智能算法预测与香港国际机场实际抵港和离港航班数量的密度散布图。图中黑色斜线为一比一的等值线。横轴为人工智能算法的1小时短期预测，而纵轴为相对应的实况数字。训练期为2017年上旬合共三个月之指定时间，验证期为2017年7至11月。预测和实况数字均每小时更新，即每日24次。

从图三和图四可见，人工智能算法不论对升降流量的预测均与实况呈极强正线性相关，斜度与理想的一比一值相当接近。验证期内，每小时抵港和离港航班数量的平均绝对误差(Mean Absolute Error)分别在1.9和2.4左右。这与空管人员的经验，即离港航班数量比抵港航班数量存有更大变数吻合。相比之下，若仅以24小时前相同时段的实况数字作为未来一小时之预测(例如，以昨天09至10 UTC的实际流量作为今天09至10 UTC的流量预测)，验证期内的误差分别为2.5和3.2左右。

图五和图六为人工智能算法预测与香港国际机场实际抵港和离港航班数量时间序列的例子。图中红线为流动的未来1小时预测，蓝线为实况，时段为2017年10月2日12时至3日12时的24小时。

从图五和图六可见，人工智能算法对掌握该时段中升降航班数量的整体起伏有一定技巧。虽然在捕捉一些逐时的细微变化上略有偏差，但仍能较有效反映香港国际机场的实际升降流量。

4. 讨论及展望

本文介绍天文台首套对香港国际机场航班升降流量作出短期预测的人工智能算法，及其在2017年下旬的预报表现。初步验证结果显示，验证期内，算法预测与实况呈正线性相关，斜度接近一比一，抵港和离港航班数量的平均绝对误差分别在1.9和2.4左右，有正面技巧。

在国际民航组织(International Civil Aviation Organisation, ICAO)倡导的「航空系统组块升级」(Aviation System Block Upgrade, ASBU)方法下,航空气象与空中交通管理系统将更趋紧密。随着气象和空管的海量数据得以在广域信息管理(System Wide Information Management, SWIM)环境中流通、结合,利用机器学习和人工智能技术进行大数据式挖掘,以迈向实现自动化决策支持系统,似乎是大势所趋。

香港国际机场是全球最繁忙的机场之一,其总航班升降量自2016年起已超过400,000次。天文台一直研究进一步提升机场业务运作及空中交通效率,尤其在雷暴临近预报[6]以至近期与飞机尾流[7]相关等不同课题[8]。是次项目采用大数据技术,以直接预测对航空用户具高度影响的参数为目标,可算是航空气象与空管集成(MET-ATM integration)概念下一个新的科研尝试。

上文介绍的人工智能算法已开始以准实时方式试行,在收集更多数据后,将进一步调整并改善预测模型,期望可以为支持「机场协同决策」(Airport Collaborative Decision Making, A-CDM)作出贡献。

5. 鸣谢

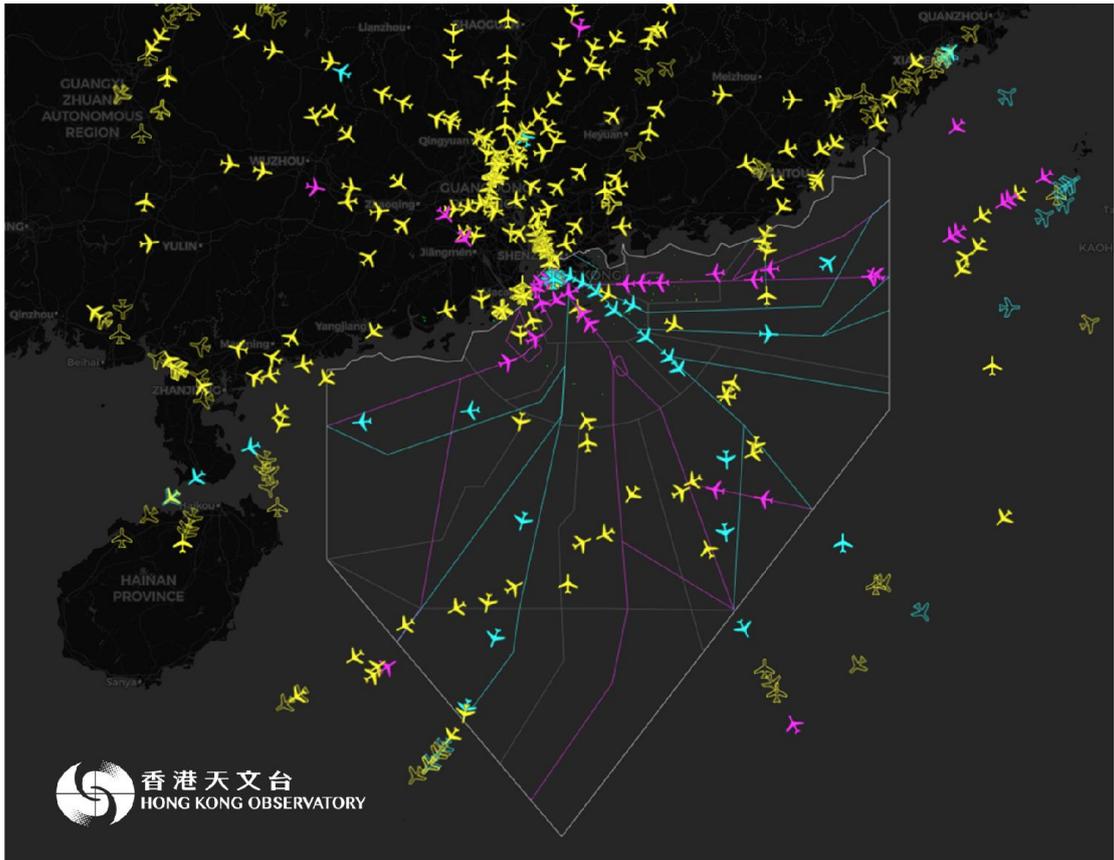
本文作者衷心感谢郝孟骞先生就ADS-B数据提供技术支持。

6. 参考文献

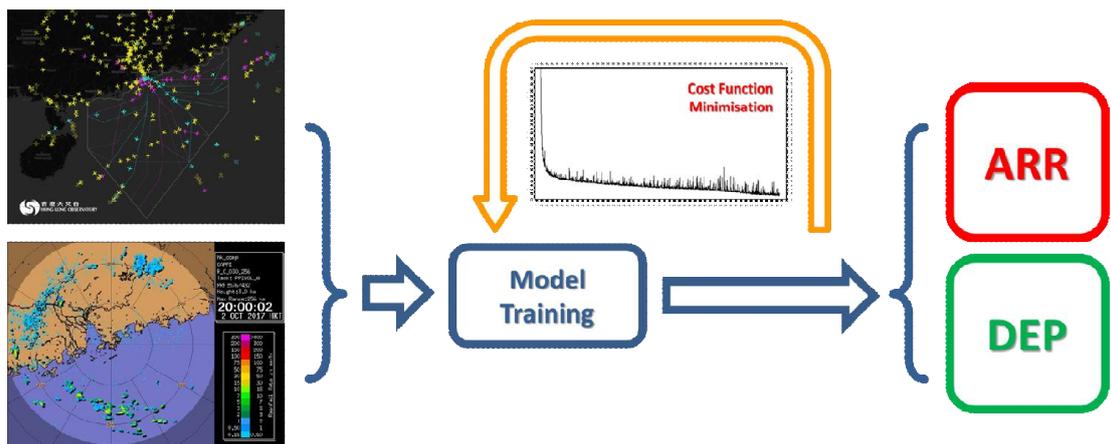
- [1] C.M. Shun and S.T. Chan, 2017: Use of Big Data in Weather Services - Past, Present and Future Challenges. 2017 Symposium on Engineering and Operation Excellence through Technology Innovation, Hong Kong, 19 May 2017.
- [2] X. Shi, Z. Chen, H. Wang, D.Y. Yeung, W.K. Wong and W.C. Woo, 2015: Convolutional LSTM Network: A Machine Learning Approach for Precipitation Nowcasting. Advances in Neural Information Processing System 28 (NIPS 2015).
- [3] Y.F. Lo, C.K. Pan, H.Y. Yeung and P.W. Lau, 2018: Exploring Big Data for Weather-Related Societal Impact Assessment. The 32nd Guangdong - Hong Kong - Macao Seminar on Meteorological Science and Technology and The 23rd Guangdong - Hong Kong - Macao Meeting on Cooperation in Meteorological Operations. Macau, 8-10 January 2018.
- [4] K.K. Hon, 2018. Big data opportunities in high-impact public and aviation weather at the Hong Kong Observatory. WMO CBS TECO, 23-26 Mar 2018, Geneva, Switzerland.
- [5] R Core Team (2017). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- [6] P.W. Li, 2009: Development of a Thunderstorm Nowcasting System in Support of Air Traffic Management. AMS Aviation,

Range, Aerospace Meteorology Special Symposium on Weather-Air Traffic Management Integration, Phoenix, Arizona, USA, 11-15 January 2009.

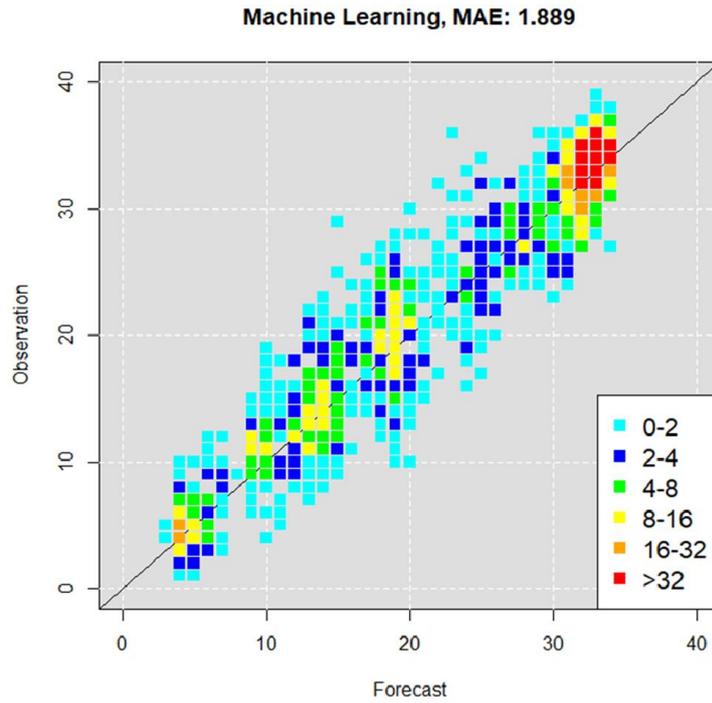
- [7] K.K. Hon and P.W. Chan, 2017: Frequent-output sub-kilometric NWP models supporting enhanced runway throughput and performance-based navigation. WMO Aeronautical Meteorology Scientific Conference 2017, 6-10 November 2017, Toulouse, France.
- [8] C. Chan, K.K. Hon and P. Cheung, 2018: Weather-ready, climate-smart – Aviation. Popular Science Talk Series for Teens, 18 November 2018, Hong Kong Central Library.



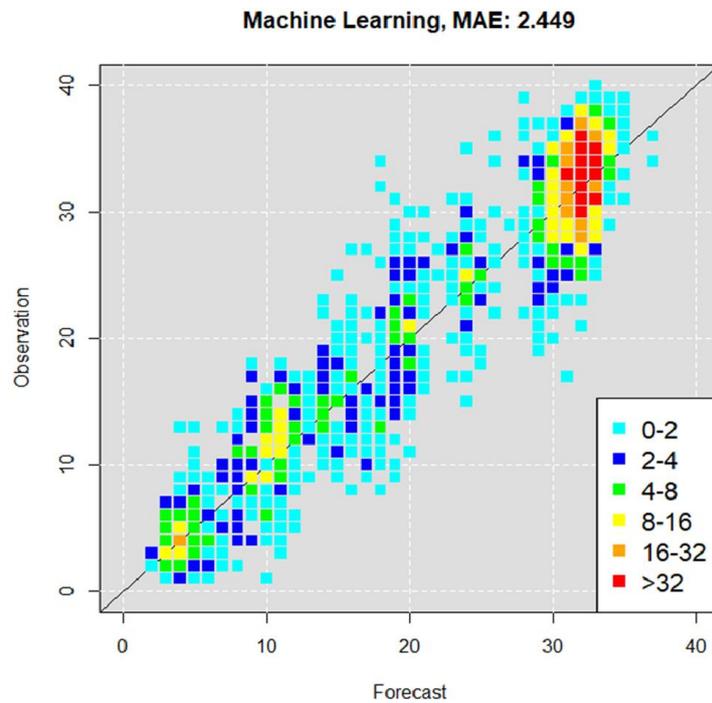
图一 香港飞行情报区示意图（白线范围）。图中同时显示天文台透过广播式自动相关监视（ADS-B）技术接收的实时飞机位置数据。



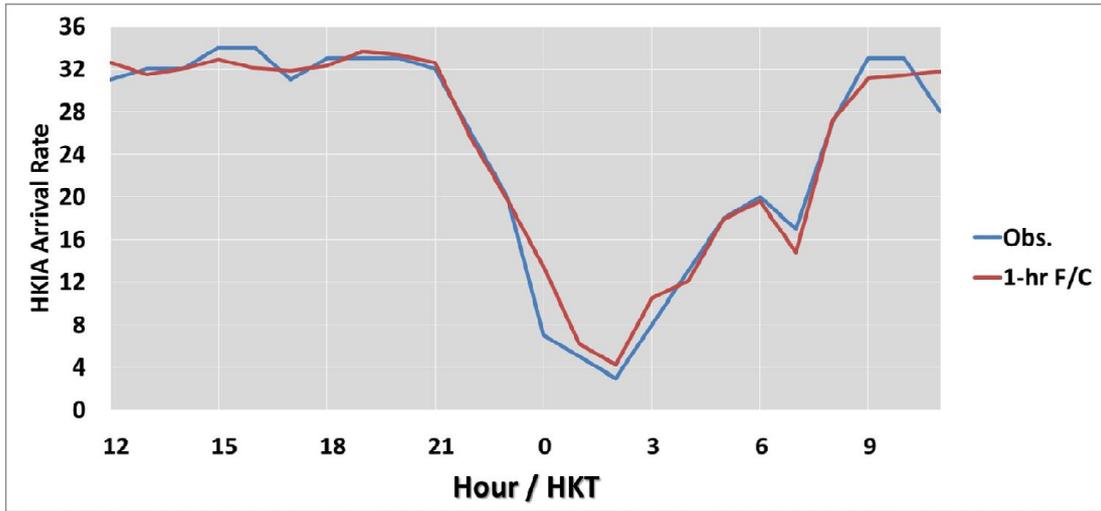
图二 以机器学习方法建立人工智能模型预测香港国际机场航班流量示意图。



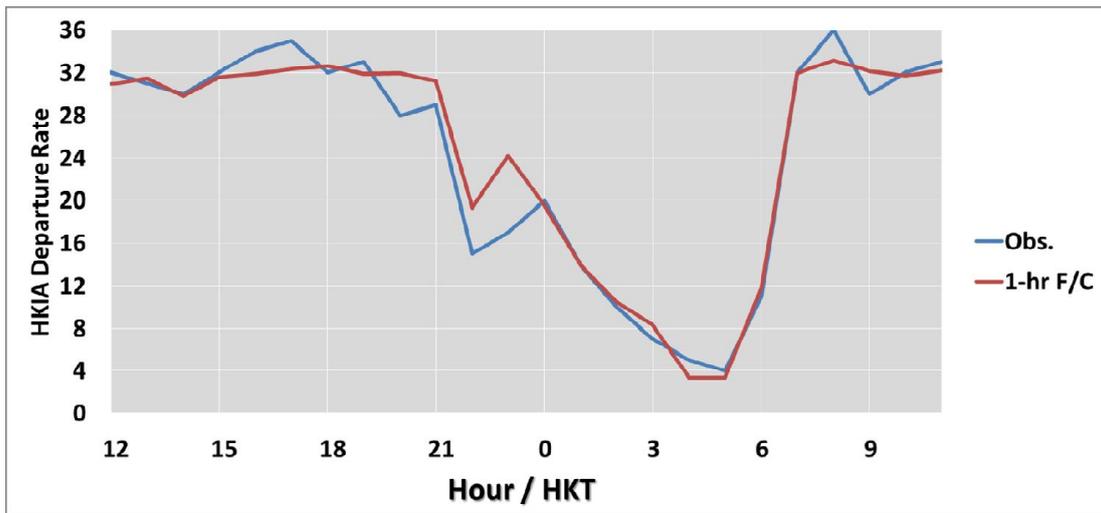
图三 人工智能算法短期预测(横轴)和香港国际机场实际抵港航班数量(纵轴)的密度散布图。平均绝对误差值约为 1.9。



图四 人工智能算法短期预测(横轴)和香港国际机场实际离港航班数量(纵轴)的密度散布图。平均绝对误差值约为 2.4。



图五 人工智能算法短期预测(红线)和香港国际机场实际抵港航班数量(蓝线)在2017年10月2日12时至3日12时之24小时期间的逐小时比对。



图六 人工智能算法短期预测(红线)和香港国际机场实际离港航班数量(蓝线)在2017年10月2日12时至3日12时之24小时期间的逐小时比对。