

Statistical Analysis of Flight Delays Caused by Weather at Urumqi Airport

Yangquan Chen, Anni Du, Fengmei Zhang, Shaoming Sun

Meteorological Center of Xinjiang Air Traffic Management Bureau, Urumqi Xinjiang
Email: 772307714@qq.com

Received: Sep. 2nd, 2019; accepted: Sep. 17th, 2019; published: Sep. 24th, 2019

Abstract

Using the routine weather reports from January 2014 to November 2018 and the daily flight operation data from November 2014 to July 2018, this paper investigates the statistical characteristics of the high-impact weathers at Urumqi Airport and the contribution of the high-impact weathers to the total flight delays at Urumqi Airport is analyzed. In addition, the seasonal and monthly variations of flight delays induced by the high-impact weathers are studied. The results show that the proportion of flight delays caused by the high-impact weather is the highest among all types of delays. This kind of delay shows clear seasonal and monthly variations, which mainly occurs in winter associated with low cloud, low visibility, and snow.

Keywords

Weather, Flight Delay, Statistical Analysis, Low Cloud and Visibility

乌鲁木齐机场因天气原因造成航班延误的统计分析

陈阳权, 杜安妮, 张凤梅, 孙少明

民航新疆空管局, 气象中心, 新疆 乌鲁木齐
Email: 772307714@qq.com

收稿日期: 2019年9月2日; 录用日期: 2019年9月17日; 发布日期: 2019年9月24日

摘要

本文应用2014年1月至2018年11月乌鲁木齐机场例行天气报告和2014年11月至2018年7月的每日航班

运行数据,对乌鲁木齐机场重要天气进行分类统计,并对乌鲁木齐机场因天气原因造成的航班延误进行分析,得到了该类延误占延误总量的比例和该类延误的季节性差异和月季差异。结果表明因天气原因造成的航班延误在各类延误类型中所占的比例最多,且具有明显的季节性差异和月季变化,主要发生在冬季,导致延误的天气主要是低云低能见度,其次是降雪。

关键词

天气原因, 航班延误, 统计分析, 低云低能见度

Copyright © 2019 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

随着航空事业的飞速发展,航空运输日益普及,航班安全性和准点性成为社会各界关注的焦点。随着空域容量负荷的加大,大面积航班延误频繁发生,航班延误对航空公司的利益造成了极大的影响,也造成了社会资源的浪费,有时甚至发生危害公共秩序的事件。频繁的航班延误,给我国民航运输带来了严峻的挑战。天气原因一直是造成航班延误的重要因素,当恶劣天气发生时常常造成大面积航班延误和取消。

影响航班延误的因素很多,包括航空公司计划、航路结构、跑道和空域容量、天气因素等,这些因素往往相互联系,这给系统性研究定量研究航班延误带来了不小的困难和挑战。王时敏[1]利用神经网络对全国主要城市对航线延误进行预测仿真实验,表明该模型能较为理想地从网格的角度描述恶劣天气与航班延误的关联。张义朋[2]对低能见度预测及其与航班准点率的相关性进行了研究。崔瑾[3]利用 Matlab 对航班延误进行预测,利用航班延误数据和天气数据构建了多元线性回归模型。吴仁彪等[4]利用深度 SE-DenseNet 对航班延误进行预测,将 DenseNet 和 SENet 相结合,有效地提高了算法的性能。尉炜等[5]对复杂网络的恶劣天气对航班延误的影响进行研究,统计分析各种恶劣天气发生时对机场容量的影响作用。Mueller [6]等人经统计分析给出延误时间的变化趋势,认为干扰航班延误的主要原因是天气,同时泊松分布可以更好地解释航班延误,正态分布可用于分析到达延误。Krozel 等[7]通过分析航班起飞、降落及飞行途中的延误,同时分析了在一年当中航班延误变化的趋势,同时分析了航班延误与季节性的关系和特征。王世杰[8]从理论讨论对航班不正常影响的主要天气因素是低能见度、雷雨、大风以及气温等。以上这些研究成果都在积极探索复杂天气对航班延误的影响和作用,并尝试对航班延误进行统计、预测研究。

在乌鲁木齐机场,随着航班量的飞速增长,天气对运行的影响越来越大,在复杂天气条件下,空管、机场、航空公司等单位运行压力大。近几年,新疆航空气象学者对乌鲁木齐机场天气对运行影响和航班延误等方面也有一定的研究,但研究深度和广度仍然有限。张利平等[9]对与天气相关的不正常事件和预报服务能力进行分析指出,与天气相关的不正常事件逐年呈上升趋势,并分析了不同类型天气对飞行的影响并提出了预报建议。王楠[10]等进行乌鲁木齐机场恶劣天气对起飞航班延误影响的量化研究,通过决策树分类方法得到了不同天气、不同季节决策因子和影响程度,并给出了运行建议。复杂天气对运行的影响越来越受到重视。

本文利用乌鲁木齐机场 2014 年~2018 年机场例行天气报告及每日航班运行数据,对乌鲁木齐机场复杂天气进行分类统计,并对因天气原因造成的航班延误进行统计分析,尝试了解复杂天气与因天气原因造成的航班延误的关系以及不同天气对延误量的影响程度,希望为后续延误量的定量研究打下基础。

2. 使用的数据

文章所使用的数据包括 2014 年 1 月至 2018 年 11 月乌鲁木齐机场例行天气报告(METAR, 即 Meteorological Terminal Aviation Routine Weather Report)及 2014 年 11 月至 2018 年 7 月的每日航班运行数据。每日航班运行数据来自新疆空管局发布的《空管每日运行简报》, 数据内容主要包括日期、合计架次、计划架次、乌鲁木齐区域飞跃架次、出港延误架次、延误 2 小时以上架次、因乌鲁木齐机场天气原因延误架次、具体原因、因目的地天气原因延误架次、因公司计划延误架次、因飞机晚到延误架次、因飞机除冰延误架次、因空军活动延误架次、其它原因延误、具体事由、返航备降取消情况、返航备降取消的原因等内容。

3. 因天气造成航班延误统计分析

天气复杂多变, 有很多威胁飞行安全和航空运行的天气现象, 这些天气现象可能影响航班正常秩序, 导致大面积航班延误和取消, 有的甚至造成飞行事故。航空气象信息对空中交通管制的决策、机场的运行效率、航空公司效益等都有很大影响。因此分析机场重要天气对飞行的影响、航班延误过程中天气所占比重以及各类天气对航班延误的影响, 能够加深天气对航班延误影响的认识, 在以后的工作中更能有的放矢。

3.1. 重要天气分类统计及对飞行的影响

影响乌鲁木齐机场飞行安全的重要天气主要有大风(西北大风、东南大风)、低能见度(包括大雾、冻雾、浓烟、沙尘等)、强对流(包括雷暴、雷雨、冰雹、SCT 及以上的积雨云)、低云、降雪、冻雨、沙尘、尘暴等天气。从 2014 年 1 月至 2018 年 11 月, 按天气出现的日数进行统计, 结果如图 1 所示。统计过程中, 按天气现象出现的种类进行统计, 如在出现雾的过程中可能伴有小雪, 将雾和雪分开统计, 主导能见度按 ≤ 800 m 进行统计, 跑道视程按 ≤ 550 m 进行统计, 雷暴中包括干雷暴和雷雨、冰雹等, 均按雷暴进行统计, 对大风统计的同时, 将东南大风和西北大风分开统计, 强沙尘包括沙尘和尘暴两类之和。从统计结果可见, 雪的天数达到了 311 天, 其次是雨和低能见度, 在出现低能见度时往往伴有雾和低云, 在出现低能见度过程中, 跑道视程低于一类运行标准的次数达到了一半; 雷暴和大风出现天数为 29 天, 出现东南大风和西北大风天数分别为 14 天和 15 天, 冻雨和强沙尘天气次数较少, 只有 3 天和 4 天。

虽然机场出现降雪天气最多, 但受乌鲁木齐气候条件的影响, 部分降雪属于零星飘雪, 对飞行影响不大。在乌鲁木齐降雨很少出现中量或以上的降雨, 以小雨为主, 而小雨对飞行的影响也有限。对飞行影响最大的是低云和低能见度, 而造成低能见度天气的主要天气现象为冻雾, 出现冻雾时往往伴有低云, 低于 800 m 的低能见度天数高达 262 天, 这对机场运行和航空公司计划都会造成严重的影响, 在出现低能见度时, 跑道视程低于 550 m 的次数高达 133 天, 低于了一类运行标准, 对航班的影响极大。冻雨、雷暴、东南大风、强沙尘虽然次数较少, 但出现时, 往往造成严重的影响, 在这些天气出现时, 除了天气本身造成的影响外, 还会产生很多其它的如风切变、飞机积冰、侧风超标等影响。

3.2. 因天气原因造成航班延误的统计分析

航班延误的原因有很多, 主要包括起飞机场天气原因、目的地机场天气原因、公司计划原因、因飞机晚到、除冰延误、其它用户活动、其它原因等 7 类。分析不同延误原因的比例, 对机场航班延误的认识提高很有意义。通过对航班运行的日运行数据进行统计分析发现, 在乌鲁木齐机场因为本场天气原因造成的延误达到了 37.75%, 高居首位, 其次是因公司计划原因造成的延误, 达到 34.86%, 其它原因也占有很高的比例, 如图 2 所示。通过以上数据分析可见, 在乌鲁木齐机场天气对飞行正常的影响非常大, 研究天气对航班延误的影响具有现实意义, 能够很大程度上提高天气对航班延误的认识, 从而注重天气过程在航空运行决策中的作用。

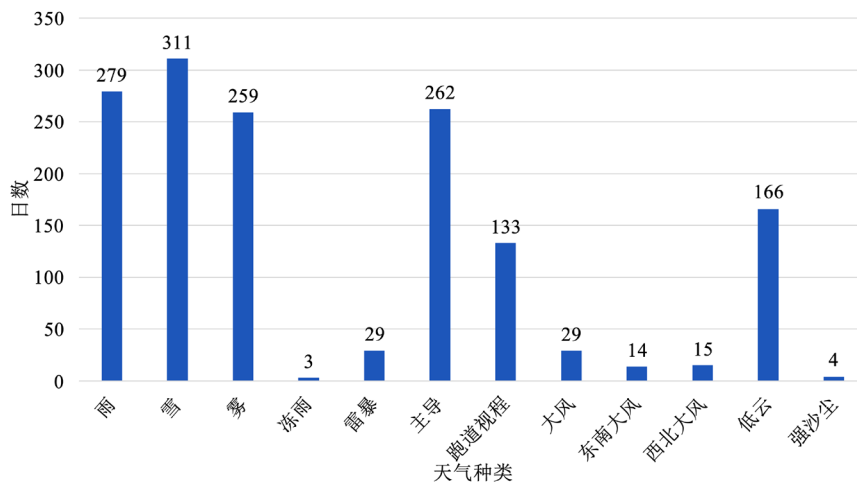


Figure 1. Statistics of major weather days at Urumqi airport
图 1. 乌鲁木齐机场主要天气日数统计

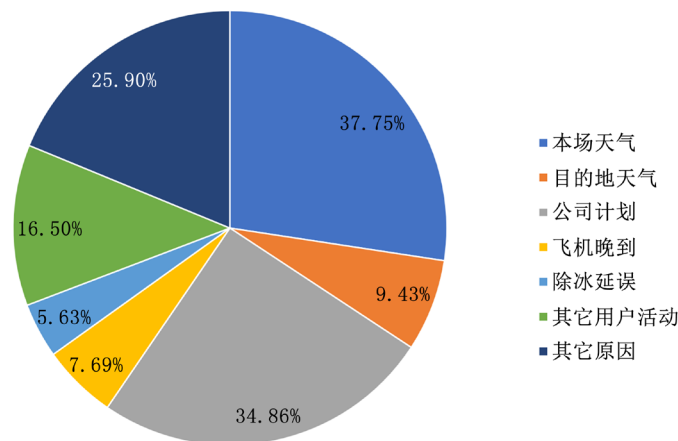


Figure 2. Statistics of major weather days at Urumqi airport
图 2. 乌鲁木齐机场主要天气日数统计

不同的季节有不同的天气，不同的天气对飞行的影响也不一样。在新疆，季节按冬季为 12 月至次年 2 月，春季为 3 月至 5 月，夏季为 6 月至 8 月，秋季为 9 月至 11 月计算。冬季主要出现低云、低能见度、降雪等天气过程，春季主要出现大风、降雪、降雨、冻雨、强沙尘等天气过程，夏季主要出现大风、雷暴、降雨等天气过程，秋季主要出现大风、降雨、降雪、低云、低能见度、强沙尘等天气过程。对航班延误数据按季节进行统计，得到航班延误的季节性差异，结果发现，冬季航班延误最多，达到了 62.32%，其次是秋季达到了 15.26%，再次是春季，达到了 12.11%，最后是夏季，为 10.31%，如图 3 所示。冬季时，乌鲁木齐机场低能见度、低云、降雪在统计时段内出现的次数很多，降雪对机场运行和能见度均有影响，低云、低能见度对航空器起降、航空公司的决策都有影响，由于出现次数非常多，对飞行影响很大。春秋两季，由于中纬度环流形势调整，常常出现大风天气过程，在大风过程中偶尔出现沙尘天气，有时也出现降雪或雨夹雪，尤其是春季，出现东南大风次数较多。夏季主要与雷暴和降雨天气居多，在雷暴过程中常常伴有西北大风，出现雷暴时往往严重影响航班正常，但乌鲁木齐机场雷暴时间短暂，多在 1 小时以内，雷暴结束后航班很快恢复正常，乌鲁木齐机场降雨次数很多，但多为小雨，小雨对飞行影响不大。通过以上分析可见，对飞行影响较大的主要是冬季的低云、低能见度和降雪天气。

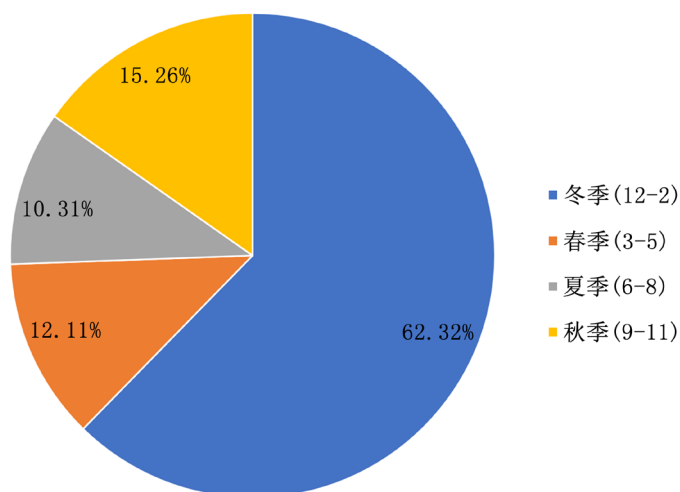


Figure 3. Seasonal proportion of flight delays caused by weather at Urumqi airport
图 3. 乌鲁木齐机场因天气原因造成航班延误的季节性比例

为了了解天气原因造成航班延误的月季变化,对天气原因延误的月数据进行统计,结果发现,延误次数最多的是1月份,达到了5568架次,其次是12月和2月,3月和11月处于季节转换期,天气较为复杂,大风、降雪、大雾等天气均由出现,延误架次也较多,6~8月主要受对流影响,也有明显的延误,全年最好的季节是4月和9月,尤其是9月,处于秋高气爽,天气多为晴朗少云,航班延误率也较低,是最适合飞行的季节,如图4所示。

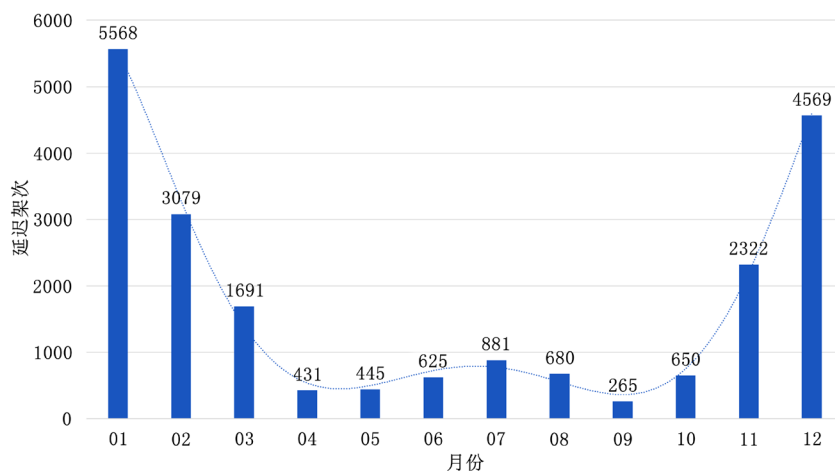


Figure 4. The seasonal variations of the flight delay caused by weather at Urumqi airport
图 4. 乌鲁木齐机场因天气原因造成航班延误的月季变化

3.3. 各类天气对航班延误的影响程度

将各类天气下航班延误次数进行统计,可以简单分析天气对航班延误的影响程度,结果如图5所示。分析发现,降雪天气条件下出现的延误架次最多,但在低能见度下,可能出现零星飘雪,将这部分飘雪剔除后,低能见度下出现航班延误次数是最多的,这里的低能见度是按主导能见度 ≤ 800 m进行统计,当主导能见度 < 800 m时,航空公司开始考虑对航班放行进行调整,可能造成航班延误和取消,虽然此时跑道视程可能高于一类运行标准,但仍可能造成航班延误。在出现低能见度时,因为跑道视程低于一

类标准而造成的航班延误占到低能见度延误的一半以上。随着乌鲁木齐机场开始启动二类运行标准,部分航空公司和机组具备二类资质,可以在跑道视程低于一类标准、高于二类标准的条件下进行起降,但在之前,跑道视程低于一类标准时,航空器是不能进行起降的,只能进行延误和取消,因此跑道视程的变化对航班运行是非常重要的,但这种重要性随着设备和程序的升级而逐渐在降低标准。本场出现低能见度时,往往伴有冻雾和低云。降雪的影响占第二位,降雪过程中的中雪和大雪可能对能见度进行影响,同时降雪过程中道面上有积雪,机场集团公司可能会对跑道进行清理,从而造成机场关闭和流量控制等造成航班延误。

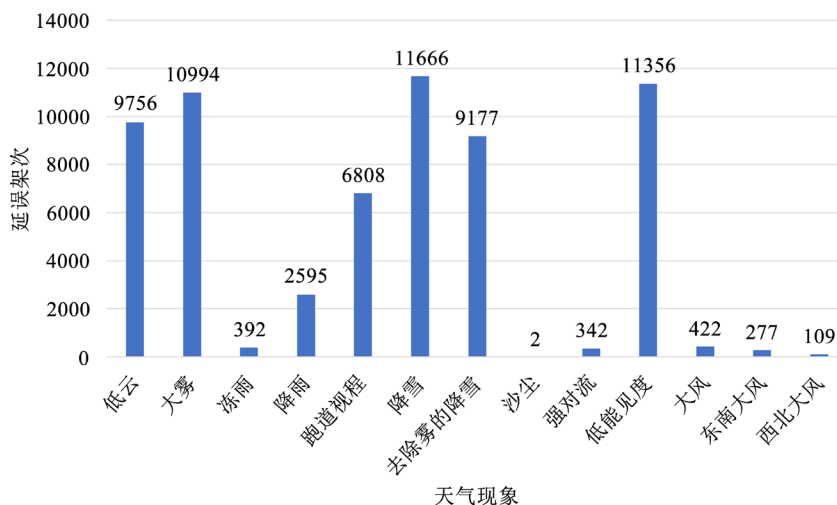


Figure 5. Impacts of high-impact weathers on flight delays at Urumqi airport
图 5. 乌鲁木齐机场重要天气对航班延误架次的影响

4. 结论与讨论

1) 因天气原因造成的航班延误在各类延误类型中所占的比例最多,达到了 37.75%,且具有明显的季节性差异和月季变化,冬季发生最多达到了 62.32%,主要发生延误的月份为 1 月,其次为 12 月,导致延误的天气主要是低云低能见度,其次是降雪,可见冬季低云低能见度、降雪是造成乌鲁木齐机场因天气原因航班延误的首要天气。

2) 随着数值预报水平越来越高,气象预报精准度也越来越高,将数值预报结果经过人工订正后,可得到对应的天气,假定结果是准确的,在统计分析的基础上利用机器学习方法,可建立因天气原因造成航班延误的延误量定量分析,从而提高天气向决策信息的转化,提高服务品质。

参考文献

- [1] 王时敏. 恶劣天气对航班延误影响的初步量化研究[D]: [硕士学位论文]. 南京: 南京航空航天大学, 2017.
- [2] 张义朋. 低能见度预测及其与航班准点率相关性研究[D]: [硕士学位论文]. 广汉: 中国民用航空飞行学院, 2018.
- [3] 崔瑾. 基于 Matlab 的航班延误预测[J]. 中国管理信息化, 2018, 21(23): 162-163.
- [4] 吴仁彪, 赵婷, 屈景怡. 基于深度 SE-DenseNet 的航班延误预测模型[J/OL]. 电子与信息学报, 1-8. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.4494.TN.20181205.1338.007.html>, 2019-03-01.
- [5] 尉炜, 邵荃, 向红奕, 等. 基于复杂网络的恶劣天气对航班延误影响的研究[J]. 航空计算技术, 2018, 48(2): 51-56.
- [6] Mueller, E. and Chatterji, G.B. (2002) Analysis of Aircraft Arrival and Departure Delay Characteristics. *AIAA's Aircraft Technology, Integration and Operations Conference*, Los Angeles, 1-3 October 2002, 1-9.

<https://doi.org/10.2514/6.2002-5866>

- [7] Krozel, J., Hoffman, B., Penny, S., *et al.* (2003) Aggregate Statistics of the National Airspace System. *AIAA Guidance, Navigation, and Control Conference*, Austin, 11-14 August 2003, 1-15. <https://doi.org/10.2514/6.2003-5710>
- [8] 王世杰. 影响飞行安全正点的航空气象要素[J]. 青海科技, 2005, 12(4): 56-57.
- [9] 张利平, 马琳芳, 陈阳权, 谭艳梅. 与天气相关的不正常事件及预报服务能力分析[J]. 中国民航飞行学院学报, 2016, 27(5): 14-18.
- [10] 王楠, 杨洪儒, 周建军, 曹敦波. 乌鲁木齐机场恶劣天气影响起飞航班延误的量化研究[J]. 干旱气象, 2018, 36(4): 684-693.