

气象条件和空气污染物对邮轮延误时长的影响

——基于逐步回归分析

王仁鑫, 叶欣梁, 孙瑞红

上海工程技术大学, 管理学院, 上海

收稿日期: 2022年2月21日; 录用日期: 2022年3月17日; 发布日期: 2022年3月24日

摘要

邮轮旅游是休闲旅游中增长最快的部分, 邮轮旅游业是极其脆弱和敏感的行业, 极易受外部环境的影响和突发事件的冲击。研究气象条件和空气污染物对邮轮延误的影响对于规避邮轮运营的经济损失有着举足轻重的意义, 因此, 本文采用逐步回归分析影响邮轮延误时长的气象条件和空气污染物, 结果发现: 降水量、风速、能见度和CO浓度是主要影响邮轮延误时长的影响因素, 并且随着降水量的增加, 风速的增强和CO浓度的增大, 还有能见度降低, 邮轮的延误时长会越来越长。

关键词

逐步回归, 气象条件, 空气污染物, 邮轮延误时长

Impact of Meteorological Conditions and Air Pollutants on Cruise Delay

—Based on Stepwise Regression Analysis

Renxin Wang, Xinliang Ye, Ruihong Sun

School of Management, Shanghai University of Engineering Science, Shanghai

Received: Feb. 21st, 2022; accepted: Mar. 17th, 2022; published: Mar. 24th, 2022

Abstract

Cruise tourism is the fastest growing part of leisure tourism. Cruise tourism is an extremely fragile and sensitive industry, which is very vulnerable to the impact of external environment and emergencies. Studying the impact of meteorological conditions and air pollutants on cruise delay is of great significance to avoid the economic loss of cruise operation. Stepwise regression analysis is

used to analyze the meteorological conditions and air pollutants affecting the duration of cruise delay. The results show that precipitation, wind speed, visibility and Co are the main factors affecting the delay time of cruise ships. With the increase of precipitation, the increase of wind speed and Co, and the decrease of visibility, the delay time of cruise ships will be longer and longer.

Keywords

Stepwise Regression, Meteorological Conditions, Air Pollutants, Cruise Delay Time

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

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



Open Access

1. 引言

邮轮旅游是以大型客运轮船为载体,以海上巡游为主要形式,参与船上活动及岸上休闲的一种旅游方式。自20世纪60年代以来,邮轮公司逐渐改变经营策略,从客运邮轮转变到度假邮轮,在这期间邮轮旅游经历了海上本国观光、海上国际休闲旅游、海上综合度假等几个阶段的发展。如今,现代邮轮旅游业已经历了40余年的高速发展,邮轮产业已经成为全球旅游与接待业中发展最迅速、带动经济效益最显著的产业之一。但是邮轮旅游业是极其脆弱和敏感的行业,容易受外部环境的影响和突发事件的冲击。2018年3月27日下午,诺唯真喜悦号因为大雾黄色预警无法从上海吴淞港码头正常启航,滞留码头直到29日22时,致使原日本两日岸上行程取消,改成无目的地海上巡游。此次事件中,邮轮公司一方面因为出发延误全额退还游客船票费用,并免费提供该航次海上巡游的所有费用;另一方面也因为无法离港承担了3天的靠泊费用。由此可见,邮轮能否准点靠泊和靠泊多长时间会直接造成相应的经济损失。邮轮准点靠泊,有利于邮轮企业经营活动有序开展、游客旅行计划如期开展、邮轮港口合理安排客流、边检海关等工作正常,准点率越高,延误和航班缩短的赔偿越少,邮轮企业收益越大;邮轮停靠时间越长,靠泊成本越高,增加邮轮公司的运营成本。停靠时间越短,对邮轮公司来说越好,既可以减少靠泊费用,又可以尽可能增加游客船上消费提升海上盈利。

目前在中国开展的邮轮旅游多是环形航线,其基本模式就是在母港上客,然后在一个或多个停靠港下客上岸游览,最后再将游客运回母港结束邮轮旅游行程。因为邮轮提供的某一时段的邮轮产品,具有价值易逝性,因此邮轮公司一般提前一到两年规划邮轮航线,确定始发港和停靠港,并和邮轮港口预定泊位,确认行程起止时间,最后知会销售部门和旅行代理商帮助销售该航次邮轮产品。因此,时间在邮轮运营中是非常重要的节点,一旦发生时间上的错位,不仅会影响邮轮航次后续行程安排,也会带来航道拥堵、港口加班、游客投诉等一系列连锁反应。

从邮轮实际运营来看,邮轮延误通常受航道管制、传染疾病、机械故障、突发事件、出现重大缺陷被滞留、天气状况等因素的影响。但从上海长江航道管制看,当地海事部门针对邮轮专门制定了优先使用航道通航的政策,创新国际邮轮“五优先”、“3A”工作法,实行超宽交会、落实“利用边坡交会”常态长效,尽可能消除了潮汐和航道拥挤对邮轮靠泊准时的影响,全力保证邮轮安全和靠泊准点率。另外上海每年邮轮突发事故只有1~2例,可以作为异常值在研究中排除。所以,气象因素是影响邮轮能否准时靠泊或准时出发的最主要原因。

基于此,本文以控制邮轮延误时长为目标,深入分析气象条件和空气污染物对邮轮延误时长的影响,

采用逐步回归分析的方法,充分利用相关旅游业脆弱性和天气对邮轮旅游的影响研究的同时,为预测邮轮延误时长提供科学有效的参考,进一步减少邮轮运营因天气的不确定性引发的经济损失。

2. 文献综述

邮轮旅游是一种新型的休闲旅游,具有旅游业相应的特点。旅游是非常敏感和脆弱性的产业,极易受气候和天气灾害的直接或间接影响。在天气因素对旅游业的影响研究中,主要分为三个方面:1) 基于特定的旅游类型分析旅游的脆弱性,国内外学者对旅游的脆弱性研究主要集中在某一种特定的旅游类型上,Csete M 等对匈牙利不同旅游类型的脆弱性进行了比较分析,形成了国家脆弱性地图[1], Verbos R I 等提出一种理解影响户外游憩活动的天气依赖性的多维变量的机制 WDF [2],尹鹏以舟山市为例研究海岛型旅游目的地脆弱性[3]。2) 基于某一区域为背景综合讨论天气对整个区域旅游的影响,Nicholls S 等将一系列科学的气候变化情景与旅游气候指数(TCI)相结合,分析了西北欧旅游气候适宜性的变化规律[4]。此外,更多的学者以研究旅游者的旅游需求或者游客满意度或重游意愿为视角探讨天气因素对旅游的影响, Kim S 等通过对 1736 名韩国国内游客的调查,探讨了天气对游客满意度和重游意愿的影响[5], Falk M 通过区分国内游客和国外游客的过夜天数,研究了天气因素对冬季旅游需求的影响[6], Millhäusler A 等认为瑞士国家公园游客数量的变化主要取决于月份、欧洲经济形势和气温[7]。3) 从旅游者角度出发研究天气因素对旅游者的旅游需求或者游客满意度或重游意愿的影响,例如针对雾霾对旅游的影响,唐承财等从旅游资源、旅游交通等全方位分析了雾霾对区域旅游业的影响[8],杨君辉等人研究了西安市的雾霾天气对国内游客旅游意愿与行为的影响[9]。同时,随着全球气候的不断变化,未来的天气风险的预警可以有效地建立在现有的经验基础上,多变混沌的天气更是影响旅游的综合因素。

邮轮旅游是极易受气候和天气灾害的直接或间接影响。气候变化会导致极端天气情况的增加,例如风暴,热浪或强烈而长时间的降雨,从而引发一系列问题,造成邮轮公司和邮轮港口经营的损失。Wijaya, Furqan 指出暴风雨和洪水是对游客滨海旅游活动影响最大的天气灾害[10],邮轮作为人员高度密集的场所,在遇到自然灾害和突发事件时,很容易遭受人身和财务风险损失[11]。伴随邮轮旅游大发展,邮轮航次增多,邮轮延误也在不断增多,带来游客霸船、赔偿、分流与秩序恢复等问题。邮轮产品提供某一具体航次的旅游航程,完整的邮轮行程由海上巡游和目的地岸上活动两部分组成,需要游客空间位移才能完成一次完整邮轮旅游的生产和消费[12]。每个邮轮航程有明确的起止时间,具有明显的时效性。邮轮港口是航线的重要节点,邮轮能否准时到达和离开港口会对整个航线航程节奏产生影响。虽然邮轮产业售卖航线而非目的地,邮轮公司在停靠港上选择更加灵活, Sun X 等指出随着游客越来越看重目的地行程,邮轮公司需要在市场偏好和运营成本上进行更多平衡[13]。邮轮在港口区域常会遇到意想不到的问题,如大雾、台风、航行意外等;并且由于客运港口可能会临近货运港口,还会受到漏油、火灾、航道堵塞等问题[14]。Zhang Y 等人以中国四个港口为例估算了每个港口的总经济损失,讨论了台风引发的风灾造成的港口中断对中国港口运营的经济影响[15]。还有学者以深圳港为例,研究发现台风袭击的最坏情况可能导致 16 个泊位的总损失高达 0.91 亿美元[16]。Lassa 等人认为地震、海啸、龙卷风和其他极端天气事件等大规模自然灾害对港口造成了重大损失,并且提出了新的可以用于评估未来不同规模的海洋风险研究和多种危害风险过程的风险评估框架[17]。由于邮轮也属于规模经济,只要运营成本下降一小部分,也可以节省数百万美元的经济费用。因此,气象条件对邮轮的速度的影响就能体现在邮轮延误上,如果延误时间过长,甚至会对下一个港口的经济造成损失。

在气象因素对旅游业或者邮轮旅游的影响研究中,更多的学者采用的是多元回归分析, Shih C 等人采用双对数模型,对不同季节的三组独立的气候条件、经济条件和闲暇时间进行回归分析[18], Hower M 等人运用多元线性回归构建了包括气候因素变量如气温、降雨,社会因素变量如周末、节日在内的旅游

旺季、平季与淡季的天气——访问模型[19], 或者采用网络关注度对天气和旅游进行相关性分析[20], 这些方法能反应天气这种混沌系统对旅游的影响, 因此本文采用逐步回归分析气象条件和空气污染物对邮轮延误时长的影响也有据可循。

3. 数据来源及研究方法

3.1. 数据来源与处理

气象要素数据资料一部分来源于国家气象信息中心中国气象数据网¹检索的相关数据, 另一部分则通过上海追风团队的追踪观察获取了2017年至今的天气数据, 主要包括风力、浪高、能见度等数据, 同时, 还通过追风团队对上海预警天气记录获取了历年天气预警数据, 包括台风、大雾、暴风雨、寒潮、高温等预警记录。空气污染物数据资料来源于中国空气质量在线监测分析平台²中的相关数据, 本文根据研究的实际情况, 获取了上海市2017年以来的每天的空气数据。最终确定了10个影响因素的数据, 分别是风速, 降水量, 能见度, 平均温度、PM2.5浓度、PM10浓度、SO₂浓度、CO浓度、NO₂浓度、O₃浓度。

邮轮进出港时间偏差和靠泊时长通过邮轮港船舶航次统计部门获得。本文与邮轮港建立合作关系, 共同开展准点率相关研究, 获取了2017年1月1日至2019年6月31日邮轮实际靠泊时间数据。通过计算预期到达时间和实际到达时间、预期出发时间和实际出发时间的差距来找出邮轮是否延误。本文为了保证后期数据与上海吴淞口邮轮港的实际运营情况相符合, 因此将邮轮在上海吴淞口邮轮港延误的情况进行综合处理, 最后剩下可分析的航期数据有530条。

3.2. 研究方法

气象条件对人类社会经济生活有不同程度的影响, 研究气象条件对各行业的影响研究的方法百花齐放, 考虑到论文的着手点是邮轮延误问题, 需要寻找到主要的影响因子与邮轮延误的映射关系, 且预测结果要基本符合邮轮停靠延误以及出发延误的相关实际, 因此选取了逐步回归分析法分析气象条件和空气污染物如何影响邮轮延误的。

1) 数据标准化

为进一步提高数据处理的速度和回归模型的准确度, 必须对海量的数据进行预处理。数据的预处理一般包括数据清理、特征提取、标准化处理等工作, 数据清洗是对数据审查校核的步骤, 即可降低样本量, 也能提高数据精度[21]。标准化处理是数据预处理中十分关键的一步, 主要是将数据进行无量纲化, 避免数据的量纲带来影响, 使得数据之间更具备可比性[22]。根据异常值的性质特点, 气象数据的不确定性, 不做特殊处理, 然后直接在该数据集上进行数据分析。

将清洗后的共530组有效数据 Z_i 按照式(1)进行标准化处理

$$Z_i = \frac{Z - Z_{mean}}{Z_{std}} \quad (1)$$

2) 逐步回归分析

逐步回归的基本思想是: 先逐一导入解释变量, 再逐次导入对被解释变量 Y 中影响明显的解释变量, 并对已导入模型中的解释变量逐一加以检验, 最后把对影响不明显的解释变量逐一从模型中去除, 最后得到的函数表达式中一定要去除非显著影响的解释变量, 只包括对 Y 影响明显的解释变量。在进行逐步回归分析过程中, 变量的筛选有两种方式: 一是剔除影响不显著的解释变量; 二是引入新的解释变量。

¹数据来源: <http://data.cma.cn>。

²数据来源: <https://www.aqistudy.cn/historydata/>。

下面分别给出这两方面的步骤。

4. 逐步回归模型建立与结果分析

4.1. 相关性分析及结果

相关性分析是判断两个变量之间密切程度的方法，通过相关性分析可以判断邮轮延误时间受风速、降水量、能见度等多种气象条件和空气污染物的影响程度，同时可以初步确定影响邮轮延误时长的主要影响因素，以及影响程度的显著性，也可判断各气象条件与空气污染物之间的关联程度，相关系数 R 的公式为：

$$R = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - \sum_{i=1}^n x_i \sum_{i=1}^n y_i}{\sqrt{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - \sum_{i=1}^n (x_i)^2} \sqrt{n \sum_{i=1}^n y_i^2 - \sum_{i=1}^n (y_i)^2}} \quad (2)$$

式 2 中， n 为检验相关性的变量数； x_i 为解释变量(这里指气象条件和空气污染物 $x_1 \sim x_{10}$)； y_i 是被解释变量(这里为邮轮延误时长 y)，相关系数 R 的取值范围为 $|R| \leq 1$ ，相关系数 R 的绝对值越靠近 1，两个变量越相关；反之， R 的绝对值越接近 0，两个变量之间越无关。

将邮轮延误时间数据、气象条件数据和空气污染物数据标准化处理后，在 SPSS.24 中进行相关性分析，结果如“表 1”所示， $x_1 \sim x_{10}$ 分别是：能见度、温度、降水量、风速、PM2.5、PM10、SO₂、NO₂、CO、O₃。

Table 1. Correlation analysis

表 1. 相关性分析

变量	y	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9	x_{10}
y	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
x_1	-0.236**	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—
x_2	0.072	0.232**	1	—	—	—	—	—	—	—	—
x_3	0.530**	-0.306**	0.005	1	—	—	—	—	—	—	—
x_4	0.582**	-0.193**	0.057	0.238**	1	—	—	—	—	—	—
x_5	0.072	-0.597**	-0.259**	0.159**	-0.068	1	—	—	—	—	—
x_6	0.031	-0.363**	-0.151**	0.026	-0.053	0.777**	1	—	—	—	—
x_7	-0.036	-0.274**	-0.359**	-0.036	-0.114**	0.671**	0.699**	1	—	—	—
x_8	-0.001	-0.490**	-0.439**	-0.093*	-0.193**	0.701**	0.637**	0.711**	1	—	—
x_9	0.138**	-0.560**	-0.329**	0.196**	-0.008	0.857**	0.693**	0.698**	0.749**	1	—
x_{10}	-0.071	0.229**	0.563**	-0.138**	-0.024	-0.099*	-0.007	-0.134**	-0.420**	-0.260**	1

注：**表示相关性在 0.01 水平上显著；*表示相关性在 0.05 水平上显著。

由上表可知，利用相关性分析去研究邮轮延误时长分别和能见度、温度、降水量、风速、PM2.5、PM10、SO₂、NO₂、CO、O₃ 共 10 项之间的关系，使用皮尔逊相关系数去表示两个变量之间的关系强弱。具体分析可知：邮轮延误时长与能见度、降水量、风速、CO 共 4 项之间的相关关系系数值呈现出显著性，具体来看，邮轮延误时长和能见度的相关系数值为-0.236，其显著性在 0.01 的水平上，可知邮轮延误时长和能见度有显著的负相关关系。邮轮延误时长和降水量的相关系数为 0.530，其显著性在 0.01 的水平

上, 可知邮轮延误时长和降水量的关系为显著正相关。邮轮延误时间和风速的相关系数为 0.582, 其显著性在 0.01 的水平上, 可知邮轮延误时间和风速之间存在显著正相关的关系。邮轮延误时间和 CO 浓度的相关系数为 0.138, 其显著性在 0.01 的水平上, 可知邮轮延误时间和 CO 浓度的相关关系为显著正相关。除此之外, 邮轮延误时间与温度、PM2.5、PM10、SO₂、NO₂、O₃ 浓度共 6 项之间的相关系数偏小, 并且不显著, 意味着邮轮延误时间与温度、PM2.5、PM10、SO₂、NO₂、O₃ 共 6 项之间并没有显著的相关关系。

4.2. 逐步回归分析建模

逐步回归分析有三种建模方法, 分别是引入法和剔除法和逐步选择。引入法是从模型中没有预测因素开始, 反复添加显著的影响因素, 直到没有显著的预测变量选入回归方程。剔除法是从包含所有可能预测变量的模型中的所有预测变量开始, 以迭代方式删除贡献最小的预测变量, 直到没有不显著的预测变量从回归方程删除。逐步选择是引入和剔除选择的组合, 从没有预测变量开始, 然后顺序添加最有贡献的预测变量, 添加每个新变量后, 删除所有不再改善模型拟合的变量, 直到既没有显著的预测变量选入回归方程, 也没有不显著的预测变量从回归方程中剔除为止。在影响邮轮延误时间的气象条件和空气污染物中, 可能会有一部分解释变量之间也具有较强的关联作用。论文利用引入法将需要分析的气象条件或空气污染物因子逐个引入回归方程中, 回归方程中新增一个气象因子或空气污染物因子, 就对选入回归方程的气象因子或空气污染物因子逐步筛选, 确保最终建立的回归方程重的气象条件或空气污染物因子均显著。

将能见度、温度、降水量、风速、PM2.5、PM10、SO₂、NO₂、CO、O₃ 这 10 个气象条件和空气污染物因子作为解释变量, 分别对应 $x_1 \sim x_{10}$, 选取邮轮延误时长 y 作为被解释变量, 利用 SPSS.24 软件构建逐步回归模型, 选用引入法从 10 个气象条件和空气污染物因子中筛选出几个气象条件和空气污染物变量作为自变量。逐步回归分析的建模过程和相关解释变量的参数在“表 2”中, 如下所示。

Table 2. Stepwise regression analysis results of cruise delay time

表 2. 邮轮延误时间逐步回归分析结果

模型	引入变量	方差分析			回归系数			
		调整 R 方	F 值	Sig.	B	标准误差	t	Sig.
1	常量	0.337	309.615	0.000	8.236	21.613	0.381	0.703
	风速				7.603	0.432	17.596	0.000
2	常量	0.499	185.301	0.000	17.335	18.795	0.922	0.357
	风速				6.309	0.387	16.316	0.000
	降水量				5.542	0.395	14.046	0.000
3	常量	0.502	184.760	0.000	-31.397	29.543	-1.063	0.288
	风速				6.356	0.386	16.459	0.000
	降水量				5.367	0.402	13.357	0.000
	CO				65.841	30.858	2.134	0.033
4	常量	0.506	183.968	0.000	-92.691	38.342	-2.418	0.016
	风速				6.314	0.358	16.405	0.000
	降水量				5.316	0.401	13.267	0.000
	CO				92.783	32.572	2.849	0.005
	能见度				-2.029	0.814	2.492	0.013

从表 2 中可以看出, 逐步引入法最先引入的变量是风速 x_4 , 然后逐步引入降水量 x_3 、CO 浓度 x_9 、温度 x_1 共 4 个变量, 建立了模型 4, 剔除了 x_2 、 x_5 、 x_6 、 x_7 、 x_8 、 x_{10} 、共 6 个变量。模型 1 调整后的 R 方为 0.337, 模型 2 调整后的 R 方为 0.499, 模型 3 调整后的 R 方为 0.502, 模型 4 调整后的 R 方为 0.506, 综合看来, 模型 4 的预测效果比模型 3、模型 2、模型 1 的效果好, 解释力度更强, 模型 4 的 F 值为 183.968, P 值为 0, 证明最终得到的模型 4 的回归方程是在 $\alpha = 0.05$ 的水平上显著的, 并且模型中的影响因子 x_4 、 x_3 、 x_9 、和 x_1 的回归系数均是显著的, 因而模型 4 就是通过逐步回归分析得出的邮轮延误时长预测模型。

邮轮延误时长预测的多元回归方程可表示为:

$$\begin{aligned} y &= 6.314(\text{风速}) + 5.316(\text{降水量}) + 92.783(\text{CO}) - 2.029(\text{能见度}) - 92.691 \\ &= 6.314(x_4) + 5.316(x_3) + 92.783(x_9) - 2.029(x_1) - 92.691 \end{aligned} \quad (3)$$

4.3. 模型预测结果分析

根据逐步回归构建的邮轮延误时长预测模型式(3)对邮轮延误时长进行预测, 选取风速, 降水量, CO 浓度和能见度四个变量, 对延误进行预测, 得出邮轮延误时长预测值, 并与邮轮延误实际时长进行对比如下“图 1”, 可以看出模型的预测效果较好, 实际延误时长小于 600 分钟的预测效果大于 600 分钟的预测效果好, 实际邮轮延误时长越长, 越不容易通过气象条件和空气污染物进行预测, 这说明在邮轮停靠港口的实际情况下, 其他人为主观因素的影响也是存在的。

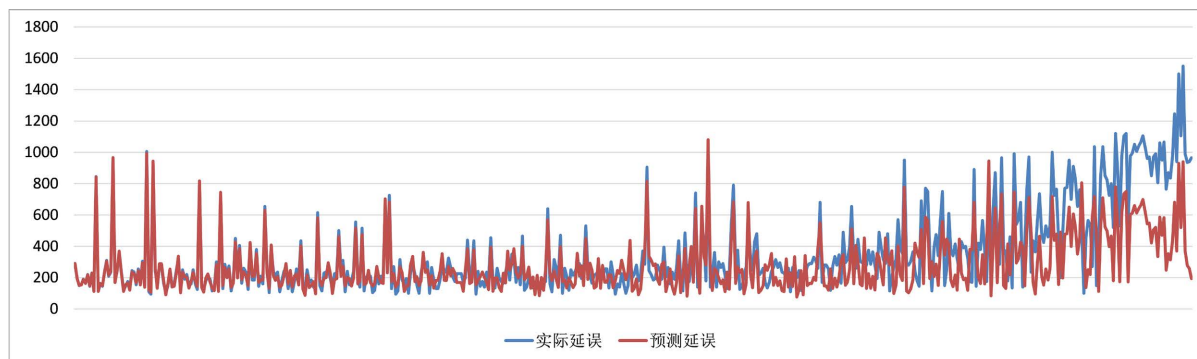


Figure 1. Comparison between actual value and predicted value of cruise delay time

图 1. 邮轮延误时长实际值与预测值的对比图

5. 结束语

模型 4 中的回归系数显示, 风速、降水量、CO 浓度与邮轮延误时间呈正相关, 能见度与邮轮延误时长呈负相关。这说明, 邮轮发生延误与强劲的风力和持续的降水以及一定的 CO 浓度以及低能见度有关, 模型 4 的调整 R 方为 0.506, 拟合情况符合实际情况, 模型整体预测效果较好, 邮轮延误时长在 600 分钟以内的预测效果最好。由于本文采用的是线性回归模型, 可能有相对于实际情况不够准确的情况, 因此还应该考虑气象条件和空气污染物对邮轮延误时间的影响可能是非线性的情况, 这将是进一步研究的方向。

本文主要采用了逐步回归建立了邮轮延误时间的预测模型, 从可能影响邮轮延误市场的多个因素出发研究气象因素和空气污染物对邮轮延误时间的影响, 发现降水量、风速、能见度和 CO 浓度是主要影响邮轮延误时长的影响因素, 并且随着降水量的增加, 风速的增强和 CO 浓度的增大, 还有能见度降低, 邮轮的延误时长会越来越长。此外, 本文的研究结果有助于邮轮港口, 邮轮公司和相关政府部门, 在获取气象预报的情况下, 以本文建立的模型更好的采取邮轮延误预控, 从而节省邮轮运营成本。

参考文献

- [1] Csete, M., Palvoelgyi, T. and Szendroe, G. (2013) Assessment of Climate Change Vulnerability of Tourism in Hungary. *Regional Environmental Change*, **13**, 1043-1057. <https://doi.org/10.1007/s10113-013-0417-7>
- [2] Verbos, R.I. and Brownlee, M.T.J. (2017) The Weather Dependency Framework (WDF): A Tool for Assessing the Weather Dependency of Outdoor Recreation Activities. *Journal of Outdoor Recreation & Tourism*, **18**, 88-99. <https://doi.org/10.1016/j.jort.2017.02.005>
- [3] 尹鹏, 刘曙光, 段佩利. 海岛型旅游目的地脆弱性及其障碍因子分析——以舟山市为例[J]. *经济地理*, 2017, 37(10): 234-240.
- [4] Nicholls, S. and Amelung, B. (2008) Climate Change and Tourism in Northwestern Europe: Impacts and Adaptation. *Tourism Analysis*, **13**, 21-31. <https://doi.org/10.3727/108354208784548724>
- [5] Kim, S., Park, J.H., Lee, D.K., et al. (2017) The Impacts of Weather on Tourist Satisfaction and Revisit Intention: A Study of South Korean Domestic Tourism. *Asia Pacific Journal of Tourism Research*, **22**, 1-14. <https://doi.org/10.1080/10941665.2017.1357640>
- [6] Falk, M. (2012) Impact of Long-Term Weather on Domestic and Foreign Winter Tourism Demand. *International Journal of Tourism Research*, **15**, 1-17. <https://doi.org/10.1002/jtr.865>
- [7] Millhäusler, A. anderwald, P., Haeni, M., et al. (2016) Publicity, Economics and Weather-Changes in Visitor Numbers to a European National Park over 8 Years. *Journal of Outdoor Recreation and Tourism*, **16**, 50-57. <https://doi.org/10.1016/j.jort.2016.09.005>
- [8] 唐承财, 刘霄泉, 宋昌耀. 雾霾对区域旅游业的影响及应对策略探讨[J]. *地理与地理信息科学*, 2016, 32(5): 121-126.
- [9] 杨军辉, 赵永宏. 雾霾天气对国内游客旅游意愿与行为影响研究——以西安为例[J]. *人文地理*, 2019, 34(6): 136-145.
- [10] Wijaya, N. and Furqan, A. (2018) Coastal Tourism and Climate-Related Disasters in an Archipelago Country of Indonesia: Tourists' Perspective. *Procedia Engineering*, **212**, 535-542. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2018.01.069>
- [11] Hübner, A. and Gössling, S. (2012) Tourist Perceptions of Extreme Weather Events in Martinique. *Journal of Destination Marketing & Management*, **1**, 47-55. <https://doi.org/10.1016/j.jdmm.2012.09.003>
- [12] Rahman, N.S.F.A., Othman, M.K., Sanusi, I.A., et al. (2019) Evaluation of Delay Factors on Dry Bulk Cargo Operation in Malaysia: A Case Study of Kemaman Port. *Asian Journal of Shipping and Logs*, **35**, 127-137. <https://doi.org/10.1016/j.ajsl.2019.09.001>
- [13] Sun, X., Xu, M., Lau, Y., et al. (2019) Cruisers' Satisfaction with Shore Experience: An Empirical Study on a China-Japan Itinerary. *Ocean & Coastal Management*, **181**, Article ID: 104867. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2019.104867>
- [14] Le, T.H. and Arcodia, C. (2018) Risk Perceptions on Cruise Ships among Young People: Concepts, Approaches and Directions. *International Journal of Hospitality Management*, **69**, 102-112. <https://doi.org/10.1016/j.ijhm.2017.09.016>
- [15] Zhang, Y., Wei, K., Shen, Z., et al. (2020) Economic Impact of Typhoon-Induced Wind Disasters on Port Operations: A Case Study of Ports in China. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, **50**, Article ID: 101719. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2020.101719>
- [16] Cao, X. and Lam, J.S.L. (2018) Simulation-Based Catastrophe-Induced Port Loss Estimation. *Reliability Engineering & System Safety*, **175**, 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.ress.2018.02.008>
- [17] Lam, J.S.L. and Lassa, J.A. (2017) Risk Assessment Framework for Exposure of Cargo and Ports to Natural Hazards and Climate Extremes. *Maritime Policy & Management*, **44**, 1-15. <https://doi.org/10.1080/03088839.2016.1245877>
- [18] Shih, C. and Nicholls, S. (2012) How Do Weather Conditions Influence Leisure Traffic? Evidence from Michigan and Implications for Climate Change. *Tourism Analysis*, **17**, 431-443. <https://doi.org/10.3727/108354212X13473157390641>
- [19] Hewer, M., Scott, D. and Fenech, A. (2016) Seasonal Weather Sensitivity, Temperature Thresholds, and Climate Change Impacts for Park Visitation. *Tourism Geographies*, **18**, 297-321. <https://doi.org/10.1080/14616688.2016.1172662>
- [20] 周威, 陈朝晖, 李仁鹏, 肖硕. 基于网络关注度的天气与旅游相关性分析——以长沙为例[J]. *气象科技*, 2020, 48(4): 607-614.
- [21] 成珂, 孙琦琦, 马晓瑶. 基于主成分回归分析的气象因子对光伏发电量的影响[J]. *太阳能学报*, 2021, 42(2): 403-409.
- [22] Cheng, K., Guo, L.M. and Wang, Y.K. (2017) Application of Cluster Analysis in Photovoltaic Power Generation Prediction. *Renewable Energy*, **35**, 696-701.