



2019年美赛D题论文点评

《美国数学建模竞赛》

完整课程请长按下方二维码





赛题分析：研究思路



2019 ICM Problem D: Time to leave the Louvre 离开卢浮宫的时间

- 法国越来越多的恐怖袭击[1]要求审查许多热门目的地的紧急疏散计划。您的ICM团队正在帮助设计法国巴黎卢浮宫的疏散计划。一般而言，疏散的目标是让更多人尽可能快速安全地离开建筑物。一旦接到需要疏散的通知，每个人都要疏散到一个最佳的出口，以便尽快清空建筑物。
- 卢浮宫是世界上规模最大，访问量最大的艺术博物馆之一，2017年接待游客超过810万。博物馆内的客人数量在一天和一年中各不相同，这对规划博物馆内的定期运动提出了挑战。游客的多样性——说多种语言，一起旅行的团体和残疾游客——使紧急情况下的疏散更具挑战性。



The Louvre has five floors, two of which are underground. 卢浮宫有五层，其中两层是地下的。

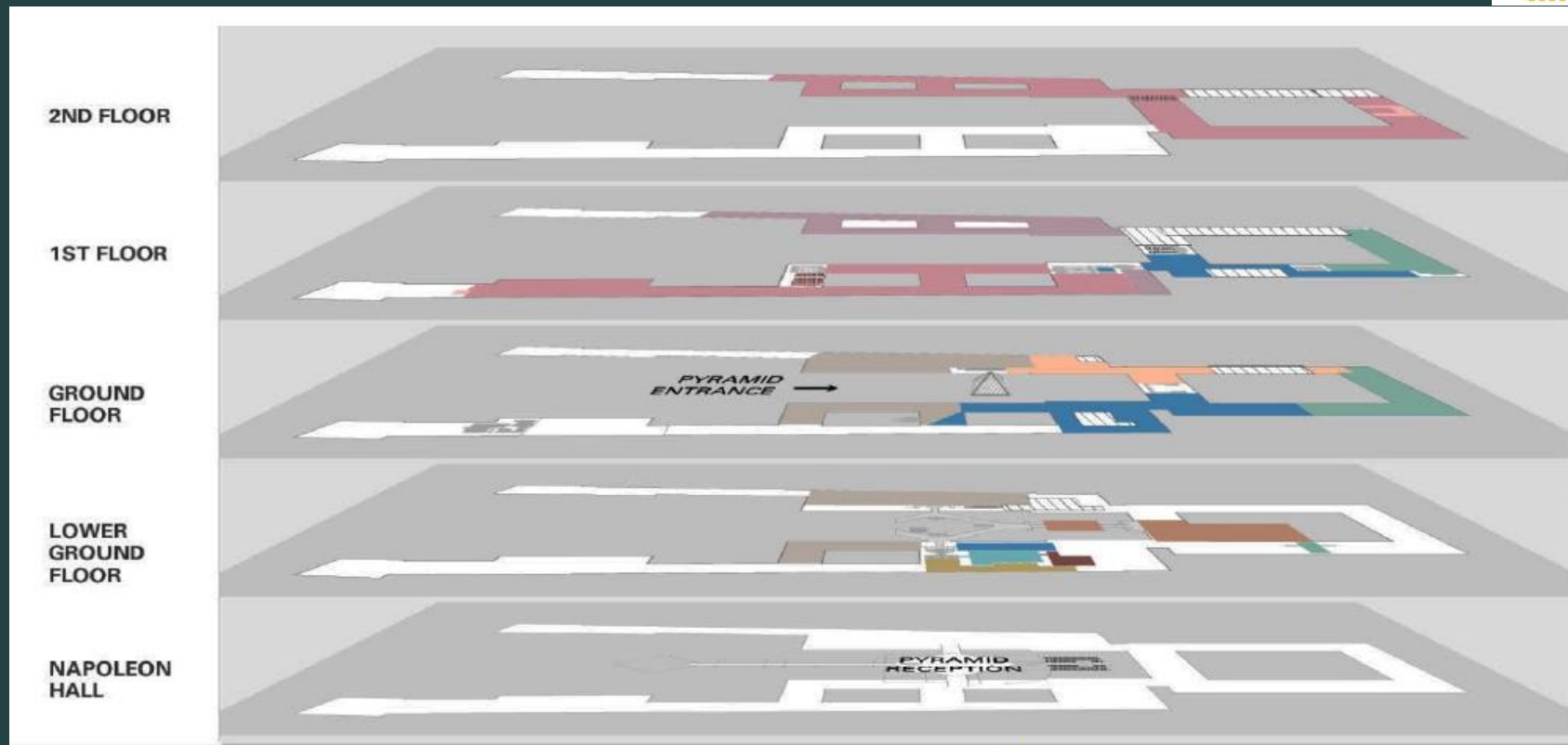


Figure 1: Floor plan of Louvre^[3]



2019 ICM Problem D: Time to leave the Louvre 离开卢浮宫的时间

- 位于这五个楼层的380,000个展品占地约72,735平方米，建筑翼长达480米或5个城市街区[3]。金字塔入口是博物馆的主要和最常用的公共入口。然而，还有三个其他入口，通常为拥有博物馆会员资格的团体和个人预留：Passage Richelieu入口，Carrousel du Louvre入口和Portes Des Lions入口。卢浮宫有一个在线申请，“Affluences”
- (<https://www.affluences.com/louvre.php>)，为帮助进入博物馆的游客，提供实时更新的每个入口的估计等待时间。您的团队要考虑使用什么技术，包括Affluences或其他应用程序，来完成您的疏散计划。



2019 ICM Problem D: Time to leave the Louvre 离开卢浮宫的时间

- 只有应急人员和博物馆官员知道实际可用出口点的总数（服务门，员工入口，贵宾入口，紧急出口和君主建造的旧时秘密入口等）。虽然公众知道这些出口点可以为疏散计划提供额外的力量，但与四个主要入口处的安保水平相比，这些出口处的安全系数有限，它们的使用同时会引起安全问题。因此，建立模型时，您的团队应该仔细考虑何时及如何使用其他出口。
- 您的主管希望您的ICM团队开发紧急疏散模型，允许博物馆领导者探索一系列可能的选择，以便从博物馆撤离访客，同时还允许应急人员尽快进入建筑物。重要的是找出可能限制出口移动的潜在瓶颈。博物馆应急规划人员对适应性模型特别感兴趣，该模型可用于解决各种因素和各种类型的潜在威胁。每种威胁都有可能改变或取消在单一优化路线中必不可少的安全路段。一旦开发完成，验证您的模型，并讨论如何在卢浮宫实施它。



2019 ICM Problem D: Time to leave the Louvre 离开卢浮宫的时间

- 根据您的工作成果，提出有关卢浮宫应急管理政策和程序建议。包括您的团队认为对访客安全所必需的，适用任何人群的管理和控制程序。另外，讨论如何为其他大型拥挤的建筑场所调整和建立模型。



评判初定：论文摘要



2019 MCM Problem D: Time to leave the Louvre

- The emergency evacuation plans are very important for large buildings. However, the increasing number of accidents requires a review of the emergency evacuation plans at many buildings. In our paper, aiming at the shortest evacuation time, we establish optimization models to obtain the emergency evacuation plan of the Louvre.
- 紧急疏散计划对大型建筑非常重要。然而，越来越多的事故需要对许多建筑物的紧急疏散计划进行审查。本文以最短的疏散时间为目标，建立了卢浮宫紧急疏散方案的优化模型。



2019 MCM Problem D: Time to leave the Louvre

- With the minimum evacuation time as the optimization goal, we established the emergency evacuation model of the Louvre and obtained the evacuation plan. The evacuation model consists of three parts, including a moving time model based on cellular automaton, a time model of going up and down stairs and a waiting time model based on queuing theory.
- 以最短的疏散时间为优化目标，建立卢浮宫的紧急疏散模型，得出疏散方案。疏散模型由三部分组成，包括基于元胞自动机的移动时间模型、上下楼梯时间模型和基于排队论的等待时间模型。



2019 MCM Problem D: Time to leave the Louvre

- For the moving time model based on cellular automata, we firstly used historical data to build a simple linear regression model to estimate the total number of visitors to the Louvre. Then, we allocated the proportion of visitors according to the off-season, peak season and high, low peak hours of the Louvre.
- 对于基于元胞自动机的移动时间模型，我们首先利用历史数据建立一个简单的线性回归模型来估计卢浮宫的游客总数。然后，我们根据卢浮宫的淡季、旺季和高、低高峰时间来分配游客的比例。



2019 MCM Problem D: Time to leave the Louvre

- Next, we determine the number and velocity of cells. Finally, we use cellular automaton to simulate the situation of each region of each floor and get the final moving time of 7.62 min.
- 接下来，我们确定细胞的数量和速度。最后利用元胞自动机对每层各区域的情况进行模拟，得到最终的移动时间为7.62 min。



2019 MCM Problem D: Time to leave the Louvre

- For the time model of going up and down stairs, we obtain that the time for visitors in different regions to go up and down stairs, according to the length of Louvre stairs, the number of visitors in different regions and the moving speed of visitors. The max time of going up and down stairs is 4.83 min.
- 对于上下楼梯的时间模型，我们得到了不同区域的游客上下楼梯的时间，根据卢浮宫楼梯的长度，不同区域的游客人数和游客的移动速度。上下楼梯的最大时间是4.83分钟。



2019 MCM Problem D: Time to leave the Louvre

- For the waiting time model based on queuing theory, we consider that the situation on the 0th floor is consistent with the queuing system with single service desk. Then we use computer simulation to obtain the maximum queue waiting time of 19.2 min.
- 对于基于排队论的等候时间模型，我们认为0层的情况与单服务台的排队系统是一致的。然后通过计算机仿真得到最大排队等待时间为19.2 min。



2019 MCM Problem D: Time to leave the Louvre

- To sum up, we get a total evacuation time of 31.65 min. Then, we test the model by increasing the number of visitors and get a total evacuation time of 57.48 min. The change is reasonable and it's within acceptable limits. Thus, the model passes the test and the stability of the model is good.
- 综上所述，我们得到的总疏散时间为31.65分钟，然后我们通过增加游客数量来测试模型，得到的总疏散时间为57.48分钟，变化是合理的，在可接受的范围内。因此，模型通过了测试，模型稳定性良好。



2019 MCM Problem D: Time to leave the Louvre

- Finally, we discuss the specific implementation of the model in the Louvre and the adaptability of the model. What's more, we also put forward procedural recommendations for emergency management of the Louvre and improve our model.
- 最后，讨论了模型在卢浮宫的具体实施以及模型的适应性。并对卢浮宫的应急管理提出了程序性建议，完善了我们的模型。



2019 MCM Problem D: Time to leave the Louvre

- Key Words: cellular automaton queuing theory optimization
model evacuationn model
- 关键词: 元胞自动机 排队论 优化模型 疏散模式



分数核定：论文内容

论文详细点评请见视频

《美国数学建模竞赛》

完整课程请长按下方二维码

