

北邮“一号邮路”上的数学体验

乔建永

2020年的春天，北京邮电大学的校园因新冠疫情而封闭，每天值班的我在校园里漫步的机会大大增加。在空旷寂静的校园里，平日里那些被熙熙攘攘的人群淹没的道路凸显出四经八纬的明快。一日，我的头脑中忽然跳跃出哥尼斯堡七桥问题、中国邮递员问题、欧拉环游……这些几十年前令我痴迷的图论问题。是的，是应该用自己的脚沿着北邮的路走出科学的节奏，此曰，从一处出发，沿最短路线把校园的路走一遍，再回到该处。一旦咀嚼出这一想法的美妙趣味，动手把这样的路线画出来的积极性就变得十分高涨，遂邀系统科学学科几位老师共同展开设计。首先，从校园平面图上查明交叉路口的奇偶性，排除欧拉环游（一笔画）的可能性，化此问题为中国邮递员问题；继而，嘱保卫处逐段测量、核实道路长度，化拓扑为几何；再用埃德蒙兹算法求解，便得到遍历校园道路的最短路线——北邮最佳邮路。



以上全是图论的章法，置身于人工智能风口的我们，自然希望把人脑中这些“小机灵”装进机器人的脑袋。我们的“北邮一号”机器人成天忙活的正是沿校园道路巡逻的事儿。它采用 GPS、激光雷达、IMU 多传感融合定位，具备自主规划路径的功能。



于是，我邀人工智能学科几位老师合作，尝试把“北邮一号”机器人训练出上述“小机灵”。正可谓，路线确定以后，机器人的动力和智力就是决定的因素！首先，老师们使用“北邮一号”机器人的激光雷达，采用单点导航的方式，对校园所有道路进行扫描。将扫描获得的激光点云数据，通过 5G 网络实时上传至云端服务器；然后基于点云建图算法构建机器人可行走区域的虚拟路径，并将其与原始地图叠加存储；第三步就是将北邮最佳邮路映射过去，形成北邮一号邮路设计图；最后，云端服务器将北邮一号邮路图下发到机器人的工控机中，指定为巡逻路线。再启动“北邮一号”机器人，它便获得了集哥尼斯堡七桥问题、中国邮递员问题、欧拉环游为一体的智慧，按照北邮“一号邮路”自主巡游了。

身处 GDP 浪潮之中的人们不禁会问：“北邮一号”机器人的上述“小机灵”，除了美妙的趣味还有啥功利可言？为了对其经济指标进行直观的评价，系统科学学科的老们通过蒙特卡洛方法设计了随机游走算法，据此获得了统计意义下的评价结果。首先，通过测量得出北邮“一号邮路”总长度为 5650 米，蒙特卡洛随机游走算法首先要终止最坏的情况，标记为任务失败。我们知道，从始点出发遍历了所有路线，最终回到始点才算任务完成。如果从始点出发，所走过的路数累计已经达到总路数的 10 倍，却依然没有完成任务，则终止此次计算，并将此次计算标记为任务失败。第二是要确定优先选择权，在每个交叉路口，走得最少的路在进行游走选择时具有优先选择权。第三是要明确同等选择权，在每个交叉路口，如果走得最少的路不止一条，则这些路在进行游走选择时具有同等选择权。我们对蒙特卡洛随机游走算法进行了编程，并随机进行



了 1000 次求解计算，结果同北邮“一号邮路”形成鲜明对比。首先，在 1000 次计算中共有 530 次属于任务完成，470 次属于任务失败，蒙特卡洛随机游走算法完成任务的比例大约为 53%。其次，在完成任务的 530 次计算中，我们所得到的解的平均游走长度为 31446 米，最短游走长度为 15110 米；这一算法的平均游走长度是北邮“一号邮路”的 5.6 倍，最短长度也是北邮“一号邮路”的 2.69 倍。

上述动议、研究、路线设计、机器人程序装配、训练以及效益测算，前后花了近一个月的时间。今年四月，我在朋友圈里询问北邮的师生：你相信上述实验结果吗？当时我还说，无论信与不信，都建议你抽时间到校园里走一走，看看你最短能走出多少米。要用你的双脚验证上述 1000 次蒙特卡洛随机游走求解的结果，每天走一遍需要 2.7 年，每周走一遍需要 19 年。时间不等人，赶快走起来吧！这或许是体验蒙特卡洛算法、挑战埃德蒙兹算法的美好尝试，更是锻炼身体的绝佳选择。说实话，我当时发出这一呼吁的目的主要是希望北邮的中老年朋友运动起来，毕竟这个群体的朋友们锻炼身体的积极性更大一些。然而，出乎意料的是，北邮“一号邮路”却引起了青年同学们的强烈兴趣。

今年五月，“北邮青年”微信公众号面向全校同学推出了“最佳邮路”的征集活动，号召大家一起来探索北邮校园版“中国邮递员问题”。这是一道涉及图论、运筹学、算法、程序设计等多种专业知识的问题，不仅引发了北邮同学的研究兴趣，也引起包括清华大学在内的兄弟高校同学的关注。大家纷纷投入其中，许多同学给出了完美的解答。一时间，因疫情而遍布天南海北的北邮学子因为这一数学问题仿佛又回到了久违的校园。紧接着，公众号推出了北邮“一号邮路”线上数学体验活动方案，预告了“北邮一号”机器人“云邮”校园直播活动。广大师生校友们围绕北邮“一号邮路”的话题，迅速通过互联网把目光聚焦到这一数学科普活动之上。

6 月 3 日下午两点，北邮“一号邮路”上的数学体验活动进入高潮。“北邮一号”机器人准时启动，沿北邮“一号邮路”引导体验活动，并通过机载