



Smart delivery of books for campus library

Background

The university has started the construction of a smart campus system. In order to facilitate teachers and students to borrow books, and return books in a timely manner, the school library has launched a smart module for books delivery and distribution. The smart system uses delivery robots for receiving the returned books and distributing the borrowed books. The specifications are as follows:

1. Teachers and students in each building should put the books that need to be returned to library at the depository in the door foyer of the building, and report their borrowing needs (see Table 2). The book depository of each building is only allowed to store the returned or borrowed books of the building teachers or students reside;
2. The existing delivery robots A and B respectively set off from the charging station (no books were loaded before departure), arrive at various buildings, bring the returned books back to the library, and then set off again to collect and return books or distribute loaned books;
3. Under this exercise scenario, each delivery robot acts independently; it is not required to consider the time spent in collecting books from the building depository for each robot, either exchanging books when the two robots encounter on the way;
4. After completing the tasks ordered by the library, the delivery robots must return to their respective starting stations for recharging.

The location of each building and actual distance of each road are shown in Figure 1 and Table 2, respectively. Each delivery robot can load up to 10 books. The average driving speed of delivery robot A is 8 km/h, and the average driving speed of robot B is 10 km/h.

Tasks

1. Considering only the situation of returning books without borrowing, the delivery robots start from the charging station respectively. Please establish a suitable mathematical model so that the delivery robots can complete the task of returning the book in the shortest time, and finally return to the initial station. Please illustrate the specific route and total riding time for each delivery robot.
2. If the situation of returning books and borrowing books in Table 1 is comprehensively considered, the delivery robots still start from their respective charging stations and can load the books for borrowing after arriving at the library. During the driving process, you can choose to collect the returned books while distributing the borrowed books. Please establish a suitable mathematical model to guide the delivery robots to complete the tasks of collecting returned books and distributing borrowed books in an optimal way, and finally return to the initial stations. Please illustrate the specific route and total riding time for each delivery robot.

Please compare the models of the two tasks, and analyze the similarities and differences between the two models and their advantages and disadvantages.



Figure 1. Building locations and traffic roads on campus.

Submission

Your team's solution paper should include a 1-page Summary Sheet. The body cannot exceed 20 pages for a maximum of 21 pages with the Summary Sheet inclusive. The appendices and references should appear at the end of the paper and do not count towards the 21 pages limit.

Table 1. Borrow and return book requests in each building

Building Name	Return Books	Borrow Books	Building Name	Return Books	Borrow Books
Simei Building	3	0	Songcui Building	4	0
Fanglin Building	4	1	Zhuhua Building	2	3
Lingyun Building	2	0	Lvzhu Building	5	0
Yuanshan Building	5	2	Chenbi Building	6	0
Chongxiao Building	6	0	Yawang Building	5	2
Beichen Building	6	2	Chaohui Building	3	0
Mijin Building	5	0	Liudan Building	8	0
Yingxue Building	2	0	Juncai Building	3	0
Gaojie Building	4	0	Tinglan Building	6	2
Nanming Building	3	1	Lanting Building	2	0
Changzhou Building	6	0	Yuqing Building	3	0
Qiushui Building	4	3	Xingyao Building	4	0
Linchuan Building	3	0	Wanqian Building	2	2
Jingming Building	6	0	Dongyu Building	1	0
Qingfeng Building	2	0	Changfeng Building	5	0
Haoyue Building	7	2			

Table 2. Distances of campus roads

Road Name	Distance (km)	Road Name	Distance (km)	Road Name	Distance (km)
Kunlun Road	0.6	Yunnan Road	1.0	Jiangxi Road	0.8
Emei Road	0.3	Guizhou Road	0.6	Guangdong Road	0.6
Shaanxi Road	1.1	North Hengshan Road	0.4	Hong Kong Road	0.4
Shushan Road	0.5	Wutai Road	1.1	Longhu Road	0.3
Qingcheng Road	0.8	Shanxi Road	2.2	Taishan Road	1.1
Xinjiang Road	0.7	Huangshan Road	0.7	Shandong Road	2.1
Gansu Road	0.6	Huarong Road	1.0	Wuyi Road	0.8
Qinghai Road	1.5	Jilin Road	0.5	Lingnan Road	1.1
Ningxia Road	1.7	Hebei Road	0.7	Heilongjiang Road	0.5
Sichuan Road	2.0	Henan Road	1.0	Beijing Road	0.9
Xizang Road	0.7	Anhui Road	0.4	Shanghai Road	0.8
Dunhuang Road	0.5	Guangxi Road	0.5	Zhejiang Road	0.7
Lishan Road	1.2	Macao Road	0.6	Fujian Road	0.5
Huashan Road	1.8	Wudang Road	0.9	Taiwan Road	0.3
South Hengshan Road	0.8	Songhan Road	0.4	Qiyun Road	0.4
Wulin Road	1.0	Lushan Road	0.5	Tianzhu Road	0.9
Inner Mongolia Road	0.7	Sun Yat-sen Road	0.6	Yandang Road	1.4
Hubei Road	1.1	Liaoning Road	1.1	Putuo Road	0.6
Hunan Road	1.3	Tianjin Road	0.6	Zhongnan Road	0.5
Chongqing Road	0.7	Jiangsu Road	0.3		



校园图书馆的智慧配送

背景

大学开启了智慧校园系统的建设。校园图书馆为了方便师生借阅和及时归还图书，上线了智慧图书配送模块，通过配送机器人进行图书的归还回收和借阅发放。具体做法如下：

1. 各楼宇的师生将需要归还的图书统一放在楼宇门厅的图书存放处，并报告借阅需求（见表 1）。各楼宇的图书存放处只允许存放本楼宇的还书或借书；
2. 现有配送机器人 A 和 B 分别从充电驻地出发（出发前均未装载书本），随后到达各处楼宇，将回收的归还图书带回图书馆，随后再次出发回收还书或发放借书；
3. 每个配送机器人单独行动，在本题目场景下不需要考虑各机器人从楼宇内取书所花的时间，也不必考虑行驶途中相遇而互换图书；
4. 在完成图书馆委派的任务后，配送机器人须返回各自初始出发的驻地进行充电。

每个楼宇的位置和道路实际距离分别如图 1 和表 2 所示。每个配送机器人最多可装载 10 本书。配送机器人 A 的平均行驶速度是 8 公里/小时，配送机器人 B 的平均行驶速度是 10 公里/小时。



图 1 学校各建筑与交通路线示意图

表 1 各楼宇的还书和借书的需求数量

楼宇名称	还书数	借书数	楼宇名称	还书数	借书数
四美楼	3	0	耸翠楼	4	0
芳邻楼	4	1	朱华楼	2	3
凌云楼	2	0	绿竹楼	5	0
远山楼	5	2	沉璧楼	6	0
重霄楼	6	0	雅望楼	5	2
北辰楼	6	2	朝晖楼	3	0
弥津楼	5	0	流丹楼	8	0
映雪楼	2	0	俊采楼	3	0
高洁楼	4	0	汀兰楼	6	2
南溟楼	3	1	兰亭楼	2	0
长洲楼	6	0	郁青楼	3	0
秋水楼	4	3	星耀楼	4	0
临川楼	3	0	万千楼	2	2
景明楼	6	0	东隅楼	1	0
清风楼	2	0	长风楼	5	0
皓月楼	7	2			

(表 2 见下页)

任务

- 1、只考虑还书而不考虑借书的情况，配送机器人分别从充电驻地出发。请建立合适的数学模型，配送机器人以最短时间完成还书任务，并最终返回初始驻地。请说明配送机器人各自行驶的具体路线和行驶总时间。
- 2、若综合考虑表 1 中还书和借书的情况，配送机器人仍从各自驻地出发，到达图书馆后可装载发放借阅的书本。行驶过程中，在发放借阅图书的同时也可以选择回收还书。请建立合适的数学模型，指导配送机器人尽快完成回收还书和发放借书任务，最终返回初始驻地，并说明配送机器人行驶的具体路线和行驶总时间。试比较任务 1 和 2 的模型，分析不同模型的异同和各自优缺点。

表 2 各条道路的实际距离

道路名称	实际距离(km)	道路名称	实际距离(km)	道路名称	实际距离(km)
昆仑路	0.6	云南路	1.0	江西路	0.8
峨眉道	0.3	贵州路	0.6	广东路	0.6
陕西路	1.1	恒山道	0.4	香港路	0.4
蜀山道	0.5	五台道	1.1	龙虎道	0.3
青城道	0.8	山西路	2.2	泰山道	1.1
新疆路	0.7	黄山路	0.7	山东路	2.1
甘肃路	0.6	华容道	1.0	武夷道	0.8
青海路	1.5	吉林路	0.5	岭南道	1.1
宁夏路	1.7	河北路	0.7	黑龙江路	0.5
四川路	2.0	河南路	1.0	北京路	0.9
西藏路	0.7	安徽路	0.4	上海路	0.8
敦煌道	0.5	广西路	0.5	浙江路	0.7
骊山道	1.2	澳门路	0.6	福建路	0.5
华山道	1.8	武当道	0.9	台湾路	0.3
衡山道	0.8	嵩山道	0.4	齐云道	0.4
武陵道	1.0	庐山路	0.5	天柱道	0.9
内蒙古路	0.7	中山路	0.6	雁荡道	1.4
湖北路	1.1	辽宁路	1.1	普陀道	0.6
湖南路	1.3	天津路	0.6	终南道	0.5
重庆路	0.7	江苏路	0.3		

提交

你的团队所提交的论文应包含 1 页摘要，其正文不可超过 20 页，包括摘要则最多不超过 21 页。附录和参考文献应置于正文之后，不计入 21 页之限。



校園圖書館的智慧配送

背景

大學開啟了智慧校園系統的建設。校園圖書館為了方便師生借閱和及時歸還圖書，上線了智慧圖書配送模組，通過配送機器人進行圖書的歸還回收和借閱發放。具體做法如下：

- 1、各樓宇的師生將需要歸還的圖書統一放在樓宇門廳的圖書存放處，並報告借閱需求（見表 1）。各樓宇的圖書存放處只允許存放本樓宇的還書或借書；
- 2、現有配送機器人 A 和 B 分別從充電駐地出發（出發前均未裝載書本），隨後到達各處樓宇，將回收的歸還圖書帶回圖書館，隨後再次出發回收還書或發放借書；
- 3、每個配送機器人單獨行動，在本題目場景下不需要考慮各機器人從樓宇內取書所花的時間，也不必考慮行駛途中相遇而互換圖書；
- 4、在完成圖書館委派的任務后，配送機器人須返回各自初始出發的駐地進行充電

每個樓宇的位置和道路實際距離分別如圖 1 和表 2 所示。每個配送機器人最多可裝載 10 本書。配送機器人 A 的平均行駛速度是 8 公里/小時，配送機器人 B 的平均行駛速度是 10 公里/小時。



圖 1 學校各建築與交通路線示意圖

表 1 各樓宇的還書和借書的需求數量

樓宇名稱	還書數	借書數	樓宇名稱	還書數	借書數
四美樓	3	0	聳翠樓	4	0
芳鄰樓	4	1	朱華樓	2	3
凌雲樓	2	0	綠竹樓	5	0
遠山樓	5	2	沉璧樓	6	0
重霄樓	6	0	雅望樓	5	2
北辰樓	6	2	朝暉樓	3	0
彌津樓	5	0	流丹樓	8	0
映雪樓	2	0	俊采樓	3	0
高潔樓	4	0	汀蘭樓	6	2
南溟樓	3	1	蘭亭樓	2	0
長洲樓	6	0	郁青樓	3	0
秋水樓	4	3	星耀樓	4	0
臨川樓	3	0	萬千樓	2	2
景明樓	6	0	東隅樓	1	0
清風樓	2	0	長風樓	5	0
皓月樓	7	2			

(表 2 見下頁)

任務

- 1、只考慮還書而不考慮借書的情況，配送機器人分別從充電駐地出發。請建立合適的數學模型，配送機器人以最短時間完成還書任務，並最終返回初始駐地。請說明配送機器人各自行駛的具體路線和行駛總時間。
- 2、若綜合考慮表 1 中還書和借書的情況，配送機器人仍從各自駐地出發，到達圖書館后可裝載發放借閱的書本。行駛過程中，在發放借閱圖書的同時，也可以選擇回收還書。請建立合適的數學模型，指導配送機器人儘快完成回收還書和發放借書任務，最終返回初始駐地，並說明配送機器人行駛的的具體路線和行駛總時間。試比較任務 1 和 2 的模型，分析不同模型的異同和各自優缺點。

表 2 各條道路的實際距離

道路名稱	實際距離 (km)	道路名稱	實際距離 (km)	道路名稱	實際距離 (km)
崑崙路	0.6	雲南路	1.0	江西路	0.8
峨眉道	0.3	貴州路	0.6	廣東路	0.6
陝西路	1.1	恆山道	0.4	香港路	0.4
蜀山道	0.5	五台道	1.1	龍虎道	0.3
青城道	0.8	山西路	2.2	泰山道	1.1
新疆路	0.7	黃山路	0.7	山東路	2.1
甘肅路	0.6	華容道	1.0	武夷道	0.8
青海路	1.5	吉林路	0.5	嶺南道	1.1
寧夏路	1.7	河北路	0.7	黑龍江路	0.5
四川路	2.0	河南路	1.0	北京路	0.9
西藏路	0.7	安徽路	0.4	上海路	0.8
敦煌道	0.5	廣西路	0.5	浙江路	0.7
驪山道	1.2	澳門路	0.6	福建路	0.5
華山道	1.8	武當道	0.9	台灣路	0.3
衡山道	0.8	嵩山道	0.4	齊雲道	0.4
武陵道	1.0	廬山路	0.5	天柱道	0.9
內蒙古路	0.7	中山路	0.6	雁蕩道	1.4
湖北路	1.1	遼寧路	1.1	普陀道	0.6
湖南路	1.3	天津路	0.6	終南道	0.5
重慶路	0.7	江蘇路	0.3		

提交

你的團隊所提交的論文應包含 1 頁摘要，其正文不可超過 20 頁，包括摘要則最多不超過 21 頁。附錄和參考文獻應置於正文之後，不計入 21 頁之限。