

中国国际“互联网+”大学生创新创业大赛

作品申报书

参赛赛道：青年红色筑梦之旅赛道（创意组）

项目类别：“互联网+” 信息技术服务

作品名称：边缘智能赋能的图书馆里机器人

申报者姓名

(集体组别名称)：令闻创新

作品全称	
项目介绍	<p>1.1 项目愿景</p> <p>我们的项目愿景是利用我们跨专业的优势去打造一个边缘智能赋能的图书馆机器人，为日后建设智慧图书馆和书店打下基石，推动图书馆和各个书局的智能化，让大众享有更高质量，高效率的阅读图书服务、体验与感受。我们致力将人工智能、大数据、互联网、RFID 识别等等技术去应用在我们的项目中，研发出一个低成本，高效能的搬运及归纳图书的机器人，以此来减轻图书管理员的工作量和人工成本。</p> <p>1.2 用户群体</p> <p>在未来，我们边缘智能赋能的图书机器人会应用在各个图书馆和书店，比如国家图书馆、公共图书馆、中小学图书馆、高校图书馆、连锁书店等等场所。因此，主要用户群体会围绕在图书管理员以及大众群体。边缘智能赋能的图书馆机器人是个智能化和自动化的产物。因此，在无人协助的情况下，它能帮助图书管理员迅速进行基本图书归还，放置等一系列工作，提高图书馆的运作效率，并减轻图书管理员的工作量以及人工成本。由此，它也能进一步提升大众和人民的借还图书体验，提高大众的阅读风气。来到图书馆进行阅读的民众，在结束阅读后，也可以将图书交给图书机器人进行后续在书柜上的归纳。</p> <p>1.3 竞争对手</p> <p>我们这项目的作品可分成两类竞争对手，一类是境外国外</p>

研究所，另一类是境内国内的研究院和公司。

国外方面，新加坡的资讯通信研究所，A*STAR 早在 2015 年成功研发了 AuRoSS (Autonomous Robotic Shelf Scanning System) 自主式机器人，并已投入在数个新加坡图书馆进行试用。它的主要工作就是利用 RFID 技术和其他感应器，如：激光器和超声波等等扫描书架并报告丢失书籍，报告准确率高达 99%。

另外，国内方面，有几间研究院与公司也是我们项目的有力竞争对手。其中，较为认知的便是南京大学智能机器人研究院。南京大学智能机器人研究院联合南京大学图书馆自主设计研发了全球首台“智能图书盘点机器人”——“图客”。“图客”融合物联网感知、计算机视觉、大数据处理、人工智能、智能机器人等高新技术，采用 RFID 技术（高频、超高频完美兼容）定位图书内嵌芯片和计算机视觉识别书脊信息，实现精确全自动化盘点与定位。它的主要工作和 AuRoSS 基本相似，发现图书错架，便实时显示其错架位置，让图书管理员进行重新归位。目前，“图客”已研发到第 4 代产品，图书盘点效率每小时超过 20,000 册，漏读率低于 1%，定位精度高达 98%。

除此之外，鱼越号机器人科技（上海）有限公司也研发了自己的图书盘点机器人。它也可自动完成图书盘点定位工作，盘点准确率大于 94%。

	<p>总体来说，大致上目前市场上投入应用的图书机器人都是用来扫描书架，并进行书本错架的报错。所以，有别于这些图书机器人，我们组研发的边缘智能赋能的图书馆机器人图书更侧重于扫描图书并进行归纳的工作。未来，我们也可以以这个为基础，增加图书机器人的工作运行功能，实现自动化，扫描、归纳、整理图书等等的一体化，帮助形成智慧型图书馆。</p>
--	--

作品设计、发明的目的和基本思路、创新点、技术关键和主要技术指标	<p>2.1 作品设计</p> <p>边缘智能赋能的图书馆机器人的外观会是个拥有四驱轮胎的车体。其目前主要任务就是进行 RFID 识别和智能循迹，并搬运图书馆的书本，归纳回书架上。</p> <p>2.1.1 硬件</p> <p>硬件方面主要有两个部分组成：车体运动系统和升降搬运图书系统。由车体运动系统组成的硬件有 STM32 单片机、网络通信模块， L298N 电机驱动板、视觉图像识别模块硬件、RFID 平板式读卡器、液晶显示屏幕块和传感器等。反观，由升降搬运图书系统组成的硬件有升降搬运电机、丝杠和轮子等。</p> <p>嵌入式主控板</p> <p>本项目的单片机，亦是主控制平台会选择 STM32， 51， Raspberry Pi 单片机。其强大的性能和承载能力可供我们去与无线网络 (Wi-Fi) 模块， ESP8266、L298N 电机驱动板、升降搬运电机、视觉图像识别模块硬件、RFID 平板式读卡器、液晶显示屏幕块和传感器等进行连接。</p> <p>网络通信模块</p> <p>ESP8266 主要解决模块与模块之间的数据传输。比如，传输相关图书坐标位置数据给 STM32 单片机，让 STM32 处理。</p> <p>L298N 电机驱动板</p>
---------------------------------	--

L298N 电机满足我们项目智能车需求，它有多个串口来连接后记电机，驱动四轮。它是一款可接受高电压、大电流双路全桥式电机驱动芯片。工作电压可达 46V，输出电流最高可至 4A。

视觉图像识别模块硬件

视觉图像识别模块硬件在这个项目主要负责收集每个书架格子的位置，并进行学习，确保书本能毫无碰撞，准确地放进该格子。若是升降时出现了一点误差，也能及时地把所分析的数据输出传入进 STM32，让 STM32 发出指令进行姿态位置调整。

RFID 平板式读卡器

射频识别，即 RFID 是 Radio Frequency Identification 的缩写，又称无线射频识别传感器。RFID 主要涉及电子标签和读写器。电子标签又称为射频标签、应答器、数据载体，而读写器又称为读出装置，扫描器、通讯器、阅读器。电子标签与读写器之间通过耦合元件实现射频信号的空间(无接触)耦合。在我们这个项目，每个书本会有独特自个的电子标签，里头将存储 ID 数据。通过 RFID 平板式读卡器，书本的电子标签将被识别，读取里头已制定好的信息或数据。找到关键书本坐标位置的数据并输出传入 STM32 处理。

升降搬运电机

在升降搬运图书系统里，我们项目需要升降搬运电机来搬

运图书到更高的书架。当到达预定的书架位置后，这个升降搬运电机的驱动由 STM32 发出指令去执行，并可根据识别图像识别实时收集给出的数据，进行姿态位置的调整。

液晶显示屏幕块

液晶显示屏幕块负责显示各个硬件运行的状态以及智能搬运车的状态。如有问题，它能及时报错。透过它，也可以让我们更清楚地分析是哪个硬件出错了。

传感器

本项目会使用到两个传感器，超声波传感器和红外传感器模块。我们将设定一个路径或指定一个从接受书本到抵达书架的路线，而该路线是用黑线代表。通过两个红外传感器，边缘智能赋能的图书馆机器人就能循迹去到指定书架位置。红外发射端发射光线到地面，红外光线遇到白色被反射，接收端检测到反射光线后输出低电平；遇到黑色被吸收，接收端未检测到反射光线，输出高电平。途中若是有任何障碍物出现在行驶的黑线中，将会被超声波传感器检测，并发送指令给 STM32，让 STM32 发送停车指令给 L298N 电机驱动板。

2.1.2 软件

软件方面主要由五个部分组成：RFID 识别模块，无线网络 (Wi-Fi) 模块、基于 STM32 主控制的车子驱动模块、摄像头视觉图像识别模块以及升降搬运书本模块。

RFID 识别模块

本项目需要基于 RFID 做出一个数据库，用来存储电子标签，书本信息以及书的坐标位置等数据。电子标签与 RFID 识别读卡器之间通过耦合元件实现射频信号的空间(无接触)耦合、在耦合通道内，根据时序关系，实现能量的传递、数据的交换。当书本电子标签被读卡器识别后，标签里的数据和信息 ID 将传入模块，与数据库进行匹配，然后通过指令和无线网络 Wi-Fi 取出该书本的坐标位置数据输出给 STM32。

无线网络 (Wi-Fi) 模块

Wi-Fi 模块与 STM32 连接，用于发送和接收数据，Wi-Fi 模块连接目标热点。电脑通过网络调试助手与 Wi-Fi 模块建立信息通讯。这里的 Wi-Fi 模块也需要和 RFID 识别模块进行连接，当 Wi-Fi 模块接收到 RFID 发送的书本坐标位置信息时，Wi-Fi 模块通过串口与单片机进行通信，将接收到的数据存储到 STM32 中。STM32 则会处理信息并发出驱动指令给车子驱动模块。

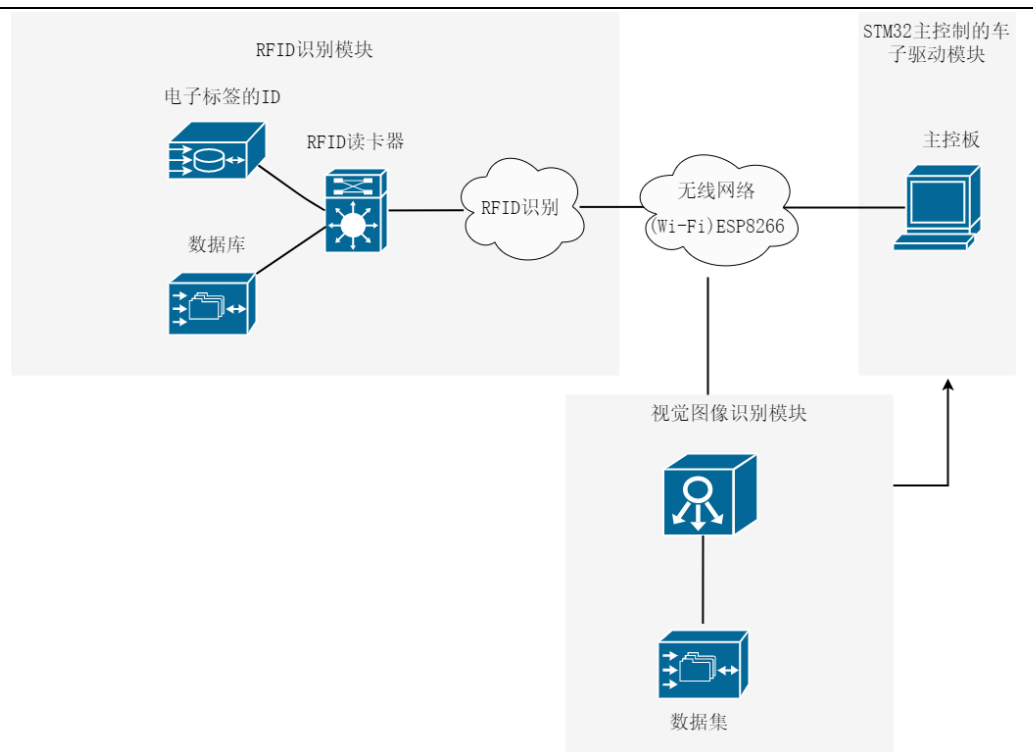


图 1 无线网络模块与多个模块的数据传输连接

基于 STM32 主控制的车子驱动模块

当 STM32 收到 RFID 识别读写器传来的书本坐标位置后，STM 将发出启动驱动指令给 L298N 电机驱动板。同时，红外感应器和超声波感应器也会工作，并实时输出和输入任何检测到的信息。收到指令后，L298N 电机驱动板将放大电路，把主板的控制信息传到后记电机，并驱动四个安装在轮子的后记电机。边缘智能赋能的图书馆机器人就会开始跟着制定好的黑线路径，从起始位循迹移动到书架终点并停止。然后，在升降搬运书本模块把书搬运到书架上成功后，STM32 将输出返回初始位置指令给 L298N 电机驱动板。同样的，L298N 电机驱动板就会驱动四个安装在轮子的后记电机，按原路线返回到起始位。这里的一切车体状态和指令都会在液晶显示屏显示。

往返书架的流程图

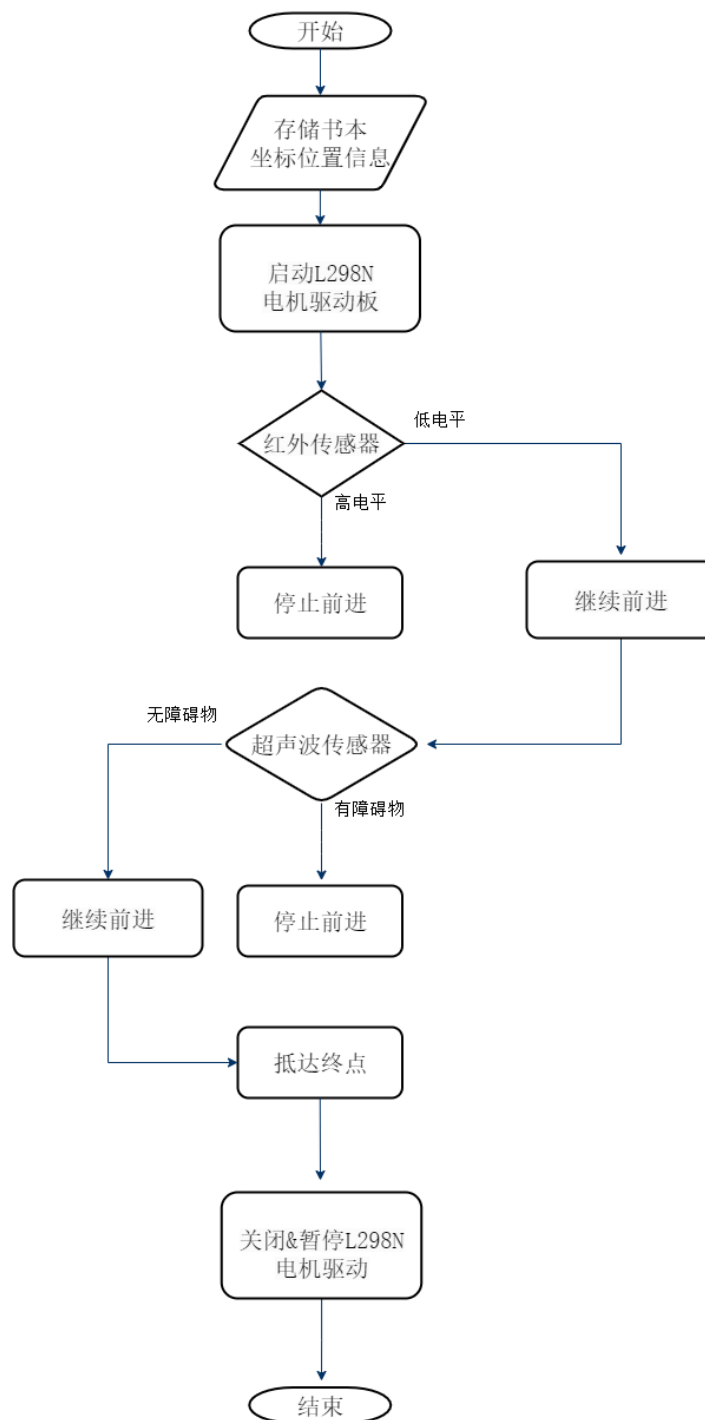


图 2 L298N 电机驱动运行下的往返书架流程图

摄像头视觉图像识别模块

在抵达书架后，STM32 将发出下个指令以及书本的坐标位置数据给视觉图像识别模块。书架上每个格子将会有对应的显眼数字号码。通过摄像头，视觉图像识别模块分析和辨认格子的数字，并把数字格子数字传回视觉图像识别模块与书本的坐标位置进行匹配。若是匹配成功，则停止识别，传回识别成功指令于 STM32。反之，若是匹配失败则继续识别下个格子直到识别成功。期间，升降搬运书本模块里的升降系统也会跟着视觉图像识别模块进行高度的上下移动。

升降搬运书本模块

首先，升降搬运书本模块的超声波传感器会检测是否有书本放在车体搬运平台。一次可搬运多本书，最多四本。接着，在当识别放置书本的格子成功，STM32 会发送搬运指令给升降搬运书本模块。根据书本的纵坐标和横坐标来移动纵向丝杠和车体，来到对应的书架格子前。它把书本给直立起来，之后再把书本推进格子里。推完后，进行收回机器架子指令，并继续移动横向丝杠，准备放置第二本书直到四本书全部被放置完毕。除了最底层格子的图书推送，到达特定高度的升降搬运书本模块里的升降系统会回到原本初始的高度位置。然后，他就会发送搬运成功指令回 STM32。

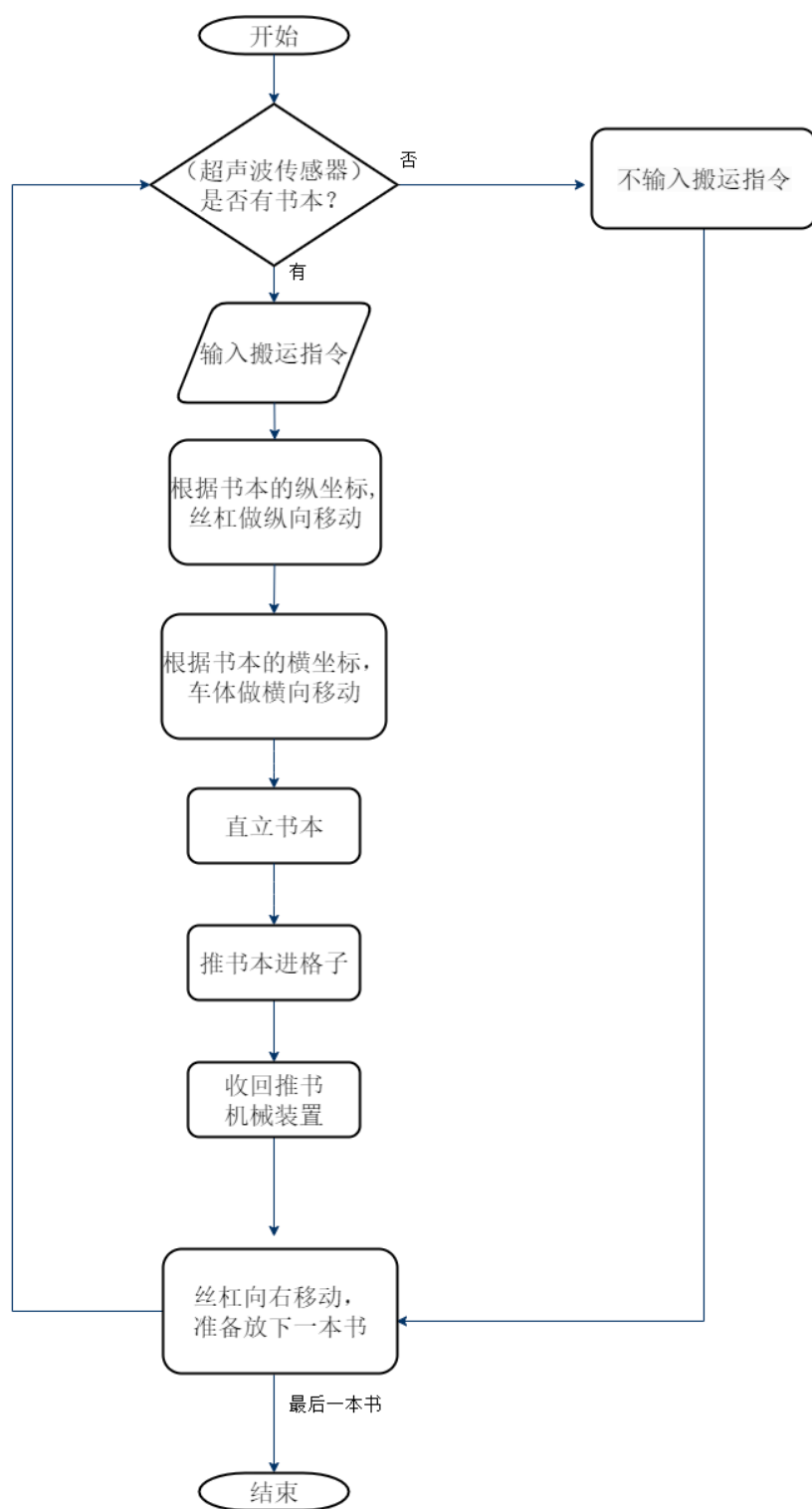


图 3 升降搬运书本模块运行的流程图

2.2 发明的目的和基本思路

主要发明的目的是为了减轻人工搬运和放回图书馆书书本的工作量。此外，这也能减少图书馆的人力资源。以往，为了放置在较高位置的书，图书管理员得拿个梯子，才能企及该高度。而现在，这个边缘智能赋能的图书馆机器人便能解决该问题，实现自动化归纳书本的操作。这也将有助于建立一个基于物联网的无人智能图书馆。

边缘智能赋能的图书馆机器人的基本思路就是首先，建立一个 RFID 数据库用来储存图书的信息以及需要放置的书架格子坐标位置。假设是个 2X2 的书架，每个书架的格子上会有独特显眼的数字标签。透过视觉图像识别和学习，设定和收集每个书柜格子地址位置。

每一本书本会给予独特的 RFID 电子标签。利用 RFID 的读卡器去识别书本的电子标签并把电子标签里的 ID 信息和数据输入进 RFID 数据库。数据会进行核实和匹配，再通过无线网络 (Wi-Fi) 把相关书本应放置的坐标位置传给 STM32 主控制的智能搬运车。STM32 发指令给 L298N 驱动电机，让边缘智能赋能的图书馆机器人开始从起始位跑动到书架。在已制定好的黑线路线上，边缘智能赋能的图书馆机器人通过红外传感器以及超声波传感器循迹行走。目前设想的运输方式是一次多本书，而且最多可以搬运 4 本书。

抵达书架位置后，运输车通过视觉图像识别和升降搬运电

机，放置图书到相应的书架格子。在这过程中，升降搬运图书模块会把原本躺平的书本给直立起来。完成后，升降搬运电机发送已完成指令给 STM32 确认。确认完成后，STM32 会发指令给智能搬运车，让其回到原始位置等待下一本书本。

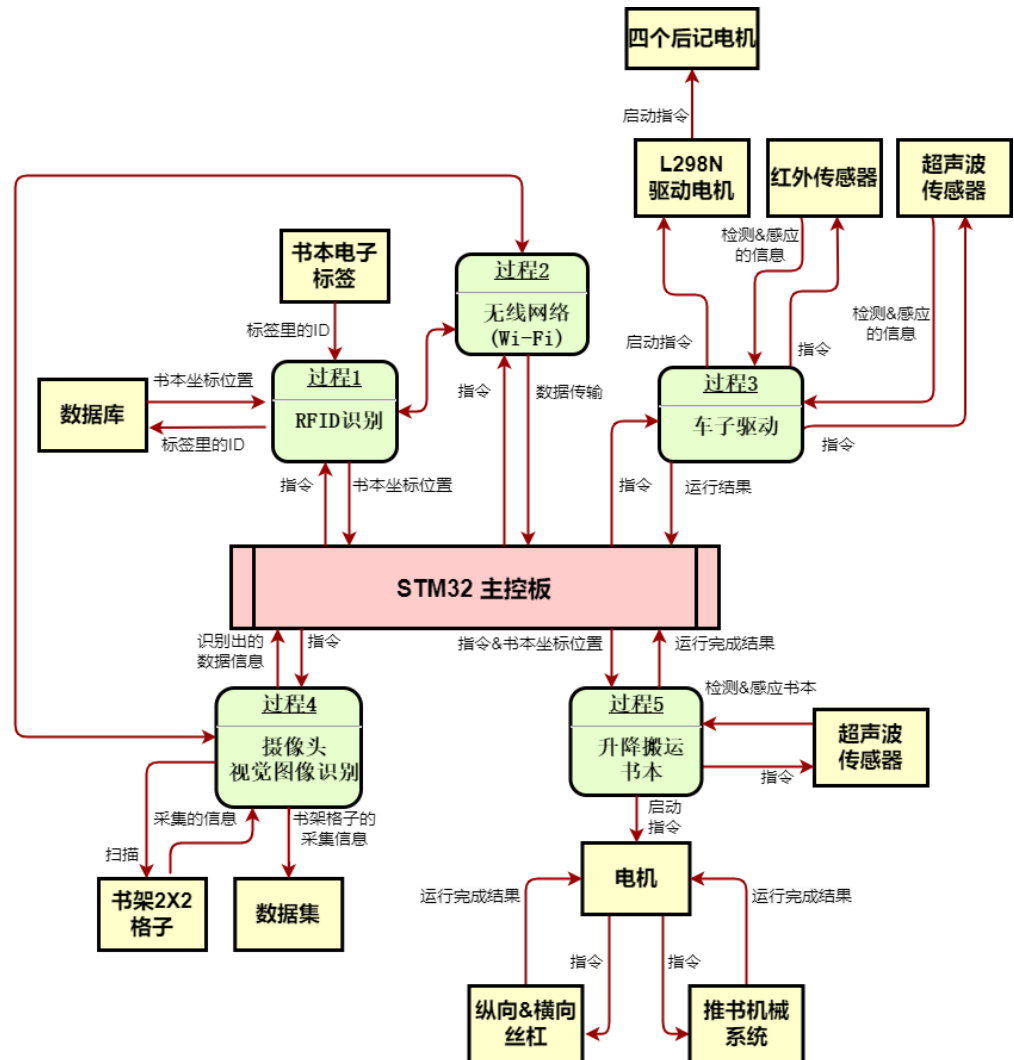


图 4 边缘智能赋能图书馆机器人的基本思路

2.3 创新点

边缘智能赋能的图书馆机器人把无线网络 (Wi-Fi)、RFID 射频识别、视觉图像识别、基于各个传感器的自动循迹行

走、升降搬运书本的电机等等模块设备结合了起来。另一个创新点就是它利用了视觉图像识别技术去识别和定位书架格子位置，并可以及时做升降搬运书本机的姿态调整。同时，它也做了对 RFID 和视觉图像识别传来的数据进行匹配和分析处理。

2.4 技术关键和主要技术指标

本项目的技术关键和主要技术指标有以下几点：

首先是 RFID 模块里的读卡器对于书本的电子标签识别。识别后，得与数据库进行匹配，再准确地找到该书本的坐标位置数据，输出到 STM32 进行存储处理。

其次是无线路由器 (Wi-Fi)模块与 STM32 主控制模块，视觉图像识别模块等等的连接和数据实时的输出以及输入。尽可能的减少数据传输的错误以及降低延迟。

接着是多个传感器与 STM32 主控制以及 L298N 驱动电机之间的衔接。务必确保智能图书搬运车能循迹行走，不会偏离指定的黑线路径。无需人工控制，所有的往返行走是靠 STM32 去控制和给的指令。

然后就是视觉图像识别的部分。我们需要一个包含图像和它们各自的标签的数据集。接下来，这些图像将被输入神经网络，然后对它们进行训练。本项目的视觉图像识别模块主要需要追求的是对于书架格子上数字标签的识别准确

	<p>性。识别后的数字数据输入进 STM32 与已存储的书本坐标位置数字进行匹配和分析两者是否吻合或相同。吻合后，STM32 就能发指令给升降搬运书本模块进行放置书本的执行。</p> <p>最后是升降搬运书本模块的机械操作部分。</p>
作品的科学性、先进性（必须说明与现有技术相比该作品是否具有突出的实质性技术特点和显著进步。请提供技术性分析说明和参考文献资料）	<p>3.0 作品的科学性、先进性</p> <p>一直以来，智能化是图书馆发展的重点方向之一。智能图书馆是感知智慧化和数字图书馆服务智能化的综合，它的目标是向用户提供更加智能、高效、便利的服务。机器人技术为智能图书馆的发展带来了新的机遇和挑战，能够从根本上提升图书馆管理和服务的效率和质量。</p> <p>其中最具有代表性的智能图书馆机器人就是 AuRoSS。AuRoSS (Autonomous Robotic Shelf Scanning System) 是新加坡 A*STAR 资讯通信研究院的研究人员设计的一款基于激光和超声波引导的机器运输与放置图书车。它的主要工作是利用 RFID 技术对图书馆的所有位置进行分析识别，并构建一个图书馆的环境地图存储进它的数据里。然后，它也会利用 RFID 的天线和读卡器去对每个书架上的书本进行扫描。分析扫描后的结果，并生成一个基于最新的图书馆书本数据库的报告。它能够夜间在图书馆自动穿梭，通过扫描书上的 RFID 标签来报告丢失或</p>

放错位置的书籍，已在新加坡的数个图书馆中进行试用，其准确率高达 99%。 [1]

然而，它也是有缺点的。它处理的时间长，成本较高。另外，由于金属书架、图书的薄厚、信号干扰等一些因素的影响，使得基于 RFID 技术的机器人在图书信息的读取率和图书的定位方面还不太理想。 [2]与之不同的是，我们的物联网智能图书搬运车，主要是用 RFID 识别图书后，并在指定的路线上，利用各种传感器和视觉图像识别把书本搬运回书架。

RFID 技术的应用在国内外图书馆并不陌生。目前，应用于图书馆的 RFID 系统主要采用高频段 (High Frequency, HF) 和低频段 (Low Frequency, LF) ，但超高频 (Ultra-High Frequency, UHF) RFID 也已经成功被实现了。比起传统书本上的条形码，超高频 RFID 的电子标签可以存储的数据量较大，标签价格低，体积小，可以隐藏地内置在图书资源中，不易损坏，可以延长使用寿命，降低成本。 [3]

除此之外，视觉图像识别在应用在图书资源管理是比较少见的。但由于它是基于算法和人工智能的学习，因此它更容易去定位书架格子位置以及更好地摆放书本。

参考文献:

- [1] Renjun Li, Zhiyong Huang, E. Kurniawan and Chin Keong Ho, "AuRoSS: An Autonomous Robotic Shelf Scanning system," 2015 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS), Hamburg, 2015, pp. 6100-6105, doi: 10.1109/IROS.2015.7354246.
- [2] 樊慧丽/邵波 .国内外图书馆机器人的研究应用现状与思考[J].图书馆学情报学,中国人民大学书报资料中心, 2017.10:1-4.
- [3] 杨永明,徐海霞.RFID 的图书馆自助借阅系统的身份识别实现[J].物联网技术,2022,12(03):74-76.

<p>使用说明及该作品的技术特点和优势，提供该作品的适应范围及推广前景的技术性说明及市场分析和经济效益预测</p>	<p>4.1 使用说明及该作品的技术特点和优势</p> <p>边缘智能赋能的图书馆机器人的最大特点就是它的智能化和自动化。在无需人工协助下，帮助人们快速、准确地把书本归纳到对应的书架上。</p> <p>4.2 提供该作品的适用范围及推广前景的技术性说明</p> <p>边缘智能赋能的图书馆机器人适用于各个图书馆和书店，比如国家图书馆，学校图书馆，连锁书店等等。基于物联网的蓬勃发展，我们这个项目作品的边缘智能赋能的图书馆机器人未来可以成为物联网智能图书馆的一部分。这能极大地提高图书馆的运作效率，并相对减少人力成本。此外，边缘智能赋能的图书馆机器人在未来也可以和图书借还系统进行配合，做到借书，还书，归纳书本，一体化的高效率机器或系统。甚至，它亦可以做到每一天的一个特定时段进行书架上凌乱书本的整理和归位。</p> <p>4.3 市场分析和经济效应预测</p> <p>市场分析：</p> <p>边缘智能赋能的图书馆机器人是一种利用物联网技术，实现自动化搬运图书的设备。随着图书馆、图书店等场所的数量不断增加，传统的人工搬运方式已经无法满足需求。智能图书搬运车可以在不需要人工干预的情况下，自动搬运图书，提高了效率和准确性。因此，边缘智能赋能的图书馆机器人的市场潜力非常大。</p>
---	--

目前，边缘智能赋能的图书馆机器人的市场主要分布在图书馆、图书店、大型书店等场所。这些场所的规模较大，需要大量的图书搬运工作。因此，边缘智能赋能的图书馆机器人的市场前景非常广阔。

经济效应预测：

边缘智能赋能的图书馆机器人的出现，将会带来以下经济效应：

- 1.提高效率：边缘智能赋能的图书馆机器人能够自动化搬运图书，大幅提高了搬运效率。这将降低劳动成本，并且能够更快地完成工作，提高服务质量。
- 2.降低成本：使用边缘智能赋能的图书馆机器人可以减少人工成本，因此可以降低图书馆、图书店等场所的运营成本。
- 3.节省时间：由于边缘智能赋能的图书馆机器人能够自动化搬运图书，因此不需要等待人工搬运，节省了很多时间。
- 4.提高准确性：边缘智能赋能的图书馆机器人能够根据预设的路线和任务自动化搬运图书，避免了人工搬运过程中可能出现的错误和差错，提高了准确性和安全性。

在图书馆互动机器人部分，行业内已有数据表明，机器人在使用后，入馆人次同比增加了20%。其次是主动营销成功率高，效果好，机器人馆员营销成功率约为60%。在一些公共图书馆，机器人咨询量已经超过在馆咨询总量的60%。这若是边缘智能赋能的图书馆机器人也投入使用，进行配合，毋庸置疑，入馆人次同比也将再次增加，使得图书馆的运作效率显著提升。

数据统计显示，目前遍布全国的公共图书馆、高校图书馆等共计约6000家。[3]其中，据统计2021年末全国共有公共图书馆3215个，比上年末增加3个；从业人员59301人，增加1321人；其中具有高级职称人员7413人，占12.5%；具有中级职称人员18979人，占32.0%。[4]由于公共图书馆的数量增加，随之结果就是所需的从业人员也增加了。

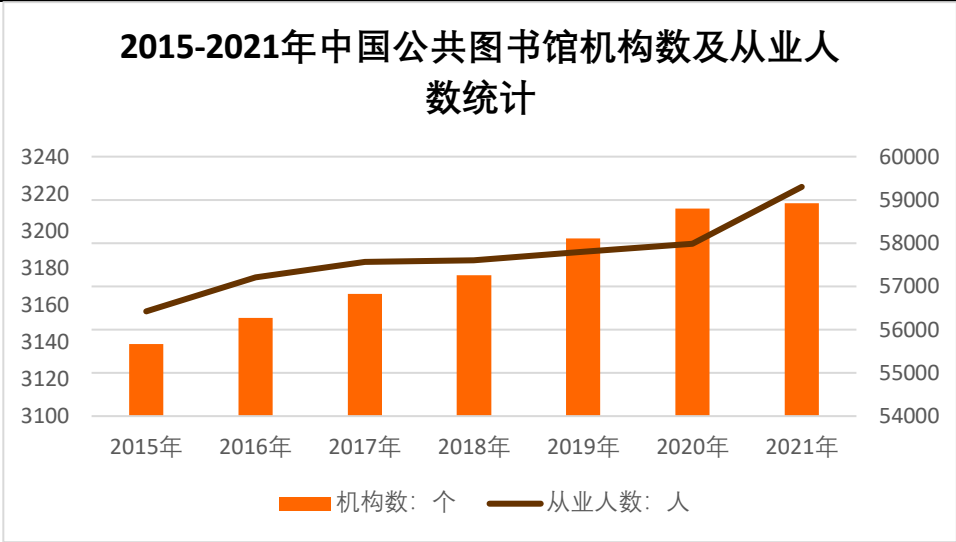


图 5 2015-2021 年中国公共图书馆机构数及从业人数统计

此外，中国公共图书馆图书总流通人次达到了74614万，增长 37.8%，较 2020 年疫情爆发初期已经有了较大幅度的回升；书刊文献外借 58730.15 万册次，增长 39.5%；外借人次 23809.24 万，增长 36.3%。[4]

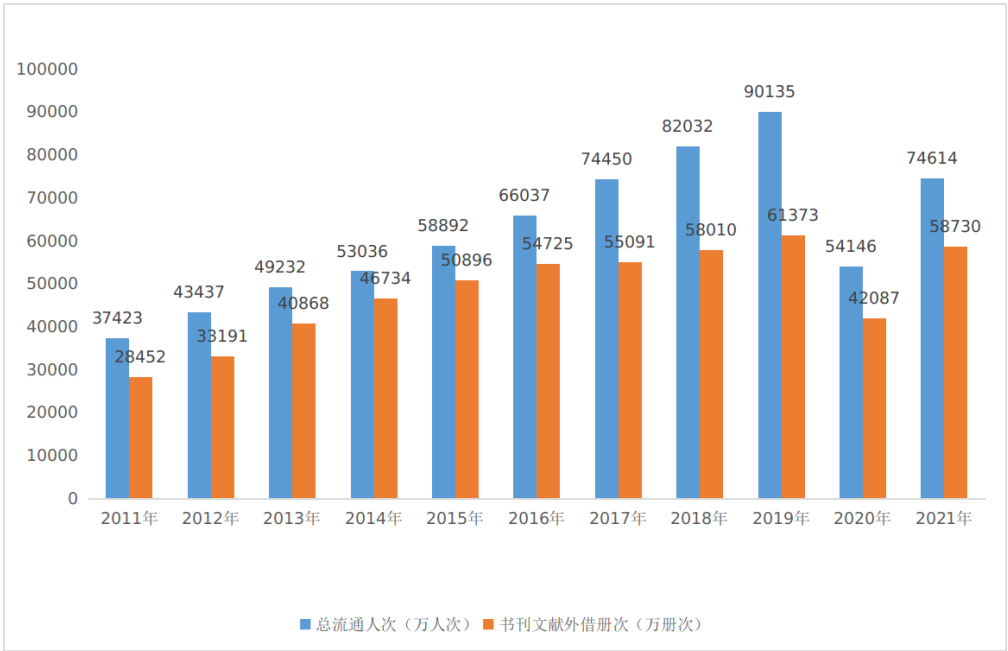


图 6 来源于中华人民共和国文化和旅游部政府门户网站的 2011-2021 年全国公共图书馆总流通人次及书刊外借册次

随着社会和国家不断推行鼓励人民阅读的政策，图书的借阅量也渐渐提升，图书管理员的工作量势必也一定会提高。相反的，有了我们的边缘智能赋能的图书馆机器人，显然这问题便能迎刃而解，更不会出现图书馆人手不足等难题。



图 7 2015-2021 年中国公共图书馆图书总藏量数据

综上所述，庞大的图书馆数量和馆藏数量给了机器人用武之地。边缘智能赋能的图书馆机器人的出现将对图书馆、图书店等场所的运营产生积极影响，提高效率、降低成本、节省时间，提高准确性，这将进一步促进图书馆、图书店等场所的发展。

参考文献:

- [1]古丽娜孜. 高校图书馆人力资源管理中的人-职匹配现状与对策研究 [D]. 西北大学,2020.DOI:10.27405/d.cnki.gxbdu.2020.001188.
- [2] 中华人民共和国文化和旅游部 .[EB/OL]. https://zwgk.mct.gov.cn/zfxxgkml/tjxx/202206/t20220629_934328.html.-2023-03-26.
- [3] 猎豹移动 .[EB/OL]. <https://www.cmcm.com/zh-CN/case/ebce13c00b4d11ea888667027a9da629.2019-11-21-2023-03-22>.
- [4]小燕欢乐多.[EB/OL]. <https://baijiahao.baidu.com/s?id=1752294663555858458>.