



中國人民大學  
RENMIN UNIVERSITY OF CHINA

# 硕士学位论文

THESIS OF MASTER DEGREE

论文题目：基于资源整合理论的养老照护平台服务识别与人员匹配研究

(英文)：Research on Service Identification and  
Personnel Matching of Senior Care Platform  
Based on Resource Integration Theory

作者：李芳菲

指导教师：左美云

2021 年 5 月 9 日

# 中国人民大学

## 硕士学位论文

(中文题目) 基于资源整合理论的养老照护平台  
服务识别与人员匹配研究

---

Research on Service Identification and  
Personnel Matching of  
Senior Care Platform

(英文题目) Based on Resource Integration Theory

---

作者学号: 2018104071

作者姓名: 李芳菲

所在学院: 信息学院

专业名称: 管理科学与工程

导师姓名: 左美云

论文主题词:  
(3-5个) 服务识别, 领域词典,  
双边匹配, 遗传算法

论文提交日期: 2021年4月

## 独创性声明

本人郑重声明：所呈交的论文是我个人在导师指导下进行的研究工作及取得的研究成果。尽我所知，除了文中特别加以标注和致谢的地方外，论文中不包含其他人已经发表或撰写过的研究成果，也不包含为获得中国人民大学或其他教育机构的学位或证书所使用过的材料。与我一同工作的同志对本研究所做的任何贡献均已在论文中作了明确的说明并表示了谢意。

论文作者（签名）： 李若菲 日期： 2021.5.10

## 关于论文使用授权的说明

本人完全了解中国人民大学有关保留、使用学位论文的规定，即：学校有权保留送交论文的复印件，允许论文被查阅和借阅；学校可以公布论文的全部或部分内容，可以采用影印、缩印或其他复制手段保存论文。

论文作者（签名）： 李若菲 日期： 2021.5.10

指导导师（签名）： 李若菲 日期： 10/5-2021



## 摘要

根据十四五规划，我国即将进入中度老龄化社会，在政策制定方面，我国发布了多项政策，重点关注老龄问题，其中对非政府组织（如企业机构等）进入老年市场提出了多项具有指引与扶持作用的政策建议；在学术研究方面，研究也大体经历了从机构养老到社区养老，再到居家养老的转变，这一转变大体是由于我国传统居家养老观念决定的；近年来在“互联网+”与养老政策的大背景下，以互联网为基础的居家养老 O2O 模式作为居家老年人照护服务解决方案应运而生。

以“Y 公司”、“阿姨帮”、“金牌护士”、“优众照护”为代表的线上家政（照护）平台逐渐兴起，这类平台为以家庭为单位的各类成员提供服务，但是现有平台大体还处于初步兴起阶段，只实现了“数字化”，远非“智慧化”。

为了更好地实现平台智慧化，本文聚焦用户在养老照护平台上进行服务寻求与人员匹配这一关键流程，对现有平台观察发现，用户在选择服务时存在服务划分不明、用户选择困难等问题，在人员匹配时，平台多是由中介人员进行服务双方对接，人员匹配主要依赖中介人员判断，具有一定主观性，且在匹配过程中，平台缺乏对服务双边匹配满意因素的细致刻画。

考虑到平台的发展潜力及现存问题的解决，本文与“Y 公司”合作，从资源整合理论中的“平台式整合”这一视角出发，以平台优化、降本增效为目的对上述关键流程分为两个部分进行探究。

研究问题一为服务识别研究，为了更好地提高服务识别能力，本文结合外部数据源（养老照护量表）与公司现有文本数据进行养老照护领域词典构建，并以领域词典为基础进行养老照护服务识别研究。在实验阶段，进行了有无领域词典的对照实验，研究结果证明了本文领域词典构建的有效性。

研究问题二为人员匹配研究，为了更好地刻画服务双边的匹配偏好属性，特别是本文以提高照护人员社会尊严感与公平度为目标，将照护人员服务满意因素纳入了研究，为了使双边匹配指标得到客观数据支撑，本文对研究问题一得

到的养老照护领域词典进行了进一步分类细化，验证了初步指标框架的有效性，并在此基础上完善新增了一些具体指标。指标体系构建完成后，本文进行养老照护双边匹配模型构建，针对本文多目标模型特点，选择多目标遗传算法 NSGA-II 进行模型求解，并结合模型多约束条件特质，在约束条件处理方法上进行了相关不同设计，并对算法进行了优化，通过不同方法的对照实验得出了表现良好的组合方案，为后续养老照护指标体系构建与智能优化方法处理提供了解决思路。

**关键词：**服务识别，领域词典，双边匹配，遗传算法

## Abstract

According to the 14th Five-Year Plan, our country is about to enter a moderately aging society. In terms of policy formulation, our government has issued several policies focusing on the issue of aging. Among them, there are several suggestions and policy recommendations for non-governmental organizations (such as corporate institutions) to enter the elderly market. In terms of academic research, research has generally undergone a transition from institutional care to community care, and then to home care. This change is primarily due to my country's traditional home care concept. In the context of "Internet +" and pension policies, the Internet-based O2O model of home care for the elderly has emerged as a home care service solution for the elderly.

Online housekeeping (care) platforms represented by "Y Company", "Auntie Gang", "Gold Medal Nurses", and "Youzhong Care" have gradually emerged. Such platforms provide services for various members of the family. However, the existing platform is generally still in the initial development stage. Therefore, today's platforms have only achieved "digitalization" and are far from "intelligence".

In order to better realize the intelligence of the platform, this article focuses on the key process of users seeking services and matching personnel on the senior care platform. Observing the existing platforms, users have problems such as unclear service division and difficulty in user selection when selecting services. In personnel matching, the platform is connected chiefly by intermediaries between service parties. Personnel matching mainly relies on the judgment of the intermediary, which is subjective. In the matching process, the platform lacks a detailed description of the satisfaction factors of service bilateral matching.

Taking into account the development potential of the platform and the existing problems, this study cooperates with "Y Company", starting from the perspective of "platform integration" in resource integration theory and exploring the above-mentioned key processes in two parts for platform optimization and cost reduction and efficiency enhancement.

In order to better realize the intelligence of the platform, this article focuses on the key process of users seeking services and matching personnel on the senior care platform. Observing the existing platforms, users have problems such as unclear service division and difficulty in user selection when selecting services. In personnel matching, the platform is connected chiefly by intermediaries between service parties. Personnel matching mainly relies on the judgment of the intermediary, which is subjective. In the matching process, the platform lacks a detailed description of the satisfaction factors of service bilateral matching.

Research question one is research on service identification. In order to improve the ability of service identification, this paper combines external data sources (old care scale) with the company's existing text data to build a dictionary in the field of elderly care, and conducts research on recognizing elderly care services based on the field dictionary. In the experimental stage, a control experiment with or without a domain dictionary was carried out. The research results prove the effectiveness of the domain dictionary construction in this study.

The second research question is the research on personnel matching. In order to make the bilateral matching indicators supported by objective data, this paper further classifies and refines the old-age care field dictionary obtained in the first research question, verifies the effectiveness of the preliminary indicator framework, and adds some specific indicators on this basis. After the index system is completed, this study constructs a bilateral matching model for senior care. According to the characteristics of the multi-objective model in this paper, the multi-objective genetic algorithm NSGA-II is selected to solve the model, and combined with the characteristics of the model's multi-constraint conditions, different designs have been carried out on the constraint processing methods, and the algorithm has been optimized. The controlled experiment has obtained a well-performing combination plan, which provides a solution for the construction of the follow-up senior care index system and the processing of intelligent optimization methods.

**Keywords:** service recognition, domain dictionary, two-sided matching, genetic algorithm



## 目录

<b>第 1 章</b>	<b>绪论</b> .....	1
1.1	研究背景 .....	1
1.2	研究现状 .....	3
1.2.1	养老服务供需现状.....	3
1.2.2	研究理论：资源整合 .....	5
1.2.3	研究问题 1：服务识别.....	9
1.2.4	研究问题 2：人员匹配.....	11
1.3	研究框架与方法路线 .....	14
<b>第 2 章</b>	<b>相关研究方法</b> .....	17
2.1	领域词典 .....	17
2.2	文本识别 .....	21
2.3	遗传算法 .....	25
<b>第 3 章</b>	<b>研究模型构建与算法优化</b> .....	31
3.1	数据源 .....	31
3.2	领域词典 .....	35
3.3	指标构建及满意度求解 .....	40
3.4	算法优化 .....	51
<b>第 4 章</b>	<b>实验与讨论</b> .....	57
4.1	服务识别 .....	57
4.1.1	数据预处理.....	57
4.1.2	模型训练.....	58
4.1.3	实验结果.....	59
4.2	人员匹配 .....	60
4.2.1	算例准备 .....	60
4.2.2	算法求解.....	63
<b>第 5 章</b>	<b>总结与不足</b> .....	68
5.1	研究总结 .....	68
5.2	未来展望 .....	69
<b>参考文献</b> .....		70
<b>致谢</b> .....		75

## 图索引

图 1-1 养老服务供需现状.....	5
图 1-2 研究框架.....	14
图 1-3 研究方法路线.....	15
图 2-1 遗传算法流程图.....	26
图 2-2 遗传算法 NSGA 流程图.....	28
图 2-3 遗传算法 NSGA-II 流程图.....	29
图 3-1 老年人年龄分布.....	33
图 3-2 病情描述-Y 平台数据.....	35
图 3-3 需求标签-Y 平台数据.....	35
图 3-4 医学词典 (THUOCL).....	38
图 3-5 领域词典构建流程.....	38
图 3-6 领域词典—照护量表.....	39
图 3-7 养老照护领域词典.....	40
图 3-8 不同指标体系.....	41
图 3-9 染色体编码.....	52
图 3-10 改进 NSGA-II 流程图.....	53
图 3-11 老年人服务需求矩阵.....	54
图 3-12 照护人员服务提供矩阵.....	55
图 3-13 静态全局匹配约束矩阵 $S\_CONS(m*2n)$ .....	55
图 3-14 空闲时间矩阵 $D\_CONS$ .....	55
图 4-1 服务识别框架.....	58
图 4-2 算法迭代图.....	64
图 4-4 最优解染色体.....	66

## 表索引

表 3-1 长期照护数据字段.....	32
表 3-2 被护理人性别.....	33
表 3-3 用户自理情况.....	33
表 3-4 下单时间段分布.....	34
表 3-5 订单状态.....	34
表 3-6 护理类型.....	34
表 3-7 老年照护量表列表.....	36
表 3-8 领域词典分类—大类.....	42
表 3-9 领域词典分类—子类.....	43
表 3-10 老年人评价指标.....	45
表 3-11 照护人员评价指标.....	46
表 4-1 实验结果.....	59
表 4-2 老年人评价指标—老人期望.....	60
表 4-3 老年人评价指标—照护人员实际.....	61
表 4-4 照护人员评价指标—照护人员期望.....	61
表 4-5 照护人员评价指标—老人实际.....	61
表 4-6 照护人员满意度.....	62
表 4-7 老年人满意度.....	62
表 4-8 可行解变换法/罚函数.....	64
表 4-9 可行解变换法/罚函数/种群多样性.....	64
表 4-10 均值比较.....	64
表 4-11 最优解照护人员评价指标对照.....	66
表 4-12 最优解老年人评价指标对照.....	66



## 第1章 绪论

### 1.1 研究背景

2020年6月11日，中国发展研究基金会发布了《中国发展报告2020：中国人口老龄化的发展趋势和政策》，报告中指出，我国老龄化程度自2000年持续加深，“十四五规划”也强调，我国将进入中度老龄化阶段，且预计在2050年，我国老年人口到达将峰值，其中65岁及以上的老年人口将会占据全国27.9%的人口比例。习总书记在党的十九大报告中指出，我国社会主要矛盾已经转化为人民日益增长的美好生活需要和不平衡不充分的发展之间的矛盾。随着社会主要矛盾发生变化以及老龄社会的到来，我国社会将会迎接“未富先老”与“未备先老”的双重挑战，而挑战与机遇是并存的，老龄化同时也是国力增强的侧面反映，对于银发时代的银发经济弄潮儿来说，无疑是不小的机遇。

我国当今的养老模式经历了从机构养老到社区养老，再到居家养老的重点转变。国内学者前期对养老模式的可能性做了广泛的讨论与研究，大体经历了以上三类研究重点的转变。这是由我国的具体国情决定的，居家养老的核心在于“居家”，这一养老模式更加符合我国传统的养老观念与道德观念，大部分的老年人都更愿意在家中安享晚年，但这一情况与当代快节奏高压下的年轻人无暇照顾老年人形成较大差异，从而促进上门照护这一服务形式的兴起。上门照护的内容包括老年人所需的方方面面，包括医疗服务、护理家政等服务内容在其中占据较大比重。

以往的“居家养老”服务多是由政府主导，市场化程度较低，社会参与度十分有限，在“互联网+”模式出现后，各类“互联网+”平台涌现，市场的作用渐渐

明朗起来，而相关的以互联网为基础的居家养老 O2O 模式也应运而生。居家养老的主要推动力量渐渐从政府开始向市场转变。

随着信息技术和“互联网+”在各领域的渗透，养老领域也在逐渐接纳和使用各种智慧养老服务平台。然而，现在大多数平台主要是完成了养老服务数据的录入、统计分析工作，有服务需要响应时，主要是根据平台工作人员基于经验的任务指派，很少有平台做到了根据算法实现精准高效的服务需求发现与照护对象匹配。

另一方面，当前很多智慧养老服务平台出现空心化的局面，表象是老人有需求，但没有照护人员服务，即养老服务供给不足，老年人对平台不满意的局面。其实问题的根源有很多，比如照护人员社会地位不高、经济收入低、照料老人不像照料婴幼儿那样每天有蓬勃的生气和成长的喜悦。但是作为平台来讲，主要是基于让老人满意的角度进行匹配计算，这可能导致一些照护人员感觉不够满意，进而出现对平台不满甚至离开平台的局面。这种匹配会导致照护人才流失、照护服务匹配不饱和等问题。

在以前传统的居家养老模式中，养老供需不能得到很好的匹配。例如由于时空限制，老年人在传统线下能够接触到的服务资源是很有限的，并且经常会存在与服务方之间供需不匹配的问题，具有服务人群需求较为特殊、服务范围较为固定、服务资源较为有限等特点。同时线下的养老服务资源是高度分散化的，使用 O2O 养老服务这种线上线下协同模式，能够吸引并聚集分散的社会养老服务资源，将具有服务需求的老年人和能够提供各类健康养老服务的广大服务方联系起来，进行个性化的养老方案制定和精准化的养老资源匹配。

近年来，包括“阿姨帮”、“金牌护士”、“优众照护”等一系列涉及养老照护服务的平台与应用逐渐兴起，其中专门针对老年人提供慢病护理、康复照护、术后照护、生活照料等各类服务，这些服务平台针对不同类型的老年人提供了多样的照护服务，但是由于目前平台处于兴起阶段，由于服务数量较少、规模较小，在用户服务选择时，存在服务界定不明、用户选择苦难等问题，影响服务内容分类与确定；在服务双边匹配时，更多依靠平台中介人员自身的直觉和经验进行人工信息采集与匹配，具有极大的主观性，不能最大化地满足老年人和服务人员的需求。考虑到这类平台的发展潜力及现有服务分类识别和匹配方

法的不完善，有必要更加深入探讨养老照护服务平台服务分类识别与双边匹配规则算法等问题。

## 1.2 研究现状

本节将对研究问题涉及相关领域的国内外研究现状进行文献梳理。主要分为养老服务供需现状、研究理论、研究问题与研究工具。

### 1.2.1 养老服务供需现状

国内外已有许多学者针对养老服务的供需问题作出研究讨论。

一是对我国养老服务供需现状做整体研究，有研究（杨晓婷等<sup>[1]</sup>，2019）对立足我国国情的居家养老解决方案进行了供需综述，从简单分类到需求评估工具和影响因素等方面进行分析，研究指出，我国目前仍缺少系统需求评估机制和服务内容体系，这种缺乏将会一定程度影响老年资源效益最大化；也有部分研究针对国内具体地域进行实地调研综合采用文献分析、实地调研、问卷调查等个各类方法对当地整体养老服务现状和发展思路<sup>[2]</sup>进行探讨，针对研究对象群体进行服务需求调研，并给出具体的发展建议；例如，张娜<sup>[3]</sup>（2019）发现发现广西养老服务顶层设计及养老服务体系基本形成，形成了多元化、高水平的供给主体格局，但仍存在供需不匹配问题，针对这些问题，提出以老年需求为出发点、以资源整合为发展重点的建议；张洪等<sup>[4]</sup>（2018）采用问卷调查的方式对东莞老年人进行了护理服务需求调查，结果显示近 80%的老年人选择居家养老，在服务需求方面，对生活照料与医疗护理等部分均有较大需求。

二是对服务类型供需情况进行针对性研究，主要根据“医”和“养”分为医疗护理和长期照护两类。

其中，对于医疗护理服务研究来说，研究者主要采用问卷调查的方法，研究对象为护理对象（老年用户）及护理企业等，分别对用户服务需求与企业服务质量影响因素等进行研究。在针对护理对象即老年用户的研究中，主要包括针对老人慢性病护理需求、老人居家医疗护理需求等，综合采用采用入户调查、问卷访谈等方法，在对老人慢性病护理需求研究中（王杉等<sup>[5]</sup>，2020），

了解老人的慢性病患病情况及上门医疗护理需求，结果显示老人对上门医疗照护有极大的需求，并针对性提出精准慢病护理服务、综合管理慢病共病、注重老年健康教育等建议，并指出规范科学的照护服务对家庭护理至关重要；对老人居家医疗护理需求研究中（刘志等<sup>[6]</sup>，2020），对老年医疗照护进行了缺口分析，发现北京等地居家医疗护理服务需求旺盛，但部分城区存在供需不平衡，供不应求的情况，并围绕资源配置优化提出健全多元主体协调机制、按需定供配置机制等；在针对护理企业的研究中，主要包括现状综述与前景展望两部分，现状综述（郝晓宁<sup>[7]</sup>，2020）主要对我国居家医疗护理服务的实践进行了梳理，发现了现今居家医疗护理存在的问题与瓶颈，例如服务内容需要进一步拓展规范、服务人员紧缺、法律法规缺失、缺乏行业标准等，并进一步指出未来可能的发展路径，包括完善多层次服务内容设计等；前景展望（C Ju 等<sup>[8]</sup>，2020）主要研究对象针对在线医疗服务平台，对影响中国用户持续使用在线医疗服务的因素进行调查，发现服务质量是影响满意度的核心变量，并提出提升优质医疗资源配置的建议，其中包括提高医疗资源匹配精度、提升医护人员素质等。

对于长期照护服务来说，包括服务需求预测与服务需求调查两类。服务需求预测主要使用数理统计、模型构建的方法，有研究（李延宇<sup>[9]</sup>，2018）对北京市老年人长期照护服务进行了需求服务费用预测，结果显示各种类型费用将在 2050 年达到峰值，并从服务筹资、服务供给及服务监管三个方面进行体系构建建议；另外有研究（雷咸胜<sup>[10]</sup>，2019）从各类报告数据出发，进行了我国失能人口规模预测，结果显示我国失能人口将在 2055 年达到峰值，并结合国际长期照护经验反思，提出完善我国失能老年人多层次长期照护体系路径建设建议；对于服务需求调查，主要采用问卷调查方法，有研究（Valkila N 等<sup>[11]</sup>，2010）了解老年人本身对长期服务的意愿和需要，研究表明老年人希望助洁、助行等方面得到帮助。

综上所述，如图 1-1 所示，我国已经即将进入中度老龄化社会，面临着老年人口增加的现状，由于我国的文化传统理念影响，大部分老年人都更倾向于选择居家养老的方式度过晚年，因此催生出门上门照护服务的发展与兴起，同时由于老年人口基数大，老年人根据身体情况、性格偏好不同等情况对服务具有多样化需求，但是以往研究对于养老服务对象的界定较为笼统，缺少用户画像



与层次划分，并且现有的照护服务类型需要更好地对接满足多样化需求的老年市场，大多数的研究都认为养老服务亟需发展并且更多凸显其个性化，但从实践的角度应如何操作，都未进行具有建设性与可操作性的深入探索，因此亟需提出智慧化解决方案来解决这一问题。

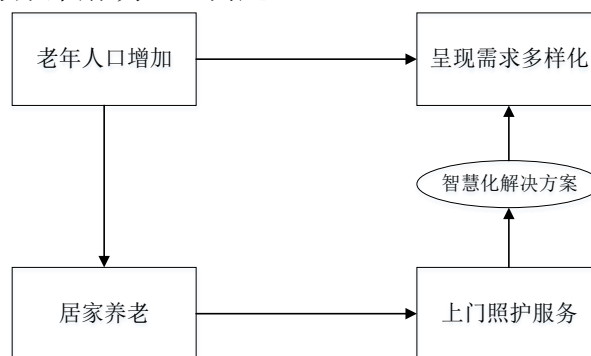


图 1-1 养老服务供需现状

### 1.2.2 研究理论：资源整合

现存的养老服务相关理论为供需优化提供了理论视角。

一是社会支持理论，1977年，学者 Raschke 提出社会支持理论，社会支持主要指的是人们收到的他人的支持与关心，关于社会支持理论的定义，心理学家形成了四个不同的观点，第一是亲密关系观，这种观点强调人与人之间的互动关系；第二是帮助符合结构观，这一观点强调帮助行为可以促成社会支持；第三是系统观，这一观点将社会支持看做一个整体系统的心理活动；第四是社会资源观，这一观点将社会支持视为一类社会资源。通过社会支持理论，可以将老年人的服务需求看做一个有待社会支持解决的问题，并且不同层次的服务需求需要通过多元化的社会支持体系得以满足。

二是多中心治理理论，Michael Polanyi<sup>[12]</sup>其书《自由的逻辑》中首次提出并解释了“多中心”，随后美国学者奥斯特罗姆夫妇(Elinor Ostrom & Vincent Ostrom)共同开创了多中心治理理论，该理论致力于从市场视角提出公共事务治理的解决思路。多中心治理理论认为集权的政府未必能高效行事，并且公共政府治理会出现失灵、公共政策制定会出现低效等劣势，针对这些问题，多中心治理理论引入多元主体参与公共事务治理，各主体彼此独立又相互联

系，构建包括政府、市场与社会三方公共参与的共治模式。在养老服务领域以往大多由政府主导的背景下，强调引入多元化多层次主体共同提供养老服务是大势所趋。

三是新公共服务理论，该理论对当时传统公共管理领域中政府的主导角色提出了质疑，呼吁需要重新定位政府角色，政府或公务员应该为最大化实现公共利益努力，根据该理论，非政府组织在养老服务中可以发挥重要作用。

上述理论都是从理论视角指出老年服务需要多层次全方位的支持，但鲜有理论从具体解决路径角度对优化养老服务资源配置进行研究。在企业管理领域存在资源整合理论，该理论强调企业各资源根据战略决策及市场的变化发展，随之进行整合优化，它为具体实现需求满足提供了解决路径。因此本文试图使用该理论指导研究问题解决。

资源整合理论源自经济学中的“资源禀赋理论”，“资源禀赋理论（Resources gift Theory）”是由 Heckcher、Ohlin 等（1996）提出，该理论指出产品成本并非由单一因素（劳动）影响，而是由多种因素共同起作用，并据此创立了 H-O 模型（Heckscher-Ohlin model），此后学者在此基础上提出“资源整合”学说，资源整合理论的定义为“为长远利益而实现的战略决策”。

资源整合的方式主要分为三种——纵向整合、横向整合与平台式整合。其中，纵向整合指的是对产业纵向供应链流程进行精简与创新，如现今分销商的转型等；横向整合主要把视角专注于产业链的某一个环节，对其中所涉及的同类型资源进行横向合并与优化；平台式整合的视角更为宏观，它关注的是整个产业链各方的协调，通过某种整合方式达到各方均获益的目的，例如当今流行的电商平台阿里巴巴、京东等，便是专注于平台式的资源整合，企业作为一个第三方平台，整合供需双方资源，达到降本增效的目的，力求三方共同获利，促进平台良性发展。

本文的研究对象为养老照护平台，针对其中的服务分类与人员匹配等关键流程，通过平台式整合的视角，运用机器学习、人工智能等技术，以期实现平台供需服务资源的合理整合与优化，提升服务双边满意度，为双边提供更加智能便利的服务，从而提升平台效益，促进平台发展。

利用资源整合理论所做的研究有很多，按照应用领域可以大体划分为三个部分，分别为医养服务领域、图情服务领域及组织服务领域。

在医养服务领域，从“医”的角度来看，研究主要针对医疗资源供需困境问题，从资源整合理论视角出发，采用仿真建模等方法，根据仿真结果提出针对性建议；有研究（宋之杰等<sup>[13]</sup>，2018）关注分级诊疗制度下二三级医院的医疗服务资源整合问题，根据实际考虑不完全信息情况，构建患者就医选择与医生诊疗过程的演化博弈模型，然后利用 matlab 进行模型求解，根据仿真结果提出促进医院分工合作、提升患者就医体验、加强疾病预防等建议；也有研究（郭燕平等<sup>[14]</sup>，2018）关注农村家庭医生签约制度下的供需困境问题，针对居民和家庭医生分别构建系统演化博弈模型，并使用 matlab 对影响因素进行仿真分析，分别观察了不同因素对博弈演化路径的影响，最后从提升医生积极性、提升个性化服务包比例等方面给出建议；从“养”的角度来看，研究主要针对老年人居家养老问题采用资源整合理论视角进行探讨。例如，有研究（曲绍旭等<sup>[15]</sup>，2020；张文亮等<sup>[16]</sup>，2019）对于我国居家养老服务供需失衡问题（供给方内容单一、需求方沟通不足、服务过程内容重复且专业化低），采用服务资源整合理论，从优化链条、推动循环及促进产出三个方面提出了优化策略；另有研究对农村居家养老老人（吕意童<sup>[17]</sup>，2019）、对江苏省居家养老老人（邓敏<sup>[18]</sup>，2020）从资源整合理论视角出发，分别进行研究，指出要盘活养老服务资源，多主体共同发力，利用多举措（增强社区自治、强化法律法治、鼓励社会资本参与）进行资源整合与价值创造，邓敏还强调，医养资源整合是提升老年人满意度的关键；Kevin T. Bain 等<sup>[19]</sup>（2018）探讨了以药剂师为首的药物基因组学（PGx）服务对老年人全方位护理（PACE）的可行性；F Boll 等<sup>[20]</sup>（2016）将视角转向老年人在线支持领域，探讨如何对老年人在线服务资源进行整合优化，构建一个良好和谐的社交网络。

在图情服务领域，主要针对现有“互联网+”大数据环境下图书资源的数字化转型进行探讨，主要包括图书数据资源整合与平台拓展两大类，有研究（叶翔<sup>[21]</sup>，2017；刘亚莉<sup>[22]</sup>，2017）针对大数据环境下的图书馆大数据资源整合问题，根据资源整合理论搭建整合方案整体框架，并提出数据在采集终端即进行过滤整合、实现数据安全高效整合及重点关注与第三方平台数据整

合等三点建议；在平台拓展方面，有研究（尹良伟<sup>[23]</sup>，2020）针对以微信公众号这一图书服务移动端为例，指出图书馆文献资源在公众号上的应用优势与优化对策，在优势方面，微信公众平台具有操作便捷、推送精确、传播广泛等特点，最后从设计优化、管理维护、推送时间探索等角度提出了对策建议。

在组织服务领域，不论是民间还是政府组织都需要对现有服务资源进行合理化整合。对于企业而言，有研究（张玉强<sup>[24]</sup>，2016）针对我国中小微企业科技服务现状，提炼总结出了三种不同的整合模式，分别从依托主体、针对对象、服务方式、运作机制及考核重点几个方面进行了比较，最后围绕整合价值、整合平台与整合方式提出创新思路；在城镇建设研究中（李志强等<sup>[25]</sup>，2019），基于资源整合理论，探索浙江特色小镇建设特征，发现特色小镇建设主要拥有三类资源，分别是环境、组织与制度资源，在已有资源基础上，通过市场机制作用，实现三类资源合理配置，最后阐释了小镇资源整合培育的政策路径。

综上所述，虽然有不少学者以资源整合理论为依托进行研究，但大多仍停留在顶层理论设计层面，主要进行资源整合框架设计，少部分研究根据实际情况建立演化博弈模型，继而通过仿真实验得出模型表现，但至今仍很少存在研究关注老年健康照护领域，并且缺乏利用客观数据进行理论与实践与建模分析的研究。

总的来说，本文研究将以养老照护平台为对象，以资源整合理论中的平台整合为切入视角，探索实现养老服务资源的有效整合与配置，实现三方共赢获利。具体做到：1）服务识别研究：针对老年人异质性及服务需求多样性现状，根据现有平台数据，探索实现服务类型有效识别及服务指标扩充，通过服务类型有效识别，可以为用户选择服务提供有效参考，服务指标扩充可以为后续平台指标体系设计提供客观可靠参考；2）服务配置研究：在确定需求服务类型及相关评价指标体系后，通过人员匹配实现平台有限服务资源的弹性供给和有效配置，主要通过双边匹配理论进行匹配模型构建，以双边满意度最大化为目标，可以为中介管理老师在照护人员指派时提供参考，而不单只是依靠其个人主观经验决定，从而提升平台整体满意度。

### 1.2.3 研究问题 1：服务识别

根据前文讨论的在线照护平台实际情况，本文主要着重解决两方面问题，一是服务识别，二是人员匹配。

服务内容是照护人员、平台和老人三方都密切相关的核心部分，一切服务的提供、分配与接收都以具体服务内容作为支撑主体。平台现提供的服务类型多样但提供种类数量单一，对具有共病等复杂身体情况的老年用户来说难以判断与选择，在我们研究对象——养老照护平台（Y 公司）已经积累了一定用户数据的情况下，本文将平台数据作为数据源，探索实现服务类型有效识别与指标扩充，从而辅助用户决策，提升平台效率。

现有研究关于服务识别主要通过分类算法进行实现，因此下文将对服务分类研究现状进行简单梳理。服务分类可以使用多样的数据来源和技术组合进行研究，且应用领域广泛。

从数据来源看，可以分为线上与线下两大类，其中线上数据源主要包括 web 日志、在线评论、可穿戴设备及后台数据等；线下数据源包括问卷、案例及访谈数据等。从技术来说，主要有统计建模方法，包括 Logistics 回归、线性回归等；机器学习方法，包括案例推理（领域知识构建、知识推理）、频繁词聚类（SVM 等分类算法）、关联规则、遗传算法、人工神经网络等；以及深度学习的方法，包括 CNN/RNN/LSTM/BERT/Transformer 等。下文主要从采用技术方面对现有研究进行梳理。

从统计建模方法来说，Wang, B 等<sup>[26]</sup>（2020）采用随机抽样调查法对 1800 余名受试者进行轻度认知障碍（Mild Cognitive Impairment, MCI）分类调研，通过元分析得出 MCI 危险因素并使用 Stata 统计软件进行 Rothman-Keller 模型与多元 Logistic 回归建模分析，结果显示，高血压等 10 类危险因素的综合结果在统计上有显著差异，并且该模型预测有效，可用于 MCI 患者的一级预防，有助于降低 MCI 风险；Raeis M 等<sup>[27]</sup>（2019）针对在线平台排队系统提效问题，使用统计学习方法和延迟历史信息来预测排队系统中顾客等待时间的条件分布，然后通过混合高斯模型对条件分布建模，并使用混合密度网络估计其参数，评估结果表明利用更多的延迟历史信息可以导致更准确的预测；Suryadevara N K 等<sup>[28]</sup>（2013）设计了一个基于传感器数据的时间序列分析框

架，通过监控智能家居中的日常电器使用情况用于老年人行为预测，开发的原型可用于预测老年人的行为和健康状况，研究还在各种老年房屋中对健康模型进行了测试，实验结果效果良好。同时健康模型还能够基于时间序列分析进行更新。

从机器学习方法来说，李彩等<sup>[29]</sup>（2020）使用阿尔兹海默症神经图像数据库，针对年龄区间 55~90 共 543 例受试者的 sMRI（脑结构磁共振）脑图像特征等 5 项资料，通过特征选择、正则 Logistic 回归等机器学习方法分别对脑 sMRI 数据进行分类预测；董放等<sup>[30]</sup>（2017）提出一种基于机器学习和时间序列预测的新兴技术预测方法，通过 LDA 主题模型与 SVM 分类算法，实现论文摘要数据的多分类，并以上万条论文摘要数据为对象，进行领域发展趋势预测；Arunachalam 等<sup>[31]</sup>（2017）基于协同过滤的方法进行 web 服务预测与推荐；Fleury 等<sup>[32]</sup>（2009）同样采取 SVM 算法，对法国老年人在健康智能家居使用中的日常生活进行监督分类。

从深度学习来说，Fengxian Chen 等<sup>[33]</sup>（2019）以沪深 300 股票集为数据源，使用基于长短期记忆网络(LSTM)的方法，对股票的涨跌进行多值量化分类，并对涨跌幅度进行分类预测；Zeeshan 等<sup>[34]</sup>（2017）提出了一个基于 CNN 的有监督类别预测模型以提高所有 eBay 分类广告平台的搜索召回率，与其他最新的机器学习技术相比，提出的模型实现了非常高的分类精度；Chao Wang 等<sup>[35]</sup>（2020）利用滴滴提供的成都市出行需求数据，提出了一种基于卷积神经网络（CNN）的多步乘用车需求预测模型，CNN 模型能够准确地预测成都市每 10 分钟内每公里区域内的乘车接送需求，与其他基于长短期记忆的深度学习模型相比，CNN 模型在训练和预测过程中的速度提高了 30%；Bandara K 等<sup>[36]</sup>（2020）介绍了一个基于长短期记忆网络的推理框架 DeepPPMNet，以预测 EMS（Emergency Medical Services，紧急医疗服务）需求，分析因果关系，并对多个地方政府的决策进行假设分析，最后使用公开 EMS 数据集对提出模型进行验证，发现所提出的模型优于其他先进模型的表现，并且在预测准确性方面表现最优。

从上面的文献回顾可以看出，现有的服务识别研究不管是从深度还是从广度都具备了长足发展，不同的研究者根据研究问题的特异性及数据源的规模等，对各类技术进行了有选择的取舍，并在基础模型之上针对某个具体的环节

优化改进，进一步提升模型的表现。本文也将遵循这种思路对照护平台做服务识别研究，主要优化改进思路聚焦于养老照护平台的领域词典构建与指标扩充，针对现今缺少养老照护领域规范的领域词典问题，从其他数据源（养老照护量表等）着手，结合照护平台用户数据，构建专门的领域词典，并从其中探索发现平台未来发展可做的指标扩充。

#### 1.2.4 研究问题 2：人员匹配

在研究问题 1 服务识别中确定了用户所需的服务类别之后，将作为研究问题 2 的约束性条件，在确定服务内容之后，平台下一步任务是根据服务内容所需的照护技能以及其他用户需求选择合适的照护人员，派遣给老年用户，为其提供服务。在前文研究背景中已经指出，为提升照护人员的公平感和受尊重感，现有研究应该更多提升护理员侧的需求与满意度，因此本文拟采用双边匹配方法进行人员匹配。

最早提出“双边匹配”思想的是美国学者 Gale 和经济学家 Shapley<sup>[37]</sup>，他们关注大学录取和婚姻匹配等问题，并且在其中提出了经典的 Gale-Shapley 算法。而 G-S 算法应用场景为男女婚姻匹配问题，算法的主要逻辑为基于双方偏好序的双边匹配问题，这是一个典型的一对一匹配问题。

当今的双边匹配形式大体分为一对一、一对多和多对多三类，具体区分的依据为达成匹配时双方主体的匹配个数。

双边匹配理论中的“双边”指的是市场参与供需的双边主体，“匹配”指的是双边进行利益偏好交互匹配的过程，双边各自对对方有偏好倾向，在学术研究中通常包括偏好序和指标属性两类。简而言之，双边匹配就是需要对双边市场的两类主体进行合理匹配的问题。

在偏好倾向设计方法上，已有的研究大多数都是基于偏好序问题给出的：由于偏好序理念较为简单，因此研究较为侧重基于偏好序与其他理论融合对匹配问题做进一步细化与创新，有研究（樊治平等<sup>[38]</sup>，2014；李铭洋等<sup>[39]</sup>，2017）以双边满意度最大为目标构建双边匹配模型，利用线性加权法将多目标转化为单目标问题，进行算法求解优化；也有研究（孔德财等<sup>[40]</sup>，2018）考虑大规模一对多双边匹配问题，为提高模型求解效率，设计了偏好列表的简化规

则,最后通过模糊线性优化方法将双目标问题转为单目标问题进行求解;更有研究从心理行为角度出发,基于失望理论(Fan等<sup>[41]</sup>,2017)、后悔规避行为(张笛等<sup>[42]</sup>,2019)等建立了考虑双边心理行为的双边匹配模型,通过计算双边个体对可能匹配结果的失望值、兴奋值或后悔值来确定修改后的偏好效用值,最后通过具体实践领域算例证实了模型的有效性;更有研究结合数理研究专业领域,设计专门货币奖励函数(Lazarova等<sup>[43]</sup>,2016)、纳什均衡(Yazici等<sup>[44]</sup>,2017)等对偏好序表示、匹配规则进行优化,将优化结果加入双边匹配模型。

同时还存在部分关于多属性决策问题的研究,有研究(李玉花<sup>[45]</sup>,2009;李华等<sup>[46]</sup>,2016)研究了多指标评价信息下的双边匹配模型,以风投等场景中的应用为例,对双边评价指标体系分为了相同和不同情境,分别进行讨论,弥补了偏好序表示效用不准确性,G-S算法等只考虑单边最优等缺陷;段歆玮<sup>[47]</sup>(2016)同样基于前述的两类缺陷,针对在线相亲网站建立了基于婚配基数满意值的多属性评价模型,并针对性设计了新算法进行模型求解,结果显示新算法均优于其他算法;Korkmaz等<sup>[48]</sup>(2008)研究军事人员与岗位的双边匹配问题,作者提出了一种基于层次分析法和两面匹配的决策支持系统(Decision Support Systems, DSS),DSS通过使用层次分析法从职位需求档案和人员能力档案中生成职位偏好,继而通过双面匹配将人员与职位进行匹配;Joshi K等<sup>[49]</sup>(2012)基于印度婚姻在线多属性匹配问题,提出模糊多层次分析与兼容程度度量方法;O Malgonde等<sup>[50]</sup>(2020)基于数字化平台的复杂自适应系统特性,提出了新颖的双向推荐系统框架,并以在线互联网教育平台人员匹配为例,证明了模型的有效性。

双边匹配在很多的研究领域起到了重要的作用,通过对先前研究进行回顾,可以大致概括为人力资源领域及服务领域两大类。

在人力资源领域,为提升人力素质,有研究(薛承梦<sup>[51]</sup>,2014)从设计人员与组织匹配的角度出发,以提升产品创新设计能力为目的,对匹配关键影响因素指标体系、匹配指标测度做了梳理,最后通过实例对模型进行求解验证;更有研究(Zoer等<sup>[52]</sup>,2012; Afacan MO等<sup>[53]</sup>,2020)针对特殊员工(如残疾员工),考虑残疾员工的工作需求、工作能力、身体情况及心理需求等,探究人岗匹配问题。



在服务领域，有家政服务领域研究（纪楠等<sup>[54]</sup>，2015）进行家政服务人员与雇主的双边匹配研究，研究重点关注了家政情景中，用户服务需求数量不一的问题，分为单项和多项需求服务数量，分别设计对应匹配决策算法；有医疗服务领域研究（路应金<sup>[55]</sup>，2018），以分级诊疗制度为背景，探究医疗服务资源优化提升问题，发现医疗服务供应链资源匹配中互评机制的关键影响因素；有航空服务领域研究（张笛等<sup>[56]</sup>，2018）考虑了在动态情况下关于复杂产品如大型飞机等中制造商和供应商的双边匹配问题，针对偏好序中一方难以针对另一方给出准确偏好序问题，提出多重偏好规划方法，有效解决了该问题；有金融服务领域研究（Chen 等<sup>[57]</sup>，2013）探讨贷款市场中银行与企业之间的多对一匹配，匹配结果，银行与企业更倾向地理位置接近、有贷款经历的合作者；更有电商服务领域研究（盛莹<sup>[58]</sup>，2011）设计具有模糊信息的多属性商品交易优化方法，提出了电商品台双边主体新的匹配度计算方法，并据此构建双边匹配模型。

此外，对于双边匹配模型的目标函数求解，一些学者采用了基于匹配双方满意度的稳定性和公平性<sup>[59]</sup>指标。其中，双边匹配的稳定性的指的是双边的满意度之和最大，公平性指的是双边满意度差值之和最小。显然，实现双边匹配的稳定性和公平性是一个多目标优化问题。关于多目标优化问题，现有的研究分为两种方式进行处理：一是将多目标优化问题通过加权直接转换为单目标最优问题，如贾璐等<sup>[60]</sup>(2011)的研究，虽然通过加权法转化为单目标会简化问题，但是这种做法过于武断，因为权重的大小设置因人而异，所得到的最终结果不能够令人信服；二是通过多目标遗传算法等智能优化算法进行求解，最后得到帕累托解集而不是转化为单目标后的唯一解，可以根据用户自己的偏好在解集中进行匹配方案选择，相比于单纯进行多目标线性转化，多目标遗传算法更具有合理性和灵活性，例如，袁铎宁等<sup>[61]</sup>(2019)使用 NSGA-II 算法（Non-dominated Sorting Genetic Algorithm-II，带精英策略的非支配排序遗传算法）进行择期手术环境下医生与患者之间的双边匹配多目标问题优化；类似研究（李霄玉等<sup>[62]</sup>(2018)；唐力等<sup>[63]</sup>（2019））在 NSGA-II 算法基础上进行了变异算子自适应等改进来解决旅行商的多目标优化问题。

尽管上述关于服务识别与双边匹配的研究在方法选取和应用领域的层面给了本文很好的参考和启示。但是迄今为止，还未发现针对养老照护平台的服务

识别与人员匹配的研究。随着老龄社会的到来，如何对养老照护平台进行改进优化，实现平台服务的规模扩张、成本降低和效率提高，已经成为一个重要的实践问题。因此，对于这样一个重要的应用领域，如何简化服务寻求流程，快速识别并有效配置相关服务资源，进一步做好老年用户和照护人员的双边匹配，提升双边满意度，从而使平台保持高效运行就是一个重要的科学问题。

### 1.3 研究框架与方法路线

本文从实际在线照护平台出发，以用户视角寻找服务场景为例，从中发现现有照护平台存在的问题，一是平台缺乏服务识别等技术辅助用户进行服务组合决策，并且现有平台指标有待扩充；二是服务指定及人员匹配是依靠平台中介人员自身经验，具有一定主观性。

本文的研究内容框架如图 1-2 所示，主要包含两个研究问题，一是服务识别研究，主要包含指标扩充与服务识别两大内容；二是人员匹配研究，主要包含双边匹配与智能优化两大内容，其中，服务识别结合外部数据与平台数据进行照护领域词典构建，并根据领域词典进行平台照护指标扩充，通过用户文本数据进行照护分类识别研究；根据研究问题一服务识别类型为约束性限制条件，指标扩充为满意性评价指标条件，将二者输入人员匹配模块，通过老人与护工的供给与需求描述，进行双边多对多匹配，为双边提供合理满意的服务匹配。

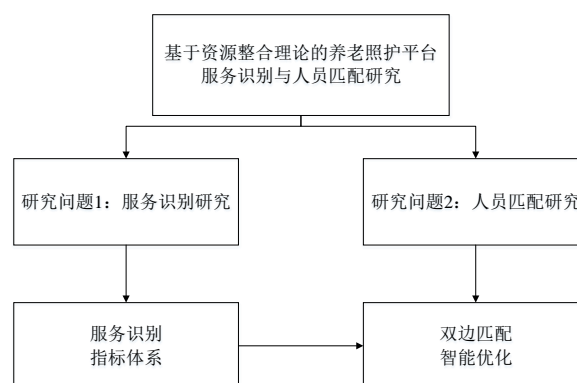


图 1-2 研究框架

综上所述，本文以养老照护平台为研究对象，资源整合理论为视角，本文主要研究两大方面的问题，一是实现服务精准化整合配置问题，二是实现双边人员合理匹配问题。

研究方法路线如图 1-3 所示，主要分为研究内容、数据源与技术方法三大板块，研究问题一的数据源为照护量表与 Y 公司平台真实数据，研究问题二的数据源为算例数据，对于技术方法来说，指标扩充主要使用的是中文分词与领域词典构建方法，服务识别采用传统机器学习与深度学习方法，双边匹配采用多属性决策方法进行满意度计算，并构建双边匹配模型，在对模型进行求解中，采用智能优化算法（多目标遗传算法——NSGA-II）针对模型的多约束条件特性进行优化。

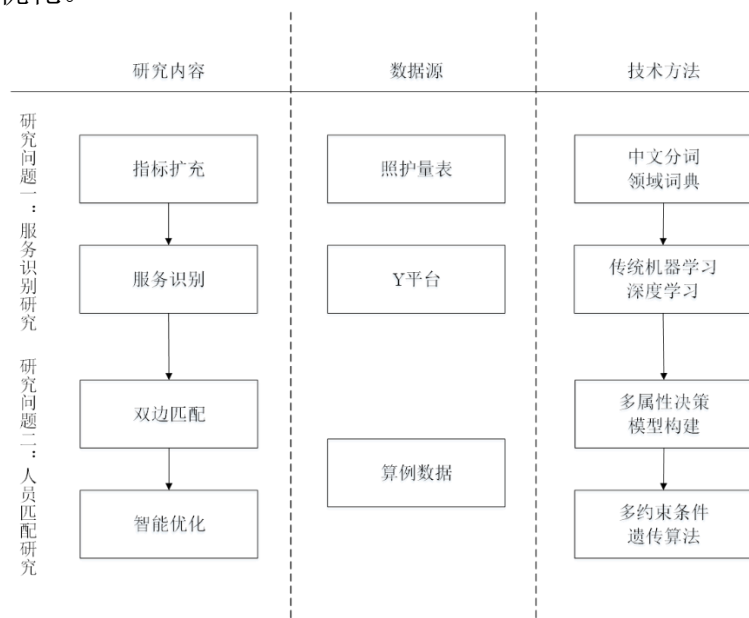


图 1-3 研究方法路线

因此本文聚焦养老照护平台，试图以资源整合理论为基础，针对研究动机中提到的服务识别与人员匹配问题分别进行研究，优化服务流程中的识别与匹配模块，从而实现智慧照护平台关键服务流程的智能化设计与实践，增加用户的满意度，实现平台真正的智慧化。因此，本文研究选题的理论意义与实践意义如下：

(1) 理论意义：首先本文进一步完善了智慧养老服务的智慧化研究；其次将资源整合理论应用于本文，提升了养老照护平台智慧化研究的规范性和合理

性；并且本文将探索平台从服务分类到人员匹配这一关键流程研究设计，是对资源整合的有效体现；为了提升服务识别能力，针对现在缺少养老照护领域词典的现象，本文将结合外部数据源进行领域词典构建，并根据客观数据提出养老照护平台指标扩充建议，为后续同类研究起到了指引作用；最后根据本文双边匹配的多约束条件特质，提出了面向整数编码的多目标遗传算法多约束条件处理方法，并试图总结出通用的整数约束处理框架，为后续研究提供思路支撑。

（2）实践意义：本文研究将对平台、老年用户与照护人员三方均起到促进作用。首先一方面对于平台方来说，本文将实现养老服务平台服务分类个性化，匹配智能化，起到不只是信息呈现，更是辅助决策的作用，提升精准服务与匹配的效率，从而提升用户满意度，增加平台收益；另一方面，对于寻求服务的用户来说，可以简化服务定制流程，实现个性化、精准化服务匹配，进而提升服务满意度；最后，对于照护人员来说，本文充分考虑其服务需求，在当今供给侧不足，照护人员社会认同感较低的当下，能够有效提升其职业尊严感和社会认同度。

## 第2章 相关研究方法

根据前文所述的研究内容与研究框架可知，本文主要的研究内容包括服务识别与人员匹配研究，在研究问题 1 中包含的研究方法主要有领域词典（构建养老照护领域词典）、文本识别（服务类型识别），研究问题 2 中包括遗传算法（双边匹配模型求解）。因此本章主要分别对这三类技术进行介绍。

### 2.1 领域词典

根据维基百科，词典（Dictionary），或称辞典，是为词语提供音韵、释义、例句用法等等的工具书。词典在世界各国都有广泛应用，与西方国家不同，东方国家词典除了收录词汇，还会收录字。而传统词典根据用途可以分为双语词典、专业词典与学生词典等。专业词典是专门针对某一行业的术语词典，比如医疗行业的《医学辞典》、法律行业的《法律辞典》等，其他专业学科还包括历史、人文、社会科学等方面，分布广泛，种类繁多。

领域词典，顾名思义，与专业词典类似，是专门针对某一专业领域的术语集合。领域词典主要来自专业领域的文本信息采集或者专家知识构建，它主要试图从无序繁复的文本语义资料中提取领域具有代表性的相关词汇，再通过精炼简洁的词汇准确表示具体的专业知识。因此领域词典是具有某一行业性质的专有词汇集合，在词典构建完成后，将会对特定领域的后续研究起到极大的辅助促进作用，比如在文本分类识别研究中，领域词典中具有特定领域属性的词汇将会在指示文本类别时起到关键性决定作用，这将会作为准确区分于其他类别的显著特征。

在之前的研究中，领域词典构建研究一般作为基础支撑用于辅助后续的中文分词与分类识别研究，单独研究领域词典构建的研究比较少见，例如有研究（彭柳等<sup>[64]</sup>，2020）针对消费品故障缺陷领域具有在线短文本较多的现状，并且缺少领域词典的问题，探索领域词典构建方法，相比需要消耗大量人工的专家知识构建法而言，作者试图通过计算机技术代替人工，采用的技术路线为首先利用相邻词语分析方法分配词语权重，然后利用 TF-IDF 算法提取短语中关键词，构建具有明显正负（领域与非领域）的词典库，最后利用 CNN 模型对词库进行向量化，从而辅助发现消费品故障缺陷关键词；也有研究（石玉鑫等<sup>[65]</sup>，2019）针对现今电商平台用户评论关键信息挖掘需求，提出构建商品评价领域词典的方法，作者构建方法包括 LDA 模型、点互信息等，并且作者构建了两类领域词典，一是基础词典，包括领域基础词汇，二是扩充词典，包括领域短语集合。

领域词典的构建方法有很多，大致可以分为三类，第一类为利用语料库统计信息构建词典，如黄鲁成等<sup>[66]</sup>（2019）针对我国老龄社会亟需科技促进养老，对现有养老科技研究体系进行了分类方法探索，为了提升分词及后续分类效果准确率，文章首先构建了养老科技领域词典，词典数据源主要来自文献数据库、专利数据库、政策文件及技术报告等，将这些数据作为语料库力求最大化覆盖养老科技研究领域，分别对不同种类语料库进行分词处理，最后利用帕累托法则、词频统计及人工筛选得到最终的养老科技词典；类似的，有研究（龚乐君等<sup>[67]</sup>，2020）为了解决中文医疗实体识别问题，首先需要构建中文医疗实体领域词典，作者采用中文病历文本作为语料库，并在其中加入新闻语料作为筛选语料库，利用分词技术进行中文拆分并计算对应词频，根据事先设立的阈值统计筛选出符合要求的词语加入领域词典。对于这类词典构建方法而言，优点是语料来源广泛灵活，缺点是构建出来的词典质量会随着语料内容变化而变化。

第二类为利用其他词典构建词典，在文本专业词汇识别领域，有研究（朱婷婷等<sup>[68]</sup>，2020）为了文本处理后续研究（如自然语言处理及知识图谱构建）等打下基础，针对电力专业领域进行了领域词典构建，提出了一种无监督的专业词汇发现方法，文章使用电力文档作为领域词典构建数据源，选择通用词典作为电力文档分词语料库，采用窗口滑动组合词语、确立了四种候选词的统计

指标（词频、信息熵、邻接变化度及点态交互信息）及三种语法筛选规则对候选词进行筛选形成领域词典；有研究（成于思等<sup>[69]</sup>，2018）为了提高专业领域中文分词准确率，提出一种专业领域中文分词方法，准确分词的基础是专业领域词典构建，文章以工程法律领域作为示例，采用了法律与工程相关的各类权威词典作为基础词典，通过对各类基础词典进行数据预处理，得到工程法律的专业领域词典。利用其它通用词典构建领域词典，优点是通用词典语义明确规范，缺点是较难提取出未在通用词典中出现的领域特有词。

第三类为基于网络开放数据源构建词典。现在互联网上有众多由他人或组织收集整理而成的开放数据源供用户使用辅助领域词典构建，其中大致分为在线百科与在线词库两类，在线百科主要包含维基百科、百度百科等搜索引擎网站，这类百科词库的内容丰富，且具有用户共维共创、开放自由的精神；在线词库既有学术研究领域推出的开放词库如清华大学开放中文词库、商业公司推出的开放词库如搜狐细胞词库等。使用该方法的优点是博采众长，利用他人共享资源，比起词典来说词库或百科里的内容更具有即时性与先进性，且比起单纯语料资料质量更高，但缺点是由于人工整理需要大量时间精力，并且不是所有人都愿意将词库开源共享，因此存在有的词库数据覆盖面并不是很广泛，某些小众领域词库缺乏的现象。

关于领域词典的研究众多，根据词典创建内容不同，可以大致分为领域专业词典与领域情感词典两类。领域专业词典一般用于专业领域分词及文本识别研究，为专业领域自然语言处理起到铺垫作用；领域情感词典主要用于情感识别研究，通常在大数据下用户行为分析预测中起到重要作用。

在领域专业词典研究中，王连喜<sup>[70]</sup>（2020）针对中国政府突发公共安全事件舆情领域进行词典构建，以便政府能够迅速识别公共安全领域的热点舆情并快速响应，提升政府反应速度，增加政府公信力，文章以过往突发公共安全事件作为语料库，经过分词、词频统计、词性标注等预处理并结合人工研判的方法，构建公共安全领域词典。在领域情感词典研究中，情感词典对于文本情感识别有着重要作用，叶霞等<sup>[71]</sup>（2020）针对中文领域情感词典提出了一种自适应学习方法，文章回顾了网络上存在的包括知网及各高校大量的领域情感词典，并选取了其中的通用情感词典筛选出一批作为种子词，通过计算种子词与领域语料词汇的相似度，筛选出一批候选词，最后利用判定算法对情感进行正

负极性分类，得到最终的领域情感词典。从前述研究可以看出，两类研究的词典构建方法与上文总结的并无二致，但是在应用领域及后续的细节处理有一些区别。

从前面的总结可以看出，不管如何构建领域词典，始终不能缺少的一个数据处理技术是分词。分词技术通常是自然语言处理的第一步，使用领域词典的一大意义便是能够有效提升分词质量，实现精准分词。正如本章开头所提及的一样，在西方语言体系里，他们的最小语义表示单元便是一个个单词，并且单词之间存在空格进行分隔，而中文则不同，中文的最小语义表示单元是汉字，并且由一系列字形成短语进而形成句子，句子之间并没有明显的间隔，因此在对中文语料进行处理时分词显得尤为重要。

现有的中文分词方法主要分为3类，分别为基于字符串、基于统计与基于理解的方法。对于第一种分词方法主要依赖词典等包含大量字符串的语料库进行辅助分词，需要将待分词数据与词典字符串进行匹配，匹配规则主要包括最少切分法（划分字符串数量最少）、正向最大匹配法（从左到右进行匹配）、逆向最大匹配法（从右到左进行匹配）与双向最大匹配法（从左到右、从右到左各一次），但是基于字符串匹配的分词方法过多依赖于词典质量，现在很少有研究单独使用该方法进行分词。

第二种分词方法主要依赖统计规则，它通过前期已经人工标注完成的语料来对待分词数据进行模型训练，一般而言，词是稳定的字的组合，因此在模型训练中会统计各种分词结果出现频次概率，共现概率越高的词越常见，因此划分正确的概率越高，这类分词方法主要对语料中的词语频率进行统计，常见的计算方法包括有条件随机场模型、隐马尔可夫模型与最大熵模型等，这类方法的优点是无需词典辅助也能达到较好的效果，缺点是中文有的出现频次高的词组也不一定是正确的词，比如“我的”、“我这”等等，

第三种分词方法主要依赖知识理解技术，需要使用语言学相关知识，比如句义、语义理解等，试图让技术以人类理解语句的方式进行分词，它主要包括总控部分、分词子系统与句义语义子系统三个组成部分。然而由于汉语言博大精深，关于句义语义规则难以穷举完整覆盖所有可能情况，因此这种方法目前还处于新兴阶段，应用不够成熟广泛。



综上所述，现有的分词方法主要依赖统计规则方法，但是为了提升分词效率，可以结合基于字符串匹配方法，因此本文将采用这一思路进行领域词典构建。

## 2.2 文本识别

前文已经对领域词典技术进行了简单介绍，并且已经指出领域词典构建的一大目的是为了提升后续分类识别研究准确率，在前一章研究现状服务识别部分也对服务识别研究进行了简单梳理，这里主要是简单对本文所要使用的文本识别相关技术进行简单介绍。

因为本文使用平台在线用户相关数据作为数据源，因此本文拟采用的用于分类的方法主要包括机器学习与深度学习两类。在模型训练之前，需要做数据预处理，上一节已经简单介绍了分词技术，数据在分词完成之后，要将文本转换成模型学习能够识别的向量表示，这样可以实现复杂的自然语言到向量代数计算之间的转化。常见的向量化有两种形式，一种是独热编码（one-hot 编码），此种编码形式词向量长度为词典长度，某词出现对应位置为 1，否则为 0，这种编码的优点是直观简洁，缺点是占用空间大，矩阵稀疏；第二种是分布编码，此种编码形式将词语映射为固定长度  $N$  的向量，而每个词便是  $N$  维向量中的某一点，两个词越相似，在向量空间中位置越近，现在主流的语言向量训练模型包括 word2vec 与 doc2vec 等，便是典型的分布编码方式。

Word2vec 顾名思义是将单词转换为向量，是 google 在 2013 年推出的一款将语言数据转换为向量表示的工具。该技术基于神经网络模型，可以分为输入层、隐含层与输出层三个层次。训练完成后，可以将每个词对应映射至一个向量，但是单词顺序在向量中没有反映。Word2vec 的实现方式主要有两种——连续词袋模型（Continuous Bag-of-Word Model, CBOW Model）与 skip-gram 模型，CBOW 与 skip-gram 类似，都是三层神经网络模型，区别在于前者是在已知单词上下文的情况下输出对该单词的预测，后者是在已知某单词的情况下输出对该单词上下文的预测。

Word2vec 生成的词向量很好的压缩了编码维度，并且可以描述词之间近似关系，但是它只是单独词汇的向量表示，对于语句向量无法很好的进行表示，

虽然可以将语句包含词汇的所有向量取平均，但是仍无法准确描述语句中单词顺序关系，而单词出现顺序在语义表示中是非常重要的，因此，Le 等<sup>[72]</sup>

(2014) 提出了 Doc2vec 方法，此方法在 Word2vec 上做出改进，在词向量基础上加入段落特征向量，段落特征向量在同一个句子中是共享的，它代表了一句话的主旨，完美解决了 Word2vec 方法缺少句义特征的缺陷。与 Word2vec 类似，Doc2vec 也有两种训练方式——段落向量分布存储模型 (Distributed Memory Model of paragraph vectors, PV – DM) 与段落向量分布词袋模型 (Distributed Bag of Words of paragraph vector, PV – DBOW)，前者类似于 Word2vec 中的 CBOW 模型，后者类似于 skip-gram 模型。

在词向量训练完成之后，便需要选择合适的分类模型进行训练。机器学习 (Machine Learning, ML) 是分类方法经常使用的技术之一，因为分类是依据历史数据刻画特征进而预测类别，这与机器学习从样本出发，对未来数据或行为进行预测是相通的。通常将机器学习训练模型分为传统机器学习与深度学习两类。这里对两类模型训练方法进行简单介绍。

传统机器学习包括决策树算法、回归算法、支持向量机、聚类算法、基于实例的算法、贝叶斯算法和集成算法等。

决策树算法 (Decision Tree Algorithm) 是一个树形结构，叶子节点描述类别，非叶子节点为属性特征判断，决策树作为预测模型，对于具有特定特征的待分类对象来说，可以通过树形路径进行类别判断，因为特征不只一个维度，在决策树中，决策中选择特征并决定先后顺序被叫做“分裂属性”，包括不同的方法可以进行构造，具有代表性的包括分类和回归树 (Classification and Regression Tree, CART) 迭代二叉树 3 代 (Iterative Dichotomiser 3, ID3) 及 C4.5 和 C5.0。决策树算法的优点在于通过树形路径可以直观理解判断依据，但因为过于依赖历史数据，容易趋向过拟合。

回归算法 (Regression Algorithm) 也是利用已知数据预测未知数据的模型，通过对历史数据进行回归拟合，试图找到过往数据的变化规律模式从而对未来数据进行预测，数据一般分为连续值与离散值两类，回归算法种类很多，包括线性回归 (Linear Regression)、普通最小二乘回归

(Ordinary Least Squares Regression, OLSR) 等，其中逻辑回归 (LR) 主要用于分类问题，是一种用于解决二分类问题 (0 或 1) 的回归算法，因此在分

类问题上有着广泛的应用。回归算法的优点在于简单易于理解，且应用领域广泛，但也存在过拟合，噪音处理等不足。

支持向量机（Support Vector Machines）首先基于已知属于两个不同类别的训练数据，将其映射到一幅图中，并使用一条尽可能最大化间隔两个类别的线进行划分，最后将待分类的数据映射到图中，根据落点区域便可以判断该点所属类别。而支持向量在分类上都有应用，支持向量分类（Support Vector Classification, SVC）就是 SVM 用于分类，支持向量回归（Support Vector Regression, SVR）就是 SVM 用于回归分析。对于 SVM 来说，其优点在于可以在非线性可分的分类情况下具有良好表现，但是由于其用于分类间隔的线并不规则，因此难于训练生成，后续对预测结果解释性较弱。

聚类算法（Clustering Algorithms）顾名思义是将待分类数据根据距离远近分组，距离近数据越相似，于是被划分为一组，距离远数据差异越大，于是被划分为不同组，在机器学习中，聚类算法是一种无监督学习算法，因为事先没有对划定类别进行限制，常用的聚类算法包括 K-均值（k - Means）算法、k-中值（k - Medians）算法等。聚类算法具有数据分类直观的优点，但是如果存在异常数据，将会难以准确归类。

基于实例的算法（Instance - based Algorithms）更加强调已知数据与待分类数据的位置关系，在已知数据训练完成之后，所有训练样本被完整保留，当输入待分类数据后，算法将会判断待分类数据与已知数据之间的距离大小，算法认为与待分类数据距离最近的点所属类别即为待分类数据所属类别，在预测完成后，该点被保留，用于后续预测。常见的基于实例的算法包括 K 最近邻（k - Nearest Neighbor, KNN）算法、自组织映射（Self - Organizing Map, SOM）等，基于实例的算法具有算法原理简单，且具有较高可解释性的优点，但是由于每加入一个点便要求解与其距离最近点，因此计算复杂度高，且不能处理高维空间数据。

贝叶斯算法（Bayesian Algorithms）以概率论中的贝叶斯定理为基础，用于解决分类与回归的问题。该定理用于描述在一定条件下某件事发生的概率，通常事件 A 发生条件下 B 事件发生的概率与事件 B 发生条件下 A 事件发生的概率是不同的，而贝叶斯定理将二者进行了联系，架起了二者之间相互推导转换的桥梁。常用的贝叶斯算法包括朴素贝叶斯（Naive Bayes, NB）、高斯朴

素贝叶斯（Gaussian Naive Bayes, GNB）贝叶斯网络（Bayesian Network, BN）等。其中，朴素贝叶斯的思想非常简单，对于待分类数据来说，需要计算出该数据条件下各类别的概率，然后选择概率最大的类别作为该数据所属类别。贝叶斯算法易于理解，计算效率高，但是由于贝叶斯算法基于概率论，后者对于主体间是否独立有着较为严格的要求，因此对于数据间有联系的情况，算法的表现较差。

集成算法（Ensemble algorithms）是各类算法的集成组合，特别是针对单独表现较弱的算法而言，通过某种方式与其他算法进行组合将会在分类性能上具有不错的表现。因为不同机器学习算法在不同的数据集上表现不同，因此集成算法是目前研究领域比较主流热门的一个方向，通过选择某些算法并通过一定方式进行结合，将会在某一特定问题上取得较好的表现。常见的集成算法有随机森林（Random Forest, RF）、提升方法（Boosting）、装袋法

（Bagging）等。当前先进的研究基本上都采用了集成算法思想，这种方法比单独算法具有更好地表现，但也存在较为复杂，不易于维护等不足。

深度学习（Deep Learning）又称深度神经网络，通常是指超过3层的神经网络，2006年由Geoff Hinton等人<sup>[73]</sup>提出，现今已经成为机器学习领域的热门研究方向，与传统机器学习相比，深度学习提出了一种将特征表示与学习相结合的方法，其实质便是多层函数进行叠加嵌套形成的网络模型，在分类预测等研究领域有着较为强大的表现，但是深度学习更像一个黑盒，它注重学习的有效性，但是却失去了可解释性。其中卷积神经网络

（Convolutional Neural Network, CNN）与循环神经网络

（Recurrent neural network: RNN）是两类典型模型。

卷积神经网络在图像处理领域有着出色表现，该算法的提出主要受到人类视觉神经系统启发，David Hubel与Torsten Wiesel获得了1981年的诺贝尔医学奖，主要贡献是由于他们“发现了视觉系统的信息处理”中可视皮层是分级的，对于不同的图像信息，人类总是从初级边缘轮廓开始不断分层，总结提取图像特征，到最上层，图像由不同的高级特征组合而成。受到这一思想的启发，上世纪90年代，Yann LeCun<sup>[74]</sup>等学者提出CNN，典型的CNN由三个部分组成——卷积层、池化层与全连接层，其中，卷积层用于提取图像中的局部特征，池化层用于降维，避免学习出现过拟合情况，全连接层负责输出结果，经过卷

积层与池化层处理后的数据输入至全连接层，在这一层被转换成一维向量，作为分类器输入。CNN 除了擅长图像视频处理，比如图像分类、目标定位、人脸识别等，也在语音识别、文档分析、语言检测上有不错的表现。

循环神经网络在神经网络中加入了记忆和反馈机制，它常用于处理时序性数据或对先后顺序有依赖的数据，比如在中文文本中，词语在句子中的位置影响了整个句子的含义，这时前后输入有着较强联系，但是传统的网络如 CNN 没有考虑到这个因素，为了解决这一问题，M. I. Jordan 与 Jeffrey Elman<sup>[75]</sup> 提出了 RNN 算法，RNN 算法在传统神经网络输入层——隐藏层——输出层结构中引入循环回路，其与传统神经网络最大的区别便是将每次输出结果带入下一次隐藏层中一起训练，但是也导致了离当前输入越早出现的数据影响越小，因此 RNN 存在短期记忆的问题，并且每一次训练都是要加入上一次的结果，因此存在训练成本大等不足，为了解决这些问题，Hochreiter 和 Schmidhuber<sup>[76]</sup> 于 1997 年提出了长短期记忆(LSTM)网络，这一算法在 RNN 基础上进行改进，主要关注输入中的重点信息，截止到现在，也有许多的研究在前人的基础上做了许多的变体改进与优化。RNN 在自然语言处理中有着广泛的应用，比如文本生成、机器翻译、语音识别等。

### 2.3 遗传算法

遗传算法 (Genetic Algorithm, GA) 是由美国学者 John Holland<sup>[77]</sup> 在二十世纪七十年代提出的，遗传算法属于进化算法 (Evolution Algorithm, EA) 的一种，而进化算法便是借鉴了生物学领域进化机制的原理，模拟生物演化进程中诸如繁衍、变异、基因重组等机制，对问题候选解进行不断优化。而遗传算法灵感便是来自于达尔文生物进化论优胜劣汰、适者生存的思想，遗传算法是以 Holland 提出的遗传算法为基础的一类算法的总称，这一类算法具体适应解决问题的情境不尽相同，但秉承的思想一致，基本框架相同，如图所示基本包括初始化种群、适应度计算、选择、交叉、变异等操作，遗传算法模拟自然界生物遗传进化的现象，将每一个解作为单个染色体，每一代解集作为种群，通过一次次迭代的选择、交叉、变异，不断产生表现更好地下一代种群，并逐步达到收敛，求得全局最优解。

遗传算法基本流程图如图 2-1 所示，其中，将每一个解作为单个染色体的操作叫做“编码”，在遗传算法中，即为将问题的可行解转换成能用遗传算法处理的形式，通常的编码形式包括实数编码、整数编码、0-1 编码等；由若干个染色体组成的群体叫做“种群”，种群是算法在每次迭代后经过优胜劣汰选择的产物，一般遗传算法最开始的种群都需要用户自定义初始化；为了准确衡量不同染色体的表现情况，我们使用“适应度”来进行计算，一般适应度函数值越高的染色体被保留进入下一代或进行交叉变异的概率越大；因为种群需要不断迭代更新，因此表现不好的染色体将会有更大概率被抛弃，这一步叫做“选择”，它表示的是采用某种规则对种群中的染色体进行舍取，被“选择”的染色体即可进行下一代繁衍；繁衍的形式主要包含“交叉”与“变异”，“交叉”顾名思义就是对一对染色体进行某一部分的互换从而生成新的染色体，“变异”则是对染色体的某一个位置进行数据的更改，从而成为一个全新的染色体，通过“交叉”和“变异”等操作，可以扩大种群的多样性，尽可能多的遍历解空间，从而保证最后收敛得到的解最优。

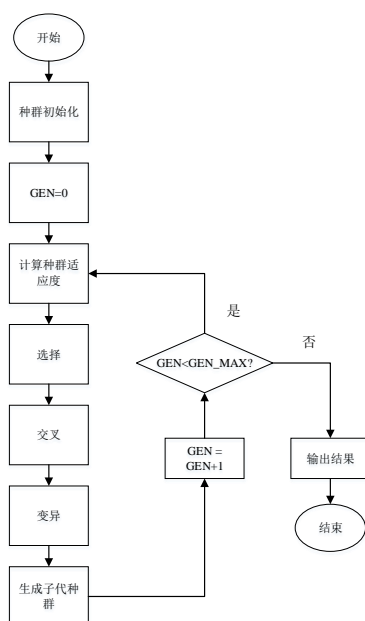


图 2-1 遗传算法流程图

遗传算法在求解非线性问题中有较好的表现，例如在求解一些较为复杂的组合优化问题时，相对于其他算法，具有较优的表现。现今在组合优化、机器学习和信号处理等领域遗传算法都有较为广泛的应用。

根据求解目标函数数量可以将遗传算法分为单目标遗传算法与多目标遗传算法，遗传算法在求解单目标问题时具有较好表现，但是在多目标问题中，如何衡量解的好坏成了一个问题，传统的多目标遗传算法倾向于通过线性加权将多目标问题转化为单目标问题，但这种做法的缺点是权重分配不好判断且具有较强主观性，因此这种优化并不是真正的多目标优化，1986年，意大利经济学家 Pareto 提出帕累托（Pareto）支配概念，在  $N$  个多维目标函数构成的解集中，如果  $A$  的表现都优于  $B$ ，则  $A$  支配  $B$ ，反之， $A$  非支配  $B$ 。这样，多目标遗传算法解集可以按照支配关系分为多个层次，互为非支配解的向量构成一个帕累托解集，而在所有不被其他解支配的解也即适应度表现最佳的子集构成帕累托前沿。

基于帕累托支配概念一系列多目标遗传算法被提出，如 SPGA（同步扰动随机梯度遗传算法，Hybrid Simplex Parallel Genetic Algorithm）、NPGA（基于小生境帕累托遗传算法，Niche Pareto Genetic Algorithm）、NSGA（非支配排序遗传算法，Non-Dominated Sorting Genetic Algorithm）等等。但在这些算法中，NSGA 算法最能表现帕累托支配思想。

NSGA 算法是 1994 年由科学家 Srinivas 和 Deb<sup>[78]</sup>提出，其基本工作原理流程如图 2-2 所示，从图中可以看出，与基础遗传算法比较而言，它引入了支配分层策略，并且引入了共享小生境概念，其中，将种群按照多目标函数适应度情况进行支配关系比较，并且进行分层，层数越低的个体处于的支配地位越高，其被选择进化进入下一代的概率越大，同时，在个体取舍时，引入小生境概念，处于同等层级的个体，其共享半径下其他个体越少被选择的概率越大，这样做可以更好保持解空间多样性。

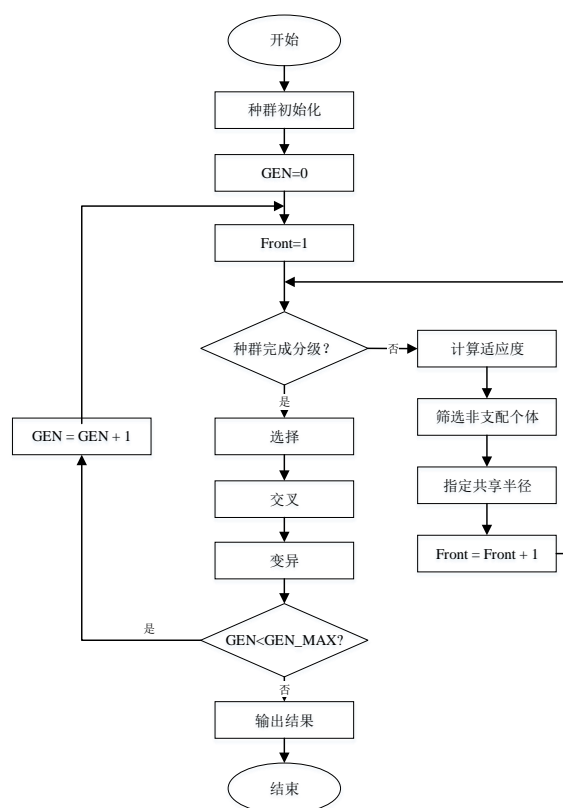


图 2-2 遗传算法 NSGA 流程图

随着 NSGA 算法的广泛应用，其缺陷也凸显出来，首先，由于非支配排序需要对不同解之间的关系互相比较，因此耗费时间复杂度较高，其次算法没有采用精英策略，即保留表现优秀的个体直到下一代，会出现优秀个体的更改与流失，最后 NSGA 的共享小生境参数基于人工指定，并非自动生成，因此算法表现极大依赖小生境参数设置。

针对这些问题，2002 年 Deb 等对 NSGA<sup>[79]</sup>算法进行了改进，提出了 NSGA-II 算法，相对于 NSGA 算法来说，NSGA-II 提出了一种快速非支配排序方法，大大降低了非支配排序的时间复杂度，二是采用了精英保留策略，父代表现优异的个体与子代合并形成集合共同竞争进入下一代的机会，最后提出了拥挤度与拥挤度比较算子，通过个体自适应计算周围个体密度作为同层级个体取舍标准，密度越低的个体被选择的概率越高，同样保持了种群的多样性。图 2-3 为基本 NSGA-II 算法流程图，算法主要分为以下几个步骤：



Step1: 对一些基本参数的初始化, 其中包括交叉概率、变异概率、迭代次数与种群规模等, 并通过一定方式进行种群解的编码设计与初始化, 形成最初的种群;

Step2: 对初始化种群进行快速非支配排序, 将种群按照适应度值的优劣进行分层, 表现越好的个体所在的层次越低, 层次越低的个体后续被选择交叉变异的概率越大;

Step3: 在快排的基础上对种群个体进行拥挤度计算, 拥挤度计算主要是基于单一个体与其临近个体的距离而决定的, 总的来说, 对于同一层级的个体, 分布密度越稀疏的个体被选择交叉变异的概率越大, 这样是为了保证种群个体的多样性;

Step4: 通过 step2 与 3, 确定了父代群体的优先顺序, 使用锦标赛选择策略在父代中进行随机二选一, 保留两个父代个体中优先顺序更高的一个, 然后在选择出的父代的基础上进行交叉变异操作, 生成子代群体;

Step5: 将生成的子代群体和父代群体进行合并, 并对整体进行快速非支配排序和拥挤度计算, 按照优先顺序排序选择出种群规模大小的个体生成新种群, 生成新种群后, 判断是否达到最大迭代次数, 如果没有, 将新种群作为父代种群, 返回 step4 继续操作, 反之, 则结束循环, 输出种群解。

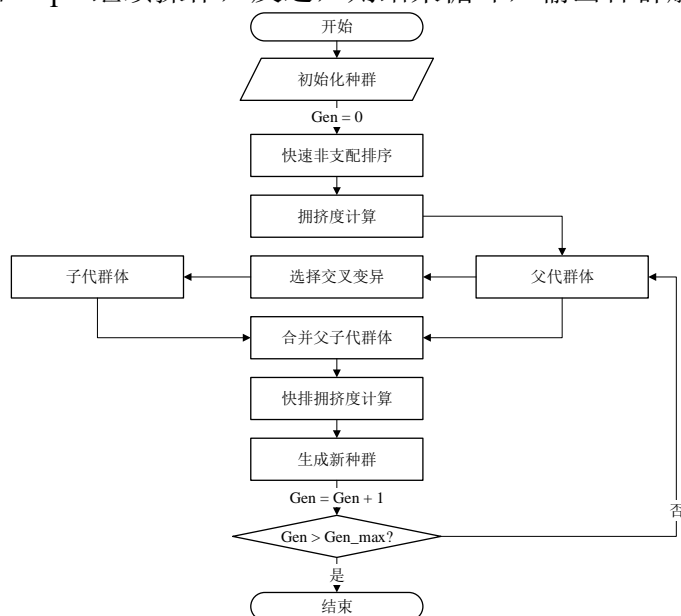


图 2-3 遗传算法 NSGA-II 流程图

已有的 NSGA-II 算法在解决多目标问题上有着优良的性能和效果，但是还存在着几点问题，一是种群迭代过程中容易产生重复个体，导致种群多样性变低，二是种群生成方式具有一定局限性，导致种群分布不均匀，三是计算时间复杂度偏高。在考虑优化上述三点问题的基础上，结合本文所提出的人员匹配问题，将会对算法进行进一步改进。

## 第3章 研究模型构建与算法优化

前文已经对本文研究问题提出背景、研究现状与研究方法进行了介绍，本节主要针对前文描述的研究框架与方法设计进行具体实践，包括介绍研究对象数据源描述，模型构建与算法优化等。

### 3.1 数据源

本文服务识别问题实现主要数据来自国内知名照护平台“Y公司”，该平台是专注居家(包括医院)专业照护服务品牌。公司以“互联网+服务”业务模式，聚焦慢病等老年人群，为老年用户提供专业照护服务，打造中国智慧专业照护服务领先品牌。而现今照护行业的主流是上门照护。因此Y公司通过平台提供上门照护是其主要服务场景。由于平台成立时间较早，积累了较多服务数据，其中主要包括长期照护与短期照护两类服务内容相关的订单数据。

本文聚焦Y公司平台上门照护服务领域关键流程—服务分类与人员匹配两个环节，利用资源整合理论为理论视角，对二者进行整合与优化。Y公司提供的照护服务分别为“生活照护”、“慢病照护”、“居家术后照护”、“康复照护”、“认知症照护”与“渐进性肌无力照护”等。不同照护类型侧重的服务内容有所不同，价格也有所差异，就平台现在的服务接单情况来看，大多数用户都会选择性价比最高的“慢病照护”服务，但实际的服务内容要求却相去甚远，其中大多数被照护的老年人需求的服务囊括了“术后”、“康复”、“认知症”、“肌无力”等各类照护，因此存在护工服务内容与所获报酬不平衡的现象，极大挫败了服务双方的公平感。这种情况的产生，对于用户来说，平台却没有提供能够让用户根据老人身体情况选择多项需求的选项，而是只能选择一项特定的服

务，并且用户也不太确定自己有哪些服务项可以选择；对于平台来说，由于处于起步初期阶段，更多考虑的是用户的便利，对护理员的公平感缺乏关注，在当今护理人员稀缺且受尊重感低的大环境下，更应该多关注护理员侧的需求，因此借助智能算法对用户需求进行识别给出具体服务建议是十分有必要的。

在应用中，用户不能直接预约心仪的护理员，需要对接管理老师进行服务要求描述与护理员分配，其中的人员匹配多是依靠管理老师的个人经验和主观感受，平台在其中扮演的角色和作用更多是数据展示，而非智能辅助决策，平台实现的更多是信息化呈现，而非智慧化支持，因此借助智能算法对服务双方进行有效匹配提高双方满意度是十分有意义的。

为解决优化以上问题，本文作者所处实验室与 Y 公司平台合作，平台为实验室提供了其建立以来各类真实数据共三大类，包括订单数据与护工数据等共计 3 万余条。本文重点关注其中的月月护——长期照护数据，长期照护数据有 1 万余条，主要包含字段如表 3-1 所示。

表 3-1 长期照护数据字段

ID		被护理人相关		服务相关	
字段名	属性	字段名	属性	字段名	属性
订单 ID	数字	年龄 (岁)	数字	创建时间	日期
用户 ID	数字	性别	字符串	下单服务 时间	日期
被护理人 ID	数字	体重(斤)	字符串	下单时长	字符串
老师 ID	数字	身高	字符串	订单状态	字符串
		市	字符串	评价状态	字符串
		区	字符串	评价星级	数字
		自理能力	字符串	评价标签	数字
		需求标签	字符串	评价内容	字符串
		病情	字符串	产品等级	数字
				护理类型	字符串

为了更好了解数据整体情况，本文从数据集中选取部分字段进行描述性统计分析，分别从护理人角度与订单角度进行分析。

首先是被护理人性别与年龄分布情况，如表 3-2 所示，为被护理人性别分布，女性与男性占比差距不大，但是女性占比略微高于男性。

表 3-2 被护理人性别

	频率	百分比	有效百分比	累积百分比
女士	5730	52.95%	52.95%	52.95%
先生	4587	42.39%	42.39%	95.34%
其他	504	4.66%	4.66%	100.00%
总计	10821	100.00%	100.00%	100.00%

如图 3-1 所示，为 50-110 岁中老年用户年龄分布情况，从频率图可以看出，平台用户年龄在 50-100 岁之间逐步递增，说明平台更加得到高龄用户的需要，高龄老年人身体情况更加复杂多样，因此需要更加个性化服务提供。

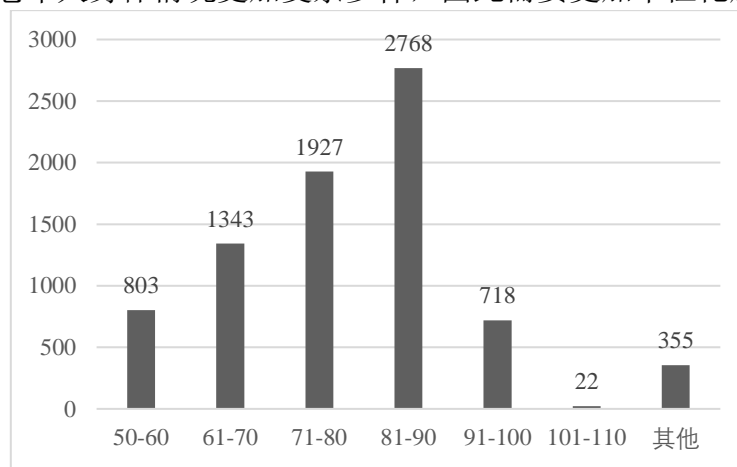


图 3-1 老年人年龄分布

在用户自理情况方面，如表 3-3 所示，主要分为“不能自理”、“部分自理”与“完全自理”三类，其中，三类的占比相差不大，“完全自理”的老年用户最多，“不能自理”的老年用户最少，但是将三类转化为“自理”与“非自理”来看的话，还是“非自理”的老年用户占比更多，这些老年用户更加需要除“慢病服务”之外的其他特殊服务。

表 3-3 用户自理情况

	频率	百分比	有效百分比	累积百分比
不能自理	2921	29.38%	29.38%	29.38%
部分自理	3145	31.64%	31.64%	61.02%
完全自理	3875	38.98%	38.98%	100.00%
总计	9941	100.00%	100.00%	

下面是与订单相关的描述性统计，如表 3-4 所示，为用户下单时间段分布，从表中可以看出，用户下单时间主要集中在白天，且在上午下单的频次是下午的两倍，夜晚下单次数虽不比白天，但仍占据了总数的近 15%。

表 3-4 下单时间段分布

	频率	百分比	有效百分比	累积百分比
上午	6131	56.70%	56.70%	56.70%
下午	3097	28.60%	28.60%	85.30%
晚上	1125	10.40%	10.40%	95.70%
半夜	468	4.30%	4.30%	100.00%
总计	10821	10000.00%	10000.00%	100.00%

如表 3-5 所示，为平台的订单状态情况，包括“服务中”、“已接单”、“已取消”与“已完成”四类，其中，“已完成”状态的订单量最多，占比近三分之二，但是“已取消”订单也有 3303 单，占比近三分之一，说明可能存在用户对平台操作不熟练、服务不熟悉、沟通不顺畅、照护人员不满意等情况从而导致用户取消订单，“已取消”状态越多，代表用户对平台的满意程度较低，因此本研究是具有实际意义的。

表 3-5 订单状态

	频率	百分比	有效百分比	累积百分比
已接单	153	1.40%	1.40%	1.40%
服务中	401	3.70%	3.70%	5.10%
已完成	6965	64.40%	64.40%	69.50%
已取消	3301	30.50%	30.50%	100.00%
总计	10821	100.00%	100.00%	100.00%

如表 3-6 所示，为用户选择的护理类型分布，从表中可以看出慢病照护的订单最多，其余类型如肌无力、居家术后、康复、认知症与生活等订单都远远低于慢病照护。但是通过观察用户病情描述数据可以得知，大多数选择慢病照护服务的用户实际所需求的服务还包括了肌无力、居家术后、康复、认知症与生活等。因此，为了提高平台服务标准化程度，增加公平感与照护人员受尊重感，探寻服务分类识别研究是有必要的。

表 3-6 护理类型

	频率	百分比	有效百分比	累积百分比
慢病	5673	52.43%	52.43%	52.43%

生活	3454	31.92%	31.92%	84.35%
康复	994	9.19%	9.19%	93.53%
居家术后	374	3.46%	3.46%	96.99%
认知症	190	1.76%	1.76%	98.74%
肌无力	136	1.26%	1.26%	100.00%
总计	10821	100.00%	100.00%	100.00%

除了上述结构化字段的描述统计外，平台还存在病情、需求标签与评价内容等非结构化文本数据，病情主要为老年人对所需服务和护理人员的具体描述，需求标签为平台所整理的用户特殊照护要求标签集合、评价内容为服务完成后用户对照护人员的评价，但是评价内容文本较少，平台后续可以进行用户评价激励，因为评论是了解护工表现的重要途径，综上所述，因为非结构化文本数据具有较高分析挖掘价值，后续研究将主要对其进行分析。

病情描述、需求标签样例如图 3-2、图 3-3 所示。

身体情况：有轻微的阿尔兹海默症，意识清楚，有高血压，心脏不好，护理员要求：需要提醒老人喝水吃药，脾气性格好，做家务，做饭。干净利落的。两位老人都80多岁，女老人行动不便，上厕所需要搀扶，男老人都能自理，护工要求：女护工，不住家。  
 脑梗，有气切，胃管，需要吸痰。体重：150斤左右。护工要求：女护工，会吸痰，护理经验丰富。  
 身体情况：家里两位老人，女老人完全自理，男老人帕金森长期卧床僵持 睡眠颠倒 需要吸痰，凌晨4点需要翻身预防褥疮，需要按时吃药，按时喂辅食，找住家护老阿姨，专业护工，男老人90岁，身高165，体重80公斤，中风后需借助助行器行走，晚上系尿袋，需要阿姨起夜两三次倒尿袋，照顾老人为主找保姆，老人都能自理，心脏不太好，就是陪着老人，照顾日常，帮助做饭做家务。护工要求：女护工，岁数大点的，会做饭。  
 身体情况：因脑梗住院，有鼻饲，身高：160，体重：100多，护理员要求：有力气的，经验的，态度好的，耐心的，女护工  
 身体情况：82岁，刚做完手术，小腿截肢，男老人，需要护工翻身，测血糖血压体温，女护工。  
 身体情况：偏瘫住院，有高血压糖尿病，无管路。身高163，体重120，护理员要求：耐心，麻利的女护理员。  
 我是一个高位截瘫病人，双下肢不能动，胳膊能动，但手指不能动。吃早饭需要协助进食，中午，晚饭自理。坐轮椅出行，上下轮椅需要抱。小便需要尿90岁，半自理。保姆要求：需要给老人洗澡，有时候大小便失禁，做饭，打扫卫生。做饭是要做一家人的饭，五个大人俩孩子。四十至五十岁之间，干净  
 身体情况：93岁，半自理，需要扶起可以吃饭来，基础病，上厕所需要助步器 护工要求：山西陕西河南  
 身体情况：腰椎手术失败导致不能上下床，需要抱上抱下。护工要求：有经验，有力气，需要抱上报下  
 身体情况：先生，70多岁，半自理，有糖尿病，脑中风，腿肿需要护理员按摩一下，护工要求：女护工，不住家的。请白天联系用户

图 3-2 病情描述-Y 平台数据

自理  
 卧床  
 卧床  
 被护理人需求标签  
 卧床  
 脑卒中(脑中风)  
 卧床、骨关节置换  
 卧床、脑卒中(脑中风)、胃管、尿管  
 卧床、胃管  
 半自理、卧床、脑卒中(脑中风)  
 半自理、记忆力紊乱、作息失常、帕金森  
 卧床  
 半自理、记忆力紊乱、帕金森  
 脑卒中(脑中风)、胃管  
 半自理、其他手术  
 半自理  
 癌症

图 3-3 需求标签-Y 平台数据

### 3.2 领域词典

在对数据源进行基本描述之后，本节将进行两个研究问题的模型构建，主要分为四个部分，第一部分进行研究问题 1 的领域词典构建与指标扩充，第二部分构建研究问题 1 服务识别框架，第三部分构建研究问题 2 的双边匹配模型，第四部分进行遗传算法求解优化。

上一章已经对领域词典定义、构建方法及应用领域进行了综述，构建方法包括利用语料库统计信息、利用其它词典以及基于网络开放数据源，结合本文研究问题所涉及的养老照护领域尚无现成的专业领域词典的现象，本文拟利用外部数据源（网络开放数据源+语料库统计信息）结合平台数据进行领域词典构建。

在外部数据源的选取上，本文主要选择了清华大学开放中文词库（THUOCL, THU Open Chinese Lexicon）中的医学专业词库以及养老与照护相关量表。

量表是一种对受访者进行事件或状态测量的研究工具，其用词专业，框架完整，通常包括了被测定事件的各个方面，量表的研制通常需要经过大量的假设、实证与检验，如茅范贞<sup>[80]</sup>（2015）等在参考国外多类量表的基础上构建符合中国国情的老年健康功能评定量表，其中运用了包括文献研究、德尔菲法与问卷调查等多种研究方法，得出一套简洁有效的量表；顾建丽等<sup>[81]</sup>（2017）研究了 Barthel 指数评定量表在老年人护理分级中起到的有效作用，实验结果表明，经过了量表护理分级的老人受到的护理质量越高，满意度更好，因此证实了量表及护理分级的有效作用。综上所述，量表具有高度凝练性与代表性，在养老照护领域，对老年人身体情况或者护理需求进行测量时，都离不开养老照护量表的辅助，为了尽量多地涵盖养老相关量表作为领域词典构建语料库，本文选择了梅斯医学（MedSci）医学计算器网站，其中详细涵盖了包括“老年医学”在内的医学各科量表，本文对“老年医学”标签的量表进行了全选，进而浏览并收集了其他各科中与老年护理相关的量表，最后整合成老年照护量表语料库，如表 3-7 所示，共包含《老年人情感状态抑郁评分表（GDS）》、《SF-36 生活质量量表》及《患者自理能力评估表》等共计 43 份量表，共计 20660 字。

表 3-7 老年照护量表列表

1	老年人情感状态抑郁评分表（GDS）
---	-------------------



2	SF-36 生活质量量表
3	患者自理能力评估表
4	老年患者骨折风险评分 (FRISK 得分)
5	简易营养评估量表 (Mini-Nutritional Assessment, MNA)
6	疲劳量表-14(FS-14)
7	老年痴呆晚期疼痛评估量表 (PAINAD)
8	成人跌倒风险评估量表(Morse 量表)
9	老年肿瘤患者化疗毒性预测
10	Morse 跌倒危险因素评估量表
11	衰弱症的诊断标准 (基于 FRIED,台湾改良标准)
12	深静脉血栓 (DVT) Autar 评估表
13	胸痛风险评分
14	Edmonton 虚弱量表
15	成人社区获得性肺炎严重性评分
16	成人并存疾病评价指数 27(ACE-27, Adult Comorbidity Evaluation 27)
17	Holden 步行功能
18	全面衰退量表(Global Deterioration Scale, GDS)
19	微营养评估(MNA-SF 评分)
20	埃德蒙衰弱量表 (EFS)
21	洛杉矶院前卒中筛查 (LAPSS)
22	田中靖久颈椎病症状量表
23	PICC 置管人群导管相关血行感染风险预测 (MPC 得分)
24	褥疮危险度分级评分(Norton)
25	巴氏生活功能量表/巴氏指数
26	Braden 压疮评分表
27	HSS 膝关节评分标准
28	Borg 呼吸困难评分
29	Hachinski 缺血指数量表(HIS)
30	Fugl-Meyer 平衡评估量表
31	慢阻肺风险七项评估量表
32	卒中病人运动评分标准 (MAS)
33	改良呼吸困难指数 (mMRC)
34	肺动脉高压患者 WHO 功能分级(FC)
35	健康促进生活方式量表(HPLP-C)
36	糖尿病患者自我管理知识、态度和行为评价量表
37	糖尿病患者态度量表(DAS-3)
38	内科住院患者静脉血栓栓塞症危险因素 padua 评分标准
39	便秘患者生活质量量表(PAC-QOL)
40	肺栓塞严重指数(PESI)评分
41	肺炎严重指数 (PSI) 分级
42	健康促进生活方式量表(HPLP-II)
43	糖尿病人群对比剂肾病风险评分(Chen Score)

---

THUOCL 是由清华大学自然语言处理与社会人文计算实验室整理推出的一套高质量的中文词库，词表来自主流网站的社会标签、搜索热词、输入法词库等。其中包括“医学”在内的如“财经”、“成语”等词库共 11 类，由于老年照护中含有大量关于老年疾病的医学名词，为进一步提高老年照护量表语料库的分词效果，本文采用 THUOCL 中的医学词典作为用户词典。如图 3-4 所示，词库一行包括两列，左侧是词汇，右侧是词频。

低血糖	2274
心绞痛	2272
生物医学	2268
主动脉	2262
检出率	2259
脂肪肝	2257
数据管理	2250
循环系统	2247
麻疹	2242
适应症	2239
中医学	2233
生物安全	2229
高位截瘫	2227
胃痛	2223
水生植物	2214
肠梗阻	2213
生长期	2212
白细胞	2204
耐药	2200
社区医疗	2199

图 3-4 医学词典 (THUOCL)

接下来要做的就是利用三类数据源——老年照护量表语料库、清华大学中文开放医学词库与 Y 公司平台用户病情描述数据进行领域词典构建，具体流程如图 3-5 所示。

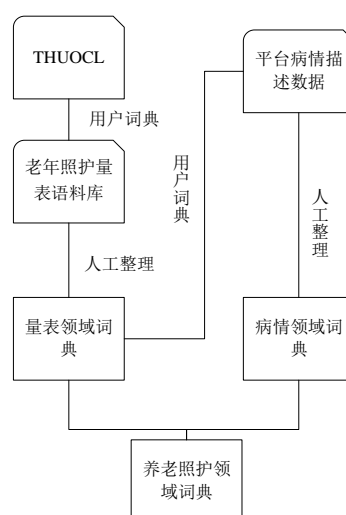


图 3-5 领域词典构建流程

除医学名词词库外，需要对老年照护量表语料库与 Y 公司平台用户病情描述数据进行数据预处理，在进行数据剔除缺失值，去重等一系列操作后，得到待分词文档，照护量表语料库共 1204 条 17184 字，Y 公司病情描述数据共 3482 条 231180 字。根据流程图，以医学词库作为用户词典，停用词词典选用的是哈工大开放停用词词典，对量表语料库进行分词，并统计词语频数，得到初步分词结果，一共分得 2007 个词语，然后进行人工组合筛选等操作，进一步确认词典包含的词语都是老年照护领域相关词汇，保留 808 个词语。如图 3-6 所示。

精力充沛  
情绪低落  
困扰  
性别  
食欲不振  
消化  
吞咽困难  
早餐  
疲惫  
腹痛  
主观  
类型  
性质  
恶性肿瘤  
骨密度  
头脑  
清晰  
出门在外  
卫生间

图 3-6 领域词典—照护量表

然后将得到的初步领域词典作为用户词典，对病情描述数据进行分词，分词后得到词语共 4970 条，因为病情描述数据其专业性及凝练性不及量表数据，因此本文采取帕累托法则（二八法则，关键少数法则）按照频数对分词结果选取前 20% 的词汇，再对得到的分词结果做人工筛选组合，保留名词动词形容词等有具体含义的词，保留 644 个词汇，最后将结果补充进初步词典中，在进行数据去重，最后得到本文的养老领域词典——共 1288 个词汇，如图 3-7 所示，然后在词典基础上后续可以选择高频词汇进行平台指标扩充。

护工,2325  
 身体,2011  
 情况,1872  
 老人,1638  
 不能自理,1469  
 女护工,1367  
 部分自理,1062  
 完全自理,1017  
 做饭,988  
 卧床,908  
 岁,704  
 自理,677  
 护理员,657  
 护理,648  
 半自理,582  
 协助,525  
 经验,516  
 手术,465  
 大小便,460  
 医院,414  
 耐心,397  
 男护工,386  
 力气,386  
 体重,374

图 3-7 养老照护领域词典

领域词典构建与完成后，将进行第二部分服务识别框架构建，为了验证养老照护领域病情文本数据适合的分类方法以及领域词典的有效性，本文将是否使用领域词典分词作为控制变量，分别探究其在机器学习与深度学习框架模型中的各项指标。总的框架流程、数据准备与实验设计见第四章。

### 3.3 指标构建及满意度求解

前文已经对研究问题 1 的领域词典及服务识别框架做了简述，通过研究问题 1 扩充的指标体系与识别的服务分类，将分别作为研究问题 2 的满意度评价指标与约束性指标，从而限制目标函数进行全局最优值求解。

要做双边匹配的研究，首先需要了解老年人和照护人员的各自期望，以及他们自身的状况信息，本部分主要阐述提双边匹配满意内涵以及满意度计算方法。

在介绍多指标和满意度计算的方法之前，需要对多指标、满意度和双边匹配之间的关系做一个简单的介绍。第一章研究现状部分关于双边匹配的研究回顾中已经提及，双边匹配问题存在关于多属性决策问题的研究，与序值方法通过序值数值大小体现满意程度相比，多属性具有主体满意程度描述更加具体、且能够差异化衡量的优点，并且在养老照护领域，通过多指标评价体系来对各

自理想对方主体进行刻画更加符合实际，因此本文选择多属性决策作为双边主体满意度衡量标准。多属性问题分为双边主体具有“相同指标体系”和“不同指标体系”两种类型。

关于“相同指标体系”的一个例子是婚姻匹配，相亲网站中男女双方需要填写的评价指标是同一套体系，其中包含个人基本信息，比如年龄、学历等；而本文研究的老年人与照护人员之间的双边匹配问题是双方主体各自拥有不同的指标体系。因为老年人和照护人员在匹配中需要满足不同的期望，比如老人看重服务人员的服务水平、学历程度等，而照护人员更加看重老年人的自理能力、薪酬水平等。

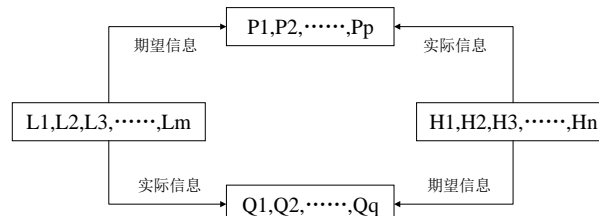


图 3-8 不同指标体系

图 3-8 为多属性决策不同指标体系的示意图，图中 L 与 H 分别代表老年人与照护人员两边主体，其中，L 与 H 的评价指标体系分别表示为 P 与 Q。从图中可以看出，老年人与照护人员各自拥有不同的指标体系，双边主体需要分别给出自身指标体系下的期望信息和对方指标体系下的实际信息。而满意度通过计算期望信息和实际信息之间的差距得到，见式(1)(2)：

$$\alpha_{ij} = \sum_{k=1}^p W_k (L_i(P_k) - H_j(P_k)) \quad (1)$$

$$\beta_{xy} = \sum_{k=1}^q M_k (H_x(Q_k) - L_y(Q_k)) \quad (2)$$

如式 1 所示， $\alpha_{ij}$  表示老年人  $L_i$  对照护人员  $H_j$  的满意度，W 为老年人  $L_i$  对于指标体系下不同指标的看重程度即权重，W 之和为 1， $L_i(P_k) - H_j(P_k)$  表示在指标  $P_k$  下老年人  $L_i$  的期望信息  $L_i(P_k)$  与照护人员  $H_j$  的实际信息  $H_j(P_k)$  之间的差值。 $\beta_{xy}$  表示照护人员  $H_x$  对老年人  $L_y$  的满意度，关于其他参数的理解与  $\alpha_{ij}$  同理。

在介绍完评价指标体系与满意度的关系之后，关于差值的计算，由于不同指标具有各自的属性，比如实数、区间数等，需要用到多属性决策方法进行计算得到满意度。而满意度作为双边匹配的优化目标具有重要的作用。

本文对正在运行的照护平台（如爱依、阿姨帮等）中的服务选择指标进行了调研和比较，结合现有文献<sup>[82][83]</sup>中重点提及的指标，形成了初步的指标体系。为了更好地理论结合实际，得到具有实用价值的照护双边匹配评价指标，本文与 Y 公司的 3 名业务专家和学术界 2 位专家组成研究小组，采用焦点小组访谈法针对基于文献提出的初步指标体系进行了深入地讨论，并对指标进行了修改与完善，然后结合领域词典进行了指标扩充，对于领域词典，因为词语主要来自量表与病情描述文本，由于文本量的不同频率具有较大差异，因此先对二者进行了归一化处理，然后对二者按照数值从大到小进行排序，进行根据领域词典内容，使用人工的方法按照语义对词语进行分类，如表 3-8 所示，主要划分为“对象”等 11 类，并且每一列从上至下是按照归一化之后的数值大小进行排序的，从一定程度上能够反映不同词语的相对重要程度。

表 3-8 领域词典分类—大类

对象	疾病	自理	行走	食物	技能	手术	护工	老人	认知	条件
患者	疾病	不能自理	行走	做饭	排便	手术	耐心	体重	忘记	晚上
护工	糖尿病	部分自理	活动	食物	失禁	医院	力气	心理	描述	打扫卫生
老人	疼痛	完全自理	步行	进食	大小便	检查	护理经验	身高	记忆	外出
病人	缓解	卧床	运动	家务	药物	康复	熟悉	肥胖	语言	住家
护理员	治疗	上肢	站立	营养	鼻饲	术后	细心	抑郁	痴呆	不住家
男护工	血糖	半自理	轮椅	食量	尿管	监护	经验丰富	衰弱	沟通	白天
女老人	呼吸困难	卧床	跌倒	吃饭	大便	内科	干净	年龄	意识	地址
男老人	肿瘤	侧卧	平衡	饮食	翻身	化疗	年龄	睡眠	认知	来电
医务人员	麻木	下肢	手杖	喂饭	厕所	出院	脾气好	精力充沛	注意力	春节
女护理员	慢性	患侧	锻炼	两餐	吸痰	住院	勤快	情绪低落	老年痴呆	作息
配偶	中度	健侧	走路	取食	器具	康复训练	东北	焦虑	头脑清晰	疗养院

病人	脑梗	卧床不起	拐杖	食欲不振	洗澡	外科手术	普通话	清醒	记忆力	白班
女士	重度	躯体	保持平衡	吞咽困难	服药	入院	性格	脾气	回忆	联系电话
有伴	急性	下床	爬楼梯	早餐	搀扶	打点滴	河南	易怒	糊涂	面试
亲人	骨折	卧位	活动度	水果	胃管	急救	清洁	力不从心	阿尔兹海默症	夜间
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...

接着对每一类下面进行子类划分，从而寻找各类具体并具有特色的指标，如表 3-9 所示，其中标粗体词汇为该子类的名称，从中可以看出，大多数指标都是以往研究与实践中涉及到的，表中还对许多服务进行了细化，比如与“行”有关的细分为“行走、跌倒、助行器与锻炼”四类，“食”细分为“（护工）做饭、食物、营养、（老人）吃饭、买菜”五类，对“护理”具体内容进行了细分，但还存在诸如照护人数（配偶、亲人）、地址（疗养院、医院、居家等）、护工的口音（普通话）、文化（学历）、力气（劲大）以及老人的体重与睡眠等指标值得考虑在内。

表 3-9 领域词典分类—子类

对象	疾病	自理	行走	食物	护理	手术	护工	老人	认知	条件
老人	疾病	自理能力	行走	做饭	大小便	医院	性格	体重	老年痴呆	晚上
患者	糖尿病	不能自理	步行	两餐	排便	手术	耐心	肥胖	忘记	白天
病人	肿瘤	部分自理	站立	早餐	失禁	检查	细心	身高	描述	白班
女老人	脑梗	完全自理	走路	三餐	尿管	康复	脾气好	心理	记忆	夜间
护工	症状	卧床	跌倒	食物	药物		护理经验	抑郁		打扫卫生
护理员	疼痛	上肢	摔了一跤	水果	服药		熟悉	情绪低落		保洁
男护工	呼吸困难	侧卧	摔跤	蔬菜	吃药		经验丰富	焦虑		打扫
女护理员	麻木	下肢	助行器	面食	降糖药		技能	精力		外出
医务人员	强度		轮椅	营养	鼻饲		年龄	衰弱		上户

护士	中度	手杖	脂肪	吸痰	年轻	精力充沛	上门
营养师	重度	拐杖	钠盐	胃管	东北	清醒	住家
医护人员	急性	锻炼	油脂	气切	河南	年龄	不住家
配偶		保持平衡	吃饭	翻身	甘肃	睡眠	住宿
老伴		爬楼梯	饮食	搀扶	南方人	耳背	地址
老两口		活动度	取食	擦身	普通话		疗养院
亲人			食欲不振	按摩	口音		街道
家人			买菜	洗澡	文化知识		居家
家属			调理	梳头	素质		来电
孩子			喂饭	穿衣			联系电话
				刷牙	学历		座机
				器具	身体健康		联系方式
				支具	健康证		春节
				辅具	有劲		过年
				矫形器	劲大		面试
							价格
							报价
							价钱

综上，本文最后得到了一套完整的且具有照护平台特色的双边匹配评价指标体系，如表 3-10 和表 3-11 所示。双边主体分别拥有各自的评价指标体系，并且每套指标总体分为满意性指标和约束性指标两类。

在老年人与照护人员的双边匹配中，老年人的满意度主要来自所匹配到的照护人员是否符合其需求，因此老年人在其评价指标体系下的期望信息是对理想照护人员的描述，每位待匹配的照护人员需要在该指标体系下给出自身的实际信息，从而得到每位老年人对应每位照护人员的满意度，照护人员满意度同理。



表 3-10 老年人评价指标

指标维度	指标名称	指标类型	指标含义	抽象化表示方法
技能 / 知识	服务内容匹配 P1	约束性	老年人对照护人员的五类服务需求：慢病、肌无力、认知症、生活、康复、术后及是否需要特殊照护技能（鼻饲、吸痰等）	0-1 变量
	照护人员级别 P2	满意性	照护人员的五种服务专业程度：见习、初级、中级、高级、技师五种	语言变量
	经验熟悉程度 P3	满意性	照护人员的过往护理经验，体现为接单量	实数
	照护人员年龄 P4	满意性	照护人员的年龄	区间数
硬性条件	照护人员学历 P5	满意性	照护人员的五种学历：文盲、小学、初中、高中、本科及以上	区间数
	照护人员性别 P6	满意性	照护人员的性别，分为男性和女性	0-1 变量
	照护人员籍贯 P7	满意性	照护人员的籍贯地区，分为华北、东北、华东、华南、西北、华中、西南	0-1 变量
	照护人员口音 P8	满意性	照护人员是否能讲普通话，分为普通话与方言	0-1 变量
软性条件	照护人员口碑 P9	满意性	照护人员的服务好评情况，包括对其提供服务质量高低与否评价情况。分为一般、良好、好三种	语言变量
	性格素质标签 P10	满意性	过往老年用户（护理对象）对照护人员的性格素质标签评价，包括耐心、细心、老实等	0-1 变量
	身体素质标签 P11	满意性	过往老年用户（护理对象）对照护人员的身体素质标签评价，包括有劲、有健康证等	0-1 变量

如表 3-10 所示，老年人评价指标大体可以分为 3 个维度 9 个类别，在表中罗列出了具体的 3 个维度以及对应所属每个指标的类型及其含义，最右侧的“抽象化表示方法”是该指标的属性形式，用于后面多属性决策的满意度计算。在表中，指标 P1 是约束性指标，使用集合  $F$  表示照护人员的服务内容分类，使用研究问题 1 的服务识别内容作为参数， $F = \{F^1, F^2, \dots, F^l\}$ ，为 0-1 变量，表示照护人员或老年人是否具备或需要此项服务。只有实际提供服务内容满足

老年人所需的服务内容的照护人员才能够与老人进行匹配，供需服务内容不符的不能达成匹配；其余指标为满意性指标，用于后续满意度计算。

与老年人评价指标类似，照护人员评价指标大体可以分为 3 个维度 9 个类别，在表 3-11 中罗列出了具体 3 个维度及对应所属每个指标的类型及其含义。照护人员的满意度主要来自所匹配到的老年人是否符合其需求，因此照护人员在其评价指标体系下的期望信息是对理想老年人的描述，每位待匹配的老年人需要在该指标体系下给出自身的实际信息，从而得到每位照护人员对每位老年人的满意度。

表 3-11 照护人员评价指标

指标维度	指标名称	指标类型	指标含义	抽象化表示方法
服务要求	服务时薪 Q1	满意性	照护人员服务单位时间（1 小时）的期望薪资	实数
	服务数量 Q2	满意性	照护人员所提供的服务内容数量，分为助餐、助浴、助洁、助急、助医、助行中的 1-6 种	实数
	<u>服务时间 Q3</u>	约束性	照护人员可提供服务的时间	0-1 变量
服务对象	老人年龄 Q4	满意性	老年人的年龄	区间数
	特殊疾病 Q5	满意性	老年人是否患有传染病等特殊疾病	0-1 变量
	自理情况 Q6	满意性	老年人的自理程度，分为自理、半自理和无自理	语言变量
服务环境	服务人数 Q7	满意性	所需服务老人的数量	实数
	是否食宿 Q8	满意性	照护人员是否需要在老人家里用餐和留宿	0-1 变量
	<u>附加条件 Q9</u>	满意性	照护人对服务中的其他个人需求，分为是否有独立的休息时间（休假）、空闲等	0-1 变量

如表 3-10、表 3-11 下划线标注的指标所示，对于本文的双边匹配，最基本的约束性条件——也就是必须满足的条件是服务内容和服务时间的匹配。以一周七天为单位，老年人需要照护人员进行工作的时间必须与照护人员的空闲时间相匹配，定义时间集合为  $T = \{T_1, T_2, \dots, T_7\}$ ，为 0-1 变量，表示照护人员或老年人在某天是否有空闲或需要服务。除了服务内容和服务时间这两个约束性指标，还有一系列服务满意性指标需要考虑。

设老年人需要考虑的指标集合为 $P = \{P_1, P_2, \dots, P_{11}\}$ ，包括服务内容、照护人员级别、经验熟悉程度等，且需要给出相应指标下的期望信息及权重，相应地，平台让参与匹配的照护人员给出在这些指标下的实际值。设照护人员需要考虑的指标集合为 $Q = \{Q_1, Q_2, \dots, Q_9\}$ ，包括服务时薪、数量、时间、老人年龄、特殊疾病、自理情况、服务人数、是否食宿、附加条件等，且需要给出相应指标的期望信息及权重，而平台会让参与匹配的老年人给出这些指标的实际信息。

考虑到老年人所需要的服务内容（技能）数较多，且会按照自身的自理能力对服务内容和数量有不同要求，本文考虑照护人员具有多种技能的情况，如果仅让照护人员提出一种预期方案的话，拥有较多技能的照护人员所提出的预期薪酬区间较大，这种情况下进行匹配可能会影响公平性，比如护理能力较强的照护人员既可以为无自理能力又可以为半自理能力的老年人服务，但是由于提供的服务技能数量和服务对象类型的差异，相应的预期价格可能会存在差异。因而，本文提出这样一种解决方案，即照护人员可以根据对自己能力的判断，制定两个（或多个）可以提供服务的方案，其中可以依据老年人的自理能力、需求服务技能个数或者老年人年龄段的不同，相应调整自己的预期薪资区间，使得匹配结果更加公平精确，具体示例如表 4-4 所示。

在参考李玉花<sup>[45]</sup> (2009)和段歆玮等<sup>[47]</sup> (2016)学者的研究基础上，本文考虑根据双方在各自满意性评价指标下的实际值和期望值之间的差异来代表满意度。满意度越高，匹配概率越大，使用多属性决策法进行满意值计算，不同指标信息有不同的属性形式，需要根据不同属性的性质分别进行满意度计算。而本文涉及到的指标属性形式分为实数、0-1 变量（组），区间数和语言变量四类。

在指标中存在实数的形式，比如本文的服务时薪、服务数量等。本文使用  $e$ （即 expected value）来表示一方主体的对某一属性的要求值，使用  $a$ （即 actual value）来表示一方主体对某一属性的实际值。

这里以服务时薪为例，该指标以实数形式表示，照护人员提出自身期望最低水平时薪，老年人提出自己实际承诺支付的时薪，老年人  $L_i$  能够支付的实际时薪  $a_i$ ， $a^u$  为所有老年人所承诺时薪中的最大值，照护人员  $H_j$  的期望最低工资为  $e_j$ 。所以薪资满意度  $\lambda_{ij}$  见式(3):

$$\lambda = \begin{cases} 0.5 * \frac{a_i}{e_j}, e_j > a_i \\ 0.5 + 0.5 * \frac{a_i - e_j}{a^u - e_j}, e_j \leq a_i \end{cases} \quad (3)$$

在指标中存在 0-1 变量（组）的形式，比如本文的性别，地区和食宿等变量。这里使用食宿变量作为 0-1 变量满意度示例。食宿向量可以表示为  $x_i = (x_1, x_2)$ 。以食宿向量为例，对于老年人( $L_i$ )来说，实际提供食宿向量表示为  $a_i = (a_1, a_2)$ ，照护人员( $H_j$ )的食宿权重向量表示为  $e_j = (e_1, e_2)$ ， $e_1$ 和 $e_2$ 分别表示照护人员对“包吃”和“包住”的看重程度。存在照护人员会对老年人提供的食宿情况有期望，且 $H_j$ 的食宿权重向量的表示有条件限制： $e_1 + e_2 = 1$ 。所以 $H_j$ 对 $L_i$ 的食宿满意值计算见式(4)：

$$\lambda_{ij} = e_1 a_1 + e_2 a_2, \lambda_{ij} \in [0,1] \quad (4)$$

在指标中存在区间数的形式，如本文的学历、年龄等，考察的满意值取决于期望区间和实际区间的覆盖程度，覆盖越大，满意度越大。这里以年龄作为区间数满意度计算示例。

对于年龄的考察存在这样一种情况，如果老年人的年龄实际值不在照护人员的期望区间以内，那么相比于所有其他不在期望区间内的老年人而言，照护人员对于距离该照护人员的期望年龄区间越近的老年人满意值相对来说应该更大，因此：已知 $(a^L, a^U)$ 为 $L$ 方中总的老年人实际年龄上下限区间， $(a_i^u, a_i^l)$ 为 $L_i$ 实际年龄区间，因为 $a_i^u = a_i^l$ ，因此这里表示为 $a_i$ ， $(e_j^l, e_j^u)$ 为照护人员 $H_j$ 期望年龄区间，则满意度计算见式(5)：

$$\lambda_{ij} = \begin{cases} 1, a_i \in (e_j^l, e_j^u) \\ \frac{a_i - a^L}{e_j^u - a^L}, a_i \in (a^L, e_j^l) \\ \frac{a_i - a^U}{e_j^u - a^U}, a_i \in (e_j^u, a^U) \end{cases} \quad (5)$$

在一些属性指标中，有时无法使用具体的数值表达自身的期望或者实际情况，比如个人好评程度，自理能力等，其往往需要一个对应的短语集合来代表相应分量，比如个人好评程度按照程度由低到高形成语言术语集合： $\{\text{低，一般，良，好，优秀}\}$ ，这样的短语集合叫做语言术语集，本文用  $S$  来表示，

$\{S = s_a | a = 0, 1, \dots, n\}$ , 其中,  $n+1$  叫做语言集的粒度, 如前面的个人好评程度就是一个 5 粒度的集合。语言术语集合的粒度一般为单数。

然后将语言变量转换成相应的三角模糊数, 再代入相应公式求得满意度, 语言集合  $S$  中语言分量  $s_a$  对应的三角模糊数的表示形式为:  $s_a = (r^1, r^2, r^3)$ , 具体计算见式(6):

$$s_a = (r^1, r^2, r^3) = (\max\{\frac{a-1}{n+1}, 0\}, \frac{a}{g}, \min\{\frac{a+1}{n+1}, 1\}) \quad (6)$$

由此可以得到粒度语言术语集合所对应的三角模糊数, 对于 A、B 两大双边主体而言, 主体  $A_i$  的关于语言术语集指标  $x$  的三角模糊数期望值  $e_i^x$  和主体  $B_j$  关于指标  $x$  的实际值  $a_j^x$  存在 3 种位置关系:  $e_i^x$  在  $a_j^x$  左侧,  $e_i^x$  在  $a_j^x$  右侧,  $e_i^x$  与  $a_j^x$  重合。通过二者之间的位置关系, 可以求得主体  $A_i$  在语言术语集指标  $x$  下对主体  $B_j$  的满意度, 相应满意度计算见式(7):

$$\lambda_{ij} = \begin{cases} 1 - \sqrt{\frac{(e_i^{xl} - a_j^{xl})^2 + (e_i^{xh} - a_j^{xh})^2 + (e_i^{xu} - a_j^{xu})^2}{3}}, & e_i^{xh} > a_j^{xh} \\ 1, & e_i^{xh} < a_j^{xh} \end{cases} \quad (7)$$

在介绍完上述指标满意度的具体计算方式后, 接着可以在上述各指标下分别进行满意度计算, 然后通过公式 1 和公式 2 得到双边主体相互的满意度值, 得到满意度值之后, 就可以进行双边匹配模型构建, 其中, 满意度值作为匹配优化目标的重要参数。

本文主要以稳定性和公平性为目标来衡量双边匹配方案。稳定性指的是匹配方案中双边主体满意度均最大化, 因为如果存在匹配主体对当前匹配不满意, 并且匹配双边主体进行新的匹配时各方的满意度均比原匹配更大的话, 则原匹配方案是不稳定的; 公平性指的是匹配方案中双边主体的满意度差异最小化, 因为匹配需要考虑到双边满意度的平衡, 不宜出现一方满意度过高, 另外一方过低等满意度差异过大的现象。

因为本文考虑的是双边具有不同评价指标体系的双边匹配问题, 因此其中  $L$  代表老年人集合,  $H$  代表照护人员集合,  $P$  代表老年人满意性指标集合,  $Q$  代表照护人员满意性指标集合,  $S$  代表照护人员多期望方案集合,  $w_p$  为老年人的期望属性权重,  $m_q$  为照护人员的期望属性权重,  $\alpha_{ijs}^p$  代表老年人  $L_i$  对照护人员  $H_j$  的期望方案  $s$  在属性  $p$  下的满意度,  $\beta_{ijs}^q$  代表照护人员  $H_j$  的期望方案  $s$  对老

年人 $L_i$ 在属性 $q$ 下的满意度，其中决策变量为 $x_{ijs}$ ，为0-1变量，0表示老年人 $L_i$ 与照护人员 $H_j$ 的期望方案 $s$ 不匹配，反之则匹配。

$$\text{Max}Z_1 = \sum_{i \in L} \sum_{j \in H} \sum_{s \in S} \sum_{p \in P} w_p \alpha_{ijs}^p x_{ijs} \quad (8)$$

$$\text{Max}Z_2 = \sum_{i \in L} \sum_{j \in H} \sum_{s \in S} \sum_{q \in Q} m_q \beta_{ijs}^q x_{ijs} \quad (9)$$

$$\text{Min}Z_3 = \sum_{i \in L} \sum_{j \in H} \sum_{s \in S} \sum_{p \in P} \sum_{q \in Q} (w_p \alpha_{ijs}^p - m_q \beta_{ijs}^q) x_{ijs} \quad (10)$$

**St:**

$$\sum_{i \in L} \sum_{s \in S} x_{ijs} \leq 7, \forall j \in H \quad (11)$$

$$\sum_{j \in H} \sum_{s \in S} x_{ijs} \leq 1, \forall i \in L \quad (12)$$

$$\sum_{p \in P} m_p = 1, m_p \geq 0, \forall p \in P \quad (13)$$

$$\sum_{q \in Q} w_q = 1, w_q \geq 0, \forall q \in Q \quad (14)$$

$$x_{ijs} = 1 \text{ or } 0, \forall i \in L, \forall j \in H, \forall s \in S \quad (15)$$

$$L_i(T) \in H_j(T) \quad (16)$$

$$L_i(F) \in H_j(F) \quad (17)$$

$$x_{kjs} = 1, x_{rjs} = 1, \forall s \in S, L_k(T) \cap L_r(T) = \emptyset \quad (18)$$

其中，式（8）-（10）为目标函数，式（10）与式（11）表示为达到匹配稳定性，最大化双方匹配满意度，式（10）表示为达到公平性，双方匹配满意度差值最小。

式（11）-（18）为约束条件，式（11）表示每个照护人员在一周内的服务时间天数不能超过7天；式（12）表示一个老年人最多匹配到一名照护人员；式（13）（14）表示双方各自所有属性指标权重之和为1；式（15）表示决策变量 $x_{ijs}$ 为0-1变量。

约束条件（16）-（18），前两条为时间约束，第三条为服务内容约束。 $T$ 代表服务时间， $F$ 代表服务内容，式（16）表示代表老年人所需要服务的时间必须在所匹配到的照护人员的空闲时间以内；式（17）代表照护人员 $H_j$ 所能提供的服务内容必须能够满足老年人 $L_i$ 需求；式（18）代表如果同一照护人员 $H_j$ 匹配到了两位或多位老年人 $L_k$ 与 $L_r$ ，那么所服务的老年人所需服务时间不能重合。

### 3.4 算法优化

在前面双边匹配模型的基础上可以得到匹配方案，本文把一个匹配方案叫做一组生成解，生成解中包含对双边主体的一组分配方案。设一组生成解为  $A$ ，其中包含  $x_{ijs}$  为 1 的解，代表老年人  $L_i$  与照护人员  $H_j$  的第  $s$  个期望方案进行匹配。

在上一小节多指标描述中已经指出，双边匹配模型中指标分为满意性指标与约束性指标，其中满意性指标用于满意度计算，约束性指标用于判断匹配方案中的生成解是否为可行解，在双边主体各自的满意度评价指标体系中各有一个约束性指标，总共形成 3 条约束性条件，均已列入上节双边匹配的约束条件中。

在进行匹配模型优化求解的过程中，除了充分最优化目标函数之外，还需要对生成解进行判断，满足约束性条件的生成解即为可行解，反之则为不可行解，不可行解不能形成最后的匹配方案。

观察约束条件式(11)-式(18)，可以简单从两个维度将约束条件分为三种类型：

决策变量维度：

(1) 与匹配个体相关的；

生成解维度：

(2) 与匹配双边总体相关的；

(3) 与匹配双边个体相关的。

如约束(11)-(15)属于类型(1)的约束条件，此类约束条件仅涉及到双边的个体匹配方案（即决策变量  $x_{ijs}$ ）；约束条件(16)-(17)属于类型(2)的约束条件，此类约束条件涉及到匹配双边总体之间约束是否满足（双边服务内容、服务时间是否满足）；约束条件(18)属于类型(3)的约束条件，此类约束条件涉及到匹配双边个体（照护人员服务的老年人）需要满足约束条件（时间不能冲突）。

第 2 章已经对遗传算法及 NSGA-II 算法做了介绍，它是遗传算法中专门用于多目标优化问题的经典算法，由 Deb 等在 2002 年提出<sup>[79]</sup>，在结合低维的问题时有较好的效果。由于本文是一个三目标（两个满意度、一个公平性）的优化问题，符合低维度的特征，因此适合使用 NSGA-II 算法进行双边匹配模型求

解，本节主要介绍 NSGA-II 算法以及在此基础上所做的多约束性条件处理的算法改进。

在遗传算法中，种群中的每个个体也叫做染色体，使用染色体编码可以对部分类型(1)的约束条件进行处理<sup>[84]</sup>，本文采取的染色体编码方式为整数编码。

染色体的长度为待匹配的老年人数量，染色体的顺位序数代表老年人的排列编号，染色体上的整数代表老年人所匹配到的照护人员的方案序数，从而满足了约束条件(13)，并且为了后续计算的方便，本文每位照护人员提出的多期望方案数设为 2。如图 3-9 所示，为一条染色体编码的示例，可以看出，总共待匹配的老年人共 8 名，其中，第 1 位的 9 表示编号为 1 的老年人匹配到的照护期望方案为 9（即编号为 5 的照护人员的第一个方案）的照护人员，其余位以此类推，这里需要注意的是，我们使用  $2n+1$  表示  $x_{ijs}$  为 0 的解，从而满足约束条件(15)。

9	11	2	4	6	3	9	7
---	----	---	---	---	---	---	---

图 3-9 染色体编码

图 3-10 为改进 NSGA-II 算法流程图，本文对 NSGA-II 算法的多约束条件处理方式在虚线框中显示，分为罚函数、随机可行解变化与种群多样性处理，具体细节在下文介绍。

在上一小节已经提出了本文的双边匹配模型约束条件，对于带约束条件的多目标遗传算法来说，主要的约束条件处理方法分为三类<sup>[85][86]</sup>：一是搜索空间限定法，适用于简单约束条件，如  $a < x < b$  等实数编码限定范围；二是罚函数法，它主要是对非可行解计算适应度并处以罚函数  $P(x)$ ，从而降低个体适应度，使该个体被遗传到下一代群体中的机会减少；三是可行解变换法，使生成解产生的个体能通过变换转化成解空间的可行解。由于本文的约束条件不是简单的实数限定范围约束，因此本文对搜索空间限定法不做探讨。

以前的研究采用不可行解修复策略主要适用的场景是实数遗传算法，使用修复手段主要为向可行解方向的步长搜索，而关于整数遗传算法相关的修复策略却鲜有研究。在本文研究问题的特殊背景下，结合双边匹配问题，我们提出



了面向整数编码的多目标遗传算法多约束条件处理方法，并试图总结出通用的整数约束处理框架，为后续研究提供思路支撑。

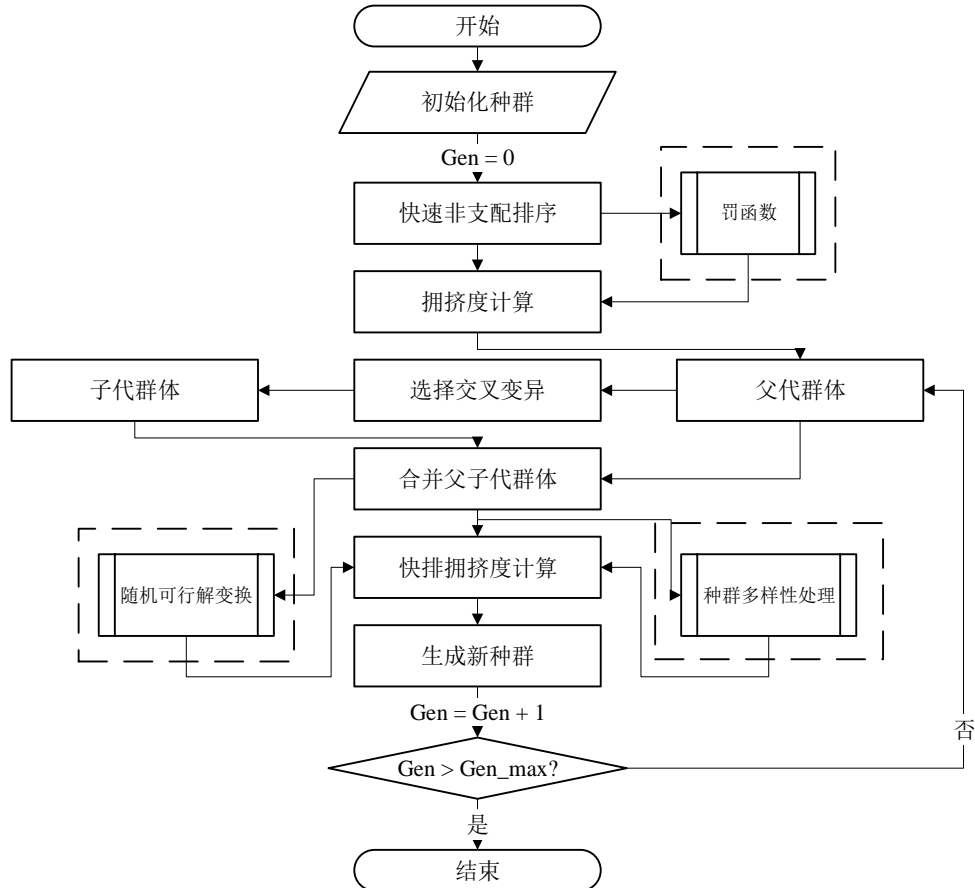


图 3-10 改进 NSGA-II 流程图

为了探索 NSGA-II 中不同约束条件处理方法对最终解的影响，本文分别在 NSGA-II 算法中应用（1）罚函数法（2）可行解变换法（3）罚函数法+可行解变换法对最终生成解的效果进行探索。

对于罚函数法来说，因为其主要是对生成解进行判断，如果是非可行解则对其处以罚函数，使其遗传到下一代的概率减小。本文将罚函数应用于快速非支配排序中，对种群中的每个个体分别对应约束性条件（16）-（18）计算违背程度，具体计算式如（19）-（21）所示：

$$WB_1 = \sum_{t=0}^T \sum_{L_{it} > L_{jt}} x_{ij} \quad (19)$$

$$WB_2 = \sum_{f=0}^F \sum_{L_{if} > L_{jf}} x_{ij} \quad (20)$$

$$WB_3 = \sum_{t=0}^T \sum_{L_{kj}=L_{rj}=1} x_{kj} \cdot x_{rj} \quad (21)$$

在快速非支配排序中，首先判断违背程度，如果两个个体违背程度不同，那么程度较低的生成解支配程度相对更高的生成解，在违背程度相同的情况下，再根据目标函数适应度值大小来确定个体之间的支配情况。因此，违背程度越大的生成解其层级优先度越低，被选择进行交叉变异的概率越低。这种方式通过优先顺序确定快速排挤掉非可行解，同时也保证非可行解的存在，保证了种群的多样性。

为了将生成解转化为可行解，本文提出一种随机可行解变换法，根据上文，我们可以进一步将整数遗传算法约束条件分为三类：

- (1) 编码设计阶段设定规则满足条件的约束
- (2) 不可行解逐个整体规模进行修复的约束
- (3) 不同解之间全局调整，互相牵制的约束

类型（1）已经在染色体编码阶段提出解决方案，下面主要针对后面两种类型，即面向不可行解的可行解变换法进行说明。

对于类型（2）的不可行解，可以建立一个整体静态不可行解 0-1 索引表来进行判别，将匹配双边个体一一对应，判断其是否符合约束条件，不符合置为 0，符合置为 1。这里以本文约束（16）（17）为例进行说明。

**Step1:** 对于匹配模型中的条件（16）和（17）来说，构建待匹配  $m$  名老年人与  $n$  名照护人员（ $2n$  个多期望方案）的  $m \times 2n$  大小的 0-1 矩阵，如果匹配的双边主体不满足两个条件之一，则将对应该位置为 0，如果均满足条件，则置为 1；

这里使用一个简单例子进行说明，如图 3-11 所示，为老年人整体服务需求矩阵，这里对应老人  $L$  的评价指标  $P1$ （所需服务内容，为简化起见，使用服务内容数为 4），使用  $LP\_1$  来表示该矩阵；如图 3-12 所示，为照护人员服务提供矩阵，每位照护人员对应可以提供 2 种服务提供方案，对应老人的评价指标  $P1$ ，使用  $HP\_1$  来表示该矩阵。

老人1	1	0	0	1
老人2	1	0	1	0
老人3	0	0	0	1

图 3-11 老年人服务需求矩阵

照护 人员1	方案1	1	1	0	1
	方案2	1	1	0	0
照护 人员2	方案3	1	1	1	0
	方案4	1	0	1	1

图 3-12 照护人员服务提供矩阵

对于矩阵  $LP\_1(m*4)$ 与  $HP\_1(2n*4)$ 而言，需要判别的是否满足约束条件的伪代码为

if  $LP\_1(i) \subset HP\_1(j)$   
 then  $P\_1ij = 1$   
 else  $P\_1ij = 0$

得到关于评价指标 P1 的匹配约束矩阵  $P\_1(m*2n)$ ，将需要判别的其他约束条件分别进行类似的处理，得到多个特定评价指标的匹配约束矩阵，将多个矩阵进行合并，采用逻辑“与”操作，对应位置有 0 取 0，全 1 为 1。这里假设最后得到静态全局匹配约束矩阵  $S\_CONS(m*2n)$ ，如图 3-13 所示。

		老人1	老人2	老人3
照护 人员1	方案1	1	0	1
	方案2	0	0	0
照护 人员2	方案3	0	1	0
	方案4	1	1	1

图 3-13 静态全局匹配约束矩阵  $S\_CONS(m*2n)$

**Step2:** 遍历种群染色体的每一位，对应 step1 中的匹配约束矩阵  $S\_CONS$ ，如果该位为 0，将其随机替换为不为 0 的方案数，将所有种群中所有染色体修正为满足匹配约束矩阵的解；

对于类型 (3) 的不可行解，可以建立一个动态不可行解约束条件（本文对应服务人员空闲时间）0-1 索引矩阵来进行判别，0 表示无空闲，1 表示有空闲。这里以本文约束 (18) 为例进行说明。

**Step3:** 构建大小为  $2n*7$ （这里时间按照一周七天表示）的照护人员空闲时间矩阵  $D\_CONS$ ，如图 3-14 所示，该矩阵表示所有照护人员的现有空闲时间，每行表示一名照护人员，1 表示照护人员该天有空闲，可以提供服务，0 表示照护人员该天不能提供服务；

照护 人员1	方案1	1	1	1	1	1	0	1
	方案2	1	1	1	1	1	0	1
照护 人员2	方案3	1	1	1	0	1	1	1
	方案4	1	1	1	0	1	1	1

图 3-14 空闲时间矩阵  $D\_CONS$

**Step4:** 对于每一个染色体进行遍历，找出仅服务一名老年人的照护人员，此时不存在服务时间冲突问题，直接将照护人员时间表中服务对应老年人的时间置为 0；对于服务多名老年人的照护人员，为了体现公平性，随机选择一位老年人保留为其提供服务，并在服务空闲时间矩阵中将对应时间置为 0，未被选择的染色体位（未被选择的老年人）进行 step5 进行照护人员的重新随机匹配；

**Step5:** 遍历上一步未被选择的染色体位（老年人），从  $D\_CONS$  中随机为其分配一位满足其所需服务时间的照护人员并判断 step1 中  $S\_CONS$  中对应位置是否为 1，如果为 0，则重新分配，直到满足矩阵  $S\_CONS$  对应位为 1，然后将该照护人员在  $CON\_S$  中对应服务该老年人的时间位置为 0，表示该照护人员该天不能同时再为其他老人提供服务，因此这个约束矩阵是动态的。重复该步骤，直到所有老年人都重新随机分配结束，满足约束(18)。

总的思路是在 NSGA-II 算法中，将其用于初始解生成和交叉变异这两步有新生成解的环节中，根据约束条件将生成解中的不可行解逐一随机调整为满足条件的可行解。

## 第4章 实验与讨论

### 4.1 服务识别

#### 4.1.1 数据预处理

本文主要使用“Y公司”订单数据进行服务识别研究，上文已经对订单数据相关字段进行了简单介绍，并且根据病情描述文本和外部数据源（量表数据）进行了领域词典构建，并根据领域词典进行了照护指标分类与扩充，为研究问题2人员匹配研究提供了满意度指标体系构建依据。

在本文中，领域词典的另一个作用是进行更加准确的中文分词作为词向量生成与模型训练的输入。在对数据字段进行观察后，本文选择病情描述字段与需求标签字段共同作为学习语料，其中，病情描述字段主要包含对老人的身体情况介绍与护工要求描述两部分，需求标签字段包含用户特殊需求的备注文本等。

首先，对两个字段进行文本合并操作形成服务描述文本数据，在经过数据缺失值处理，异常值剔除、重复值去重后，共得到数据 3436 条，在第 3 章数据描述中已经介绍过，虽然源数据字段包含订单护理类型数据字段，但是由于大多数用户的订单类型与实际病情描述不符，存在大量病情描述文本要求服务涉及多个服务类别的情况，因此本文选择重新对服务描述文本数据进行人工标注，服务类别按照平台已有划分并结合指标分类情况分为肌无力照护、认知症照护、生活照护、术后照护、康复照护与慢病照护这六类。在人工标注中会剔除无法准确判断类别的数据，最后保留文本数据 3436 条。

然后使用领域词典对文本数据进行分词，然后对分词结果使用 `dov2vec` 方法生成词向量，并将其作为模型训练的的输入数据。

#### 4.1.2 模型训练

由于本文数据体量有限，对于深度学习来说，虽然其训练精度普遍大于传统机器学习，但一大先决条件便是前期需要大量的数据进行预训练，而传统机器学习方法比起深度学习来说，需要的训练数据级更低，因此为了验证在当前数据量下哪种方法效果更好，本文同时采取了前文所介绍的各类传统机器学习算法以及深度学习中的代表算法——CNN 与 RNN 对输入数据进行训练。采用的传统机器学习算法主要包括 k 最邻近 (KNN)、分类和回归树 (CART)、逻辑回归 (LR)、朴素贝叶斯 (NB)、支持向量分类 (SVC) 与随机森林 (random forest)。

本文的实验环境为 win10 操作系统，使用编程语言为 python，版本号为 3.7.1，编程工具为 pycharm。具体方法框架见图 4-1。

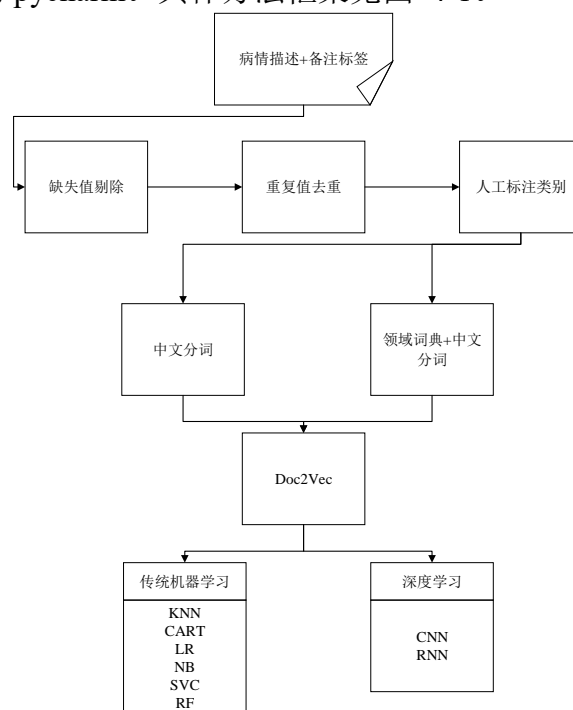


图 4-1 服务识别框架

### 4.1.3 实验结果

本文选择的评价指标有 3 个，分别为准确率（Accuracy, ACC）、F1 值（F1 score）与召回率（recall），其中，ACC 表示在样本中判断正确的比例（即将正样本判断为正，负样本判断为负），召回率（Recall）为正确被预测为正样本占总真正样本比值，F1 值为精确率（Precision，预测为正的样本中真正样本比值）与召回率的整体评价指标，其计算公式为  $F1 \text{ 值} = \text{准确率} * \text{召回率} * 2 / (\text{准确率} + \text{召回率})$ 。

表 4-1 实验结果

% 肌无力 认知症 生活 术后 康复 慢病													
KNN	ACC	62.71	64.75	88.99	89.90	57.56	59.10	81.98	82.77	86.61	86.64	53.66	55.82
	F1	61.00	62.00	85.00	85.00	58.00	59.00	78.00	79.00	82.00	82.00	50.00	71.00
	recal	62.19	64.43	88.44	89.29	57.61	59.32	77.20	78.46	85.98	86.14	53.78	55.72
CAR	ACC	57.53	58.73	81.49	81.93	56.25	61.00	74.09	77.06	76.86	79.39	52.24	54.39
	F1	58.00	59.00	82.00	82.00	56.00	61.00	75.00	77.00	78.00	80.00	51.00	69.00
	recal	57.29	59.34	79.01	81.58	56.09	60.85	74.84	77.62	76.15	79.88	51.11	53.28
LR	ACC	68.68	69.41	90.07	90.07	61.55	69.70	83.32	83.58	87.92	87.92	56.69	59.57
	F1	57.00	58.00	85.00	85.00	61.00	69.00	77.00	76.00	82.00	82.00	46.00	56.00
	recal	67.02	69.12	85.00	90.00	60.79	68.92	78.62	83.95	82.00	87.00	55.03	59.25
NB	ACC	52.03	53.35	38.27	39.69	55.67	58.61	53.89	58.52	57.10	68.39	49.56	49.24
	F1	54.00	51.00	47.00	49.00	59.00	55.00	60.00	64.00	65.00	73.00	51.00	59.00
	recal	54.53	54.00	54.64	55.00	56.52	58.47	55.31	58.80	57.33	67.44	50.63	51.58
SVC	ACC	68.48	69.67	90.01	90.07	62.63	71.04	83.76	83.44	87.89	87.92	56.05	59.69
	F1	58.00	59.00	85.00	85.00	62.00	71.00	78.00	76.00	82.00	82.00	49.00	55.00
	recal	67.71	69.57	88.96	90.00	61.97	70.24	80.82	83.00	86.98	87.00	56.65	59.83
rando m forest	ACC	68.97	68.97	90.04	90.07	59.45	70.31	83.70	83.73	87.86	87.83	57.88	59.80
	F1	57.00	57.00	85.00	85.00	58.00	70.00	76.00	76.00	82.00	82.00	43.00	52.00
	recal	66.23	68.18	88.98	90.00	68.42	70.38	81.98	83.00	80.96	87.95	55.13	59.63
CNN	ACC	87.44	89.28	98.26	98.55	90.43	91.01	93.90	94.77	94.10	94.76	83.13	84.01
	F1	88.00	89.00	98.00	99.00	92.00	91.00	94.00	95.00	94.00	95.00	83.00	84.00
	recal	87.00	89.00	97.00	98.00	90.00	91.00	92.16	94.00	92.00	94.96	83.08	84.00
RNN	ACC	85.51	86.08	97.97	98.55	85.22	87.53	94.19	94.48	94.19	95.20	76.74	79.06
	F1	85.00	86.00	98.00	99.00	85.00	87.00	94.00	95.00	94.00	94.00	77.00	79.00
	recal	84.03	85.22	96.06	98.39	85.20	87.18	92.77	93.94	93.89	94.70	75.96	78.07

实验结果如表 4-1 所示，其中第一列是算法模型名称，第二列为评价指标，第一行为前文确立的六个类别，每一个类别对应两列数据，其中左侧数据代表未使用本文提出的领域词典进行分词与向量构建的输入分类结果，右侧数据则使用了领域词典。

就是否使用领域词典来说，从表中对照可以看出，使用了领域词典后的模型算法效果整体上均优于没有使用领域词典的，因此，对于养老照护领域来

说，使用外部量表数据构建领域词典起到了良好的效果，进一步证明了这一思路的合理性与可行性。

就传统机器学习与深度学习表现对比来说，与预想相反，传统机器学习在算法效果上整体表现不如深度学习，且在不同种类的分类识别效果上差距较大，深度学习在样本量较小的情况下仍取得了优秀的结果，准确率等指标整体在 85%左右，最高分类准确率如“认知症”高达 98.55%。

对于各类传统机器学习算法内部比较而言，NB 表现最差，这可能是因为它成立的条件必须是各主体互相独立，而对于文本而言，上下文联系紧密，因此 NB 不适于本文分类，其余算法表现差异不大，其中，随机森林表现较其他算法略胜一筹，但是由于其属于集成算法，模型训练时间过长，因此不太适用于实际应用，而 SVC 算法随机森林表现相近且训练时间较短。

对于深度学习算法内部比较而言，二者在各类指标上表现差异不大，但是由于 RNN 具有将每次输出结果带入下一次隐藏层中一起训练的特点，因此训练消耗的时间成本远远大于 CNN。

综上，本文后续将采用“领域词典+CNN”的方法进行养老照护领域服务识别研究。

## 4.2 人员匹配

### 4.2.1 算例准备

本文在前半部分已经提出了双边匹配的指标，但是由于现实平台缺少某智慧养老服务平台现有 6 位可供选择的照护人员（H1,H2,H3,H4,H5,H6）和 8 位待匹配的老年人（L1,L2,L3,L4,L5,L6,L7,L8），平台在收集到双方的个人信息和需求信息之后开始对双方进行匹配，根据前文的评价指标体系，双边评价指标实例如表 4-2 与表 4-5 所示。

表 4-2 老年人评价指标—老人期望

服务内容 匹配 P1	照护人 员级别 P2	经验 熟悉 程度 P3	照护人 员年龄 P4	照护人员学 历 P5	照护 人员 性别 P6	照护 人员 籍贯 P7	照护 人员 口音 P8	照护 人员 口碑 P9	性格素 质标签 P10	身体素 质标签 P11
L1 (1,1,1,0,0,0)	初级	10	[20-40]	不限	不限	东北	会	良	(1,0)	(0,1)



L2	(1,1,1,0,1,1)	中级	20	[20-40]	高中及以上	女	不限	会	好	(0,1)	(0,0)
L3	(1,1,0,0,0,0)	高级	15	[35-45]	初中及以上	不限	华东	不限	好	(0,0)	(0,1)
L4	(1,0,1,0,1,0)	高级	15	[30-40]	初中	男	华南	不限	良	(1,0)	(0,0)
L5	(1,1,0,0,1,0)	见习	10	[30-55]	初中	女	不限	不限	一般	(0,1)	(0,0)
L6	(1,1,1,0,1,1)	技师	30	[30-45]	高中及以上	不限	西南	不限	良	(0,0)	(0,0)
L7	(1,1,0,0,0,0)	初级	10	[20-50]	小学	男	华中	会	良	(0,1)	(1,0)
L8	(1,0,1,0,1,1)	高级	15	[25-45]	初中	不限	不限	会	好	(0,0)	(0,0)

表 4-3 老年人评价指标—照护人员实际

服务内容 匹配 P1	照护人员 级别 P2	经验 熟悉 程度 P3	照护人 员年龄 P4	照护人 员学历 P5	照护人 员性别 P6	照护 人员籍贯 P7	照护人 员口音 P8	照护 人员口碑 P9	性格素 质标签 P10	身体素质 标签 P11	
H1	(1,1,1,0,0,0)	初级	12	35	文盲	男	华北	会	良	(1,0)	(1,1)
H2	(1,1,1,0,0,1)	中级	25	32	初中	女	西南	会	好	(1,1)	(0,1)
H3	(1,1,0,1,1,0)	技师	40	45	本科及 以上	女	华东	会	好	(1,0)	(1,1)
H4	(1,1,1,1,1,0)	高级	21	37	高中	男	西北	会	一般	(1,0)	(1,1)
H5	(1,1,0,0,1,0)	见习	15	30	小学	女	东北	会	良	(0,1)	(0,1)
H6	(1,1,0,0,1,1)	高级	22	43	初中	女	西南	不会	良	(1,1)	(0,1)

表 4-4 照护人员评价指标—照护人员期望

服务时薪 Q1	服务 数量 Q2	服务时间 Q3	老人年龄 Q4	特殊 疾病 Q5	自理情 况 Q6	服务 人数 Q7	是否食宿 Q8	附加条 件 Q9	
H1	250	3	1,1,1,1,1,1,1	[60-70]	1	半自理	2	包吃	(1,0)
	200	2		[60-70]		自理	1		
H2	400	4	1,1,1,1,1,1,1	[70-80]	1	无自理	2	包吃	(0,1)
	200	2		[60-70]		半自理	1		
H3	350	4	1,1,1,1,1,1,1	[70-80]	1	半自理	2	包住	(1,1)
	300	3		[60-70]		自理	2		
H4	500	4	1,1,1,1,1,1,1	[70-80]	0	半自理	3	包住	(0,0)
	600	5		[60-90]		无自理	3		
H5	250	3	1,1,1,1,1,1,1	[60-70]	1	半自理	2	包吃住	(0,0)
	200	2		[60-70]		自理	1		
H6	350	4	1,1,1,1,1,1,1	[70-80]	0	无自理	2	包吃住	(0,1)
	200	3		[60-70]		半自理	1		

表 4-5 照护人员评价指标—老人实际

服务时薪 Q1	服务 数量 Q2	服务时间 Q3	老人年 龄 Q4	特殊 疾病 Q5	自理情 况 Q6	服务 人数 Q7	是否食宿 Q8	附加条 件 Q9	
L1	300	3	0,0,1,0,1,0,0	65	0	半自理	1	包吃	(1,0)
L2	600	5	0,0,1,0,1,0,0	80	1	无自理	2	包吃	(0,0)
L3	400	2	0,1,1,0,1,0,0	70	0	半自理	1	包住	(1,1)
L4	400	3	1,0,1,0,0,0,1	68	0	半自理	1	包住	(1,1)

L5	300	3	0,0,1,0,1,1, .0	73	0	半自理	1	包吃住	(0,1)
L6	550	5	0,0,1,1,0,0, .1	85	0	无自理	2	包吃住	(0,1)
L7	300	2	0,0,0,0,1,0, .0	79	0	半自理	1	包吃住	(1,1)
L8	550	4	0,0,1,0,0,0, .1	90	1	无自理	2	包吃住	(0,1)

为了计算方便，对应双边主体满意度评价指标体系的满意度指标数量，本文分别给老年人和照护人员设立了统一默认权重，照护人员的统一权重为{0.2, 0.1, 0.1, 0.1, 0.1, 0.1, 0.1, 0.1, 0.1, 0.1}，老年人的统一权重为{0.1, 0.1, 0.1, 0.1, 0.1, 0.1, 0.1, 0.1, 0.1, 0.1, 0.05, 0.05}。根据表 3 和第二节满意度计算方法计算不同指标下的满意度，再根据权重值整合得到双边主体整体满意度表 4-6 与表 4-7。

表 4-6 照护人员满意度

照护人员	方案数	老年人							
		L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8
H1	1	0.764286	0.63	0.74286	0.69285714	0.649286	0.5907143	0.769286	0.57321
	2	0.708333	0.595	0.65	0.63333333	0.593333	0.5575	0.68	0.5375
H2	3	0.509175	0.69	0.65918	0.59417517	0.709175	0.715	0.734175	0.675
	4	0.608333	0.595	0.65	0.63333333	0.693333	0.6575	0.68	0.6375
H3	5	0.560714	0.59	0.92	0.855	0.760714	0.72	0.885714	0.68
	6	0.65	0.53	0.93333	0.88333333	0.735	0.6883333	0.855	0.67083
H4	7	0.435	0.615	0.68	0.615	0.635	0.615	0.66	0.575
	8	0.492509	0.525	0.62584	0.60917517	0.592509	0.6166667	0.609175	0.63333
H5	9	0.664286	0.63	0.74286	0.69285714	0.749286	0.6907143	0.769286	0.67321
	10	0.608333	0.595	0.65	0.63333333	0.693333	0.6575	0.68	0.6375
H6	11	0.519889	0.69	0.77918	0.71417517	0.819889	0.82	0.844889	0.78
	12	0.625	0.605	0.8	0.75	0.81	0.7675	0.83	0.75

表 4-7 老年人满意度

老年人	照护人员					
	H1	H2	H3	H4	H5	H6
L1	0.65	0.65	0.55	0.547938	0.729588	0.59
L2	0.422938	0.65	0.65	0.473223	0.504637	0.487938
L3	0.397938	0.465	0.75	0.473223	0.280238	0.547938
L4	0.5	0.425	0.35	0.447938	0.3823	0.49
L5	0.55	0.65	0.65	0.55	0.65	0.75
L6	0.4823	0.606699	0.65	0.527526	0.465837	0.629588
L7	0.55	0.55	0.45	0.447938	0.529588	0.45

L8	0.497938	0.625	0.65	0.473223	0.480238	0.647938
----	----------	-------	------	----------	----------	----------

#### 4.2.2 算法求解

基于算例计算得到双边主体的满意度之后，需要将满意度数值代入双边匹配模型，使用 NSGA-II 算法进行优化求解。算法中基本设置为：迭代次数为 1000，种群规模为 200，交叉概率为 0.5，变异概率为 0.5。NSGA-II 算法的缺点之一是容易出现重复个体而陷入早熟的情况，因而本文设计了关于增加种群多样性（diversity）的机制，具体步骤是先找到重复解，然后将其随机转化为其他不同染色体，从而增加种群的多样性。

前边已经介绍多约束性条件的处理方式，即罚函数法（penalty）和随机可行解变换法（correct）。结合增加种群多样性（diversity）的机制，本文采取对照试验的方式检验采用不同处理方式的 NSGA-II 的表现。

上述三类算法，分别通过单独使用罚函数、单独使用随机可行解变换法及二者的结合，共三组约束条件处理方式，每组分别包含是否包括增加种群多样性（diversity），因此一共有 6 类，每类算法运行十次，本文采用距原点最近解、最近解距原点距离、非劣解数量和时间四个评价标准。具体计算结果如表 6, 7 所示。为具体描述算法寻找最优解的情况，图 4-2 中 6 幅图表示 6 类算法迭代 1000 次中寻找最优解的情况，其中“\*”号表示该解为不可行解，“.”号为可行解。

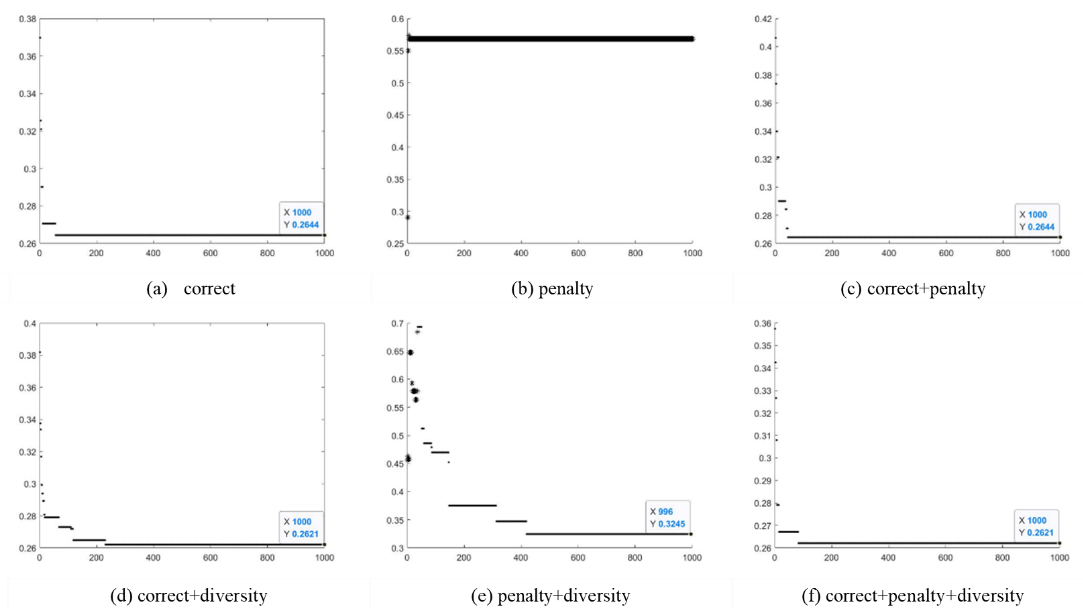


图 4-2 算法迭代图

表 4-8 可行解变换法/罚函数

序数	距原点最近解								
	Correct			Penalty			Correct+Penalty		
1	0.2728	0.2920	0.3242	\			0.2818	0.3008	0.3075
2	0.2919	0.3101	0.2842	\			0.2818	0.3008	0.3075
3	0.2728	0.2920	0.3242	\			0.2919	0.3101	0.2842
4	0.2818	0.3008	0.3075	\			0.2728	0.2920	0.3242
5	0.2728	0.2920	0.3242	\			0.2818	0.3008	0.3075

表 4-9 可行解变换法/罚函数/种群多样性

序数	距原点最近解								
	Correct+ Diversity			Penalty + Diversity			Correct + Penalty + Diversity		
1	<b>0.2919</b>	<b>0.3101</b>	<b>0.2842</b>	0.3713	0.4174	0.3808	0.2919	0.3101	0.2842
2	<b>0.2919</b>	<b>0.3101</b>	<b>0.2842</b>	0.2934	0.3202	0.3686	0.2919	0.3101	0.2842
3	<b>0.2919</b>	<b>0.3101</b>	<b>0.2842</b>	0.3740	0.4127	0.3336	0.2818	0.3008	0.3075
4	<b>0.2919</b>	<b>0.3101</b>	<b>0.2842</b>	0.2979	0.3177	0.4021	0.2728	0.2920	0.3242
5	<b>0.2919</b>	<b>0.3101</b>	<b>0.2842</b>	0.2920	0.3121	0.4238	0.2728	0.2920	0.3242

表 4-10 均值比较

		有 diversity	无 diversity
距原点距离	correct	<b>0.262104</b>	0.2641468
	penalty	0.3833118	\
	correct + penalty	0.2636186	0.2640068
非劣解数	correct	<b>134.8</b>	94.2
	penalty	19.8	0
	correct + penalty	114.8	70.2
时间 (s)	correct	95.7682608	<b>76.869347</b>
	penalty	308.2967166	150.4684646

(1) 在表 4-8 与表 4-12 中, 只有单独使用 penalty 的算法十次计算都没有得到一个可行解, 从图 4-2 (b) 可以看出, 迭代到第 1000 代时, penalty 还是没有找寻到可行解, 因此, 单独的罚函数法 (penalty) 不适合多目标遗传算法的多约束条件处理;

(2) 从表 4-10 以及图 4-2 各图的结合对比可以看出, 含有本文提出的可行解随机生成 (correct) 方法的 NSGA-II 算法在非劣解寻找的数量和质量上均比单独使用罚函数方法效果要好, 因此, 可行解生成适合于多目标遗传算法的多约束条件处理, 本文提出的可行解随机生成法有利于不可行解从任意可能方向转化为可行解;

(3) 对于算法运行时间而言, 由于罚函数在算法中用于父子代合并快速非支配中, 每代需要处理的种群大小大约为  $1.5 * pop \sim 2 * pop$ , 其中, pop 为种群规模数, 而可行解生成主要应用于交叉变异算子中, 每代需要处理的种群大小约为  $0.5 * pop \sim 1 * pop$ , 因此对比表 4-10 可以看出, 可行解生成在时间复杂度上要明显低于罚函数, 因此效率更高;

(4) 从表 4-8 和表 4-9 对比、图 4-2 (b) (c) 与图 4-2 (e) (f) 对比可以看出, 罚函数法与可行解随机生成两种方法结合可以极大提高单独使用罚函数的遗传算法效果, 但是从表 4-10 可以看出, 有罚函数部分所需耗费的时间更长, 并且最终解的效果并没有比单独的可行生成更好, 这可能与罚函数包含较多不可行解因此影响算法表现所造成的;

(5) 从表 4-8 和表 4-9 的对比可以看出, 含有种群多样性 (diversity) 的算法在寻找非劣解的效果要比不含该处理的算法要好, 因为种群多样性增大空间搜寻能力, 在罚函数中有利于找到可行解几率增大, 在可行解随机生成中更有利于更多非劣解生成;

(6) 表 4-9 将 correct 与 diversity 结合的算法在与原点最近距离解的寻找上具有稳定性, 从图 4-2 (d) 可以看出, 其寻找的最优解最小, 并且在 200 代左右便趋于稳定, 且在运行时间上来说, 从表 4-9 可知, 比具有类似表现的其他方法更短, 效率更高。

综上所述，将本文提出的可行解生成法与种群多样性处理相结合用于 NSGA-II 算法中的约束性条件处理具有最好的表现，不论是在可行非劣解生成的质量、数量还是时间上来说都比传统的罚函数法具有更优的性能。

对于本文的算例来说，最优解的对应染色体如图 4-3 所示。该染色体对应的表示第一名老人匹配期望方案编号为 4 的照护人员，第三名老人不匹配任何照护人员，后续该老年人可以通过调整相关需求重新进行匹配（由于这只是众多非劣解中离原点最近的一个解，用来评估算法求解效果，若需要保证所有老人都得到服务匹配，则在非劣解集合中寻找符合条件的解即可），其余以此类推。

4	3	13	13	12	13	2	4
---	---	----	----	----	----	---	---

图 4-3 最优解染色体

表 4-11 最优解照护人员评价指标对照

方案数	服务时薪 Q1	服务数量 Q2	服务时间 Q3	老人年龄 Q4	特殊疾病 Q5	自理情况 Q6	服务人数 Q7	是否食宿 Q8	附加条件 Q9
L1	\	300	3	0,0,1,0,1,0,0	65	0	半自理	1	包吃 (1,0)
H2	4	200	2	1,1,1,1,1,1,1	[60-70]	1	半自理	1	包吃 (0,1)

表 4-12 最优解老年人评价指标对照

方案数	服务内容匹配 P1	照护人员级别 P2	经验熟悉程度 P3	照护人员年龄 P4	照护人员学历 P5	照护人员性别 P6	照护人员籍贯 P7	照护人员口音 P8	照护人员口碑 P9	性格素质标签 P10	身体素质标签 P11
L1	\	(1,1,1,0,0,0)	初级	10	[20-40]	不限	不限	东北	会	良	(1,0) (0,1)
H2	4	(1,1,1,0,0,1)	中级	25	32	初中	女	西南	会	好	(1,1) (0,1)

对于第一名老年人来说，匹配到的是编号为 4（即第二名照护人员的第二个方案），从表 4-11 与表 4-12 可以看出，二者在约束性条件下是完全符合的，并且从各自的满意性指标体系下的要求和实际信息对比来看，是大致相符的，因为本文指标较多，且前文为了计算方便设置了统一的权重值，后续实际匹配中，如果老年人对照护人员的某一指标尤为看重的话可以相应调高该部分

的权重值以保证匹配到满意的结果。其他老年人的匹配情况可以做类似的对比分析，可以看出，本文所提出的双边匹配模型取得了不错的结果。

## 第 5 章 总结与不足

### 5.1 研究总结

本文以资源整合理论为研究视角，针对这一中介性质的养老照护平台关键流程进行优化设计，以期实现三方共同获益。

本文主要分为服务识别与人员匹配两大研究内容，采用领域词典构建、识别算法对照、指标体系构建、匹配模型构建与智能算法求解等方法对问题进行了探索优化，取得不错的效果，为后续相关研究的理论扩充与实践路径起到了参考借鉴作用。

就研究问题一来说，本文结合外部数据源（养老照护量表数据）与合作 Y 公司客观用户文本数据进行养老照护领域词典构建，结合用户词典、中文分词与人工筛选方法，得到共计 1288 词汇的领域词典，利用领域词典进行了 Y 平台服务分类识别研究，发现经过领域词典进行中文分词后的分类效果优于没有使用领域词典的，证明了本文领域词典构建的有效性，同时将研究问题一的服务识别类别作为服务内容条件约束输入到研究问题二中。

进一步地，在研究问题二中，为了更好指导双边匹配满意度评价指标体系构建，本文对上一个问题得到的养老照护领域词典进行细类的划分，得到具体的指标，通过观察这些指标对现有基础评价指标体系进行了客观数据验证，并进一步进行了完善补充。

在研究问题二中，本文主要构建了双边匹配满意度评价指标体系，并采用多属性决策方法对不同属性类型指标设计满意度计算方法，最后得到双边整体满意度；在满意度计算完成后，本文以稳定性与公平性为目标构建双边匹配模型，总共包含三个目标函数与数个约束条件，针对多目标特性，本文采用多目



标遗传算法进行求解，对于多约束条件特性，本文根据不同约束类型设计可行解变换处理方法，提出一种面向整数编码的多目标遗传算法多约束条件处理方法，并在算法中增加种群多样性机制，最后，进行了罚函数法、可行解变换法与种群多样性机制有无的组合对照实验，发现可行解变换法+种群多样性机制组合得到的求解表现最优。

本文采用的资源整合理论这一研究视角，得到了合作 Y 公司平台的认同，通过该理论，对研究对象、研究问题与研究路线起着很好的概括指引作用。Y 平台采纳本文提出的养老照护平台关键流程设计，正在进行算法部署与实践设计，预计将在 5 月底部署完成并进行用户参与实验。

## 5.2 未来展望

但本文存在如下几点不足之处：

- (1) 首先由于现今养老照护平台属于初兴起阶段，本文服务分类识别数据来自 Y 公司平台，来源较为单一，且数据量不够大；
- (2) 并且本文领域词典构建方法较为主观，外部数据源养老照护数据多数为外国量表译文，部分存在中文语境不适用的情况，在领域词典指标整理部分缺少总括性理论指导分类；
- (3) 最后在约束处理部分，未对本文提出的整数编码多约束条件方法进行普适性检验；
- (4) 最后是平台实践部分，本文平台实践处于进行时，未收集具体的用户实验数据结果验证本文算法的有效性。

未来可以在数据扩充、领域词典构建、约束条件检验及平台实践等方面进行改进。

## 参考文献

- [1] 杨晓婷, 马小琴, 任姿涯. 我国居家养老服务发展现状[J]. 护理研究, 2017, 24.
- [2] 牛婷婷. 西安市养老服务资源整合研究: 现状, 问题, 对策[D]. 西北大学, 2015.
- [3] 张娜. 广西养老服务供求分析与发展思路[J]. 改革与战略, 2019, 8.
- [4] 张洪, 张文广, 王位琼,等. 社区中老年居民养老护理服务的需求调查[J]. 护理学杂志, 2018(1):90-92..
- [5] 王杉,肖朋,吴欣,宋爽,高亚娟.北京市朝阳区居家慢性病老年人上门医疗护理服务使用及需求现状研究[J].护理研究,2020,34(06):1070-1073.
- [6] 刘志, 薄涛, 郝晓宁,等. 基于缺口分析的北京市老年居家医疗护理服务研究[J]. 卫生经济研究, 2020, 037(002):13-15.
- [7] 郝晓宁,薄涛,郑研辉,刘志.居家医疗护理服务现状及发展路径分析[J].卫生经济研究,2020,37(02):7-9.
- [8] Ju C , Zhang S . Research on User' Continuous Usage of Online Healthcare Services From the Perspective of Affect Appeal[J]. Journal of Technology in Behavioral Science, 2020, 5(4).
- [9] 李延宇. 北京市老年人长期护理服务需求分析[D]. 华北电力大学.
- [10]雷咸胜. 中国失能老年人长期照护需求规模预测及制度建设对策研究[J]. 残疾人研究, 2019, 000(004):80-87.
- [11]Valkila N , Litja H , Aalto L , et al. Consumer panel study on elderly people's wishes concerning services[J]. Archives of Gerontology & Geriatrics, 2010, 51(3):e66-e71.
- [12]Polanyi M. The logic of liberty: Reflections and rejoinders[M]. Routledge, 2013.
- [13]宋之杰, 郭燕平, 吉增良,等. 分级诊疗下二三级医院服务资源整合的演化博弈分析[J]. 中国卫生政策研究, 2018(2):44-51.
- [14]郭燕平, 张微, 宋之杰,等. 家庭医生签约制下农村基层医疗服务资源整合的演化博弈分析[J]. 中国卫生政策研究, 2018, 11(12):35-44.
- [15]曲绍旭,郑英龙.服务资源整合视角下城市居家养老服务供需平衡路径的优化[J].河海大学学报(哲学社会科学版),2020,22(01):74-81+107-108.
- [16]张文亮,张桐,赵东霞.国内老年人口分布与养老资源配置研究综述[J].老龄科学研究,2019,7(01):47-58.
- [17]吕意童. 农村留守老人养老服务资源整合研究[J]. 经济研究导刊, 2019, 392(06):35-37.
- [18]邓敏.需求视角下江苏省居家养老的医养服务资源整合路径分析[J].医学与社会,2020,33(08):130-134.

- [19] Bain K T, Schwartz E J, Knowlton O V, et al. Implementation of a pharmacist-led pharmacogenomics service for the Program of All-Inclusive Care for the Elderly (PHARM-GENOME-PACE)[J]. *Journal of the American Pharmacists Association*, 2018, 58(3): 281-289. e1.
- [20] Boll F, Brune P. Online support for the elderly—why service and social network platforms should be integrated[J]. *Procedia Computer Science*, 2016, 98: 395-400.
- [21] 叶翔. 基于大数据的数字图书馆信息服务资源整合系统研究[J]. *河南图书馆学刊*, 2017, 037(001):123-125.
- [22] 刘亚莉. 大数据环境下数字图书馆信息服务资源整合存储策略研究[J]. *河南图书馆学刊*, 2017(11):90-91.
- [23] 尹良伟,马玥含.图书馆移动服务资源整合与创新[J].*中国报业*,2020(16):58-59.
- [24] 张玉强. 中小微企业科技服务资源整合的模式与创新研究[J]. *科技管理研究*, 2016, 36(03):15-20.
- [25] 李志强, 魏婷. 资源整合理论视角下的浙江特色小镇培育探讨[J]. *农业经济*, 2019, 000(004):83-85.
- [26] Wang B, Shen T, Mao L, et al. Establishment of a Risk Prediction Model for Mild Cognitive Impairment Among Elderly Chinese[J]. *The journal of nutrition, health & aging*, 2020, 24(3): 255-261.
- [27] Raes M, Tizghadam A, Leon-Garcia A. Real-Time Prediction of Delay Distribution in Service Systems using Mixture Density Networks[J]. *arXiv preprint arXiv:1912.08368*, 2019.
- [28] Suryadevara N K , Mukhopadhyay S C , Wang R , et al. Forecasting the behavior of an elderly using wireless sensors data in a smart home[J]. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 2013, 26(10):2641-2652.
- [29] 李彩, 范焯. 基于机器学习的阿尔兹海默症分类预测[J]. *中国医学物理学杂志*, 2020, 037(003):379-384.
- [30] 董放, 刘宇飞, 周源. 基于 LDA-SVM 论文摘要多分类新兴技术预测[J]. *情报杂志*, 2017(07):40-45.
- [31] Arunachalam N, Amuthan A, Shanmughapriya M, et al. A compendium on web service prediction techniques[C]//2017 International Conference on Computation of Power, Energy Information and Communication (ICCPEIC). IEEE, 2017: 290-294.
- [32] Fleury, Noury, Vacher. Supervised Classification of Activities of Daily Living in Health Smart Homes using SVM[J]. 2009, 2009:6099-6102.
- [33] Fengxian Chen. Multi-Category Prediction of Stock Price Based on LSTM[J]. 2019.
- [34] Malik Z K, Kobrosli M, Maas P. Search Intelligence: Deep Learning For Dominant Category Prediction[J]. *arXiv preprint arXiv:1702.01717*, 2017.

- [35] Wang C, Hou Y, Barth M. Data-driven multi-step demand prediction for ride-hailing services using convolutional neural network[C]//Science and Information Conference. Springer, Cham, 2019: 11-22.
- [36] Bandara K, Bergmeir C, Campbell S, et al. Towards Accurate Predictions and Causal'What-if'Analyses for Planning and Policy-making: A Case Study in Emergency Medical Services Demand[J]. arXiv preprint arXiv:2004.12092, 2020.
- [37] Gale, D, Shapley, L. S. College Admissions and the Stability of Marriage[J]. American Mathematical Monthly, 69(1):9-15.
- [38] 樊治平,乐琦.考虑稳定匹配条件的双边满意匹配决策方法[J]. 中国管理科学, 2014, 22(4):112-118.
- [39] 李铭洋,李博,曹萍萍,霍春辉.考虑匹配稳定性的多属性双边匹配决策方法[J]. 系统工程,2017,35(11):153-158.
- [40] 孔德财,姜艳萍,刘长平.大规模一对多双边匹配问题的决策方法[J].系统工程,2018,36(01):153-158.
- [41] Fan Z P, Li M Y, Zhang X. Satisfied two-sided matching: a method considering elation and disappointment of agents[J]. Soft Computing, 2018, 22(21): 7227-7241.
- [42] 张笛,孙涛,陈洪转,闫超栋.多种形式不确定偏好信息下考虑后悔行为的双边匹配方法[J].系统工程与电子技术,2019,41(01):118-123.
- [43] Lazarova E, Borm P, Estévez-Fernández A. Transfers and exchange-stability in two-sided matching problems[J]. Theory and Decision, 2016, 81(1): 53-71.
- [44] Yazici, Ayse. Probabilistic stable rules and Nash equilibrium in two-sided matching problems[J]. International Journal of Game Theory, 2017, 46(1):103-124.
- [45] 李玉花.基于多指标评价信息的双边匹配模型研究[D]. 东北大学, 2009.
- [46] 李华,张千慧,王方.技术供需主体的混合型多指标双边匹配决策方法[J].科技进步与对策,2016,33(7):121-127.
- [47] 段歆玮,詹文杰,杨洁.多属性双边匹配模型及其应用研究[J].管理学报,2016,13(06):899-905.
- [48] Korkmaz, İbrahim , Gökçen, Hadi , Çetinyokuş, Tahsin. An analytic hierarchy process and two-sided matching based decision support system for military personnel assignment[J]. Information Sciences, 2008, 178(14):2915-2927.
- [49] Joshi K , Kumar S. Matchmaking using Fuzzy Analytical Hierarchy Process, Compatibility Measure and Stable Matching for Online Matrimony in India[J]. Journal of Multi-Criteria Decision Analysis, 2012, 19(1-2):57-66.
- [50] Malgonde O , Zhang H , Padmanabhan B , et al. Taming the Complexity in Search Matching: Two-Sided Recommender Systems on Digital Platforms[J]. MIS Quarterly, 2020, 44(1):48-84.
- [51] 薛承梦.产品创新设计人员与组织匹配研究及系统开发[D]. 重庆大学, 2014.

- [52] Zoer I , De G L , Kuijer P P , et al. Matching work capacities and demands at job placement in employees with disabilities.[J]. Work, 2012, 42(2):205.
- [53] Afacan M O, Dur U M. Constrained stability in two-sided matching markets[J]. Social Choice and Welfare, 2020, 55(3): 477-494.
- [54] 纪楠.家政服务人员与雇主的双边匹配决策方法研究[D].辽宁:东北大学,2014.
- [55] 路应金, 邓玉琴, 陈震. 互评机制下医疗服务供应链资源匹配的关键因素研究[J]. 电子科技大学学报社科版, 2018, 20(5): 1-5.
- [56] 张笛,孙涛,高明美,万良琪,陈晔.多重偏好序下的复杂产品主制造商——供应商多阶段双边匹配方法[J].计算机集成制造系统,2018,24(03):804-812.
- [57] Chen J , Song K. Two-sided matching in the loan market[J]. International Journal of Industrial Organization, 2013, 31(2):145-152.
- [58] 盛莹, 蒋忠中, 樊治平. 电子中介中具有模糊信息的多属性商品交易匹配方法研究[J]. 运筹与管理, 2011, 20(6): 73-81.
- [59] 赵焕焕, 菅利荣, 刘勇. 双边公平匹配决策方法及其应用[J]. 统计与决策, 2018, 34(04): 49-52.
- [60] 贾璐, 樊治平, 沈凯. 知识服务中的供需双边匹配模型[J]. 东北大学学报(自然科学版), 2011, 32(2): 297-301.
- [61] 袁铎宁, 姜艳萍. 择期手术患者与手术医生的稳定双边匹配模型[J]. 系统工程理论与实践, 2019, 39(7): 1752-1762.
- [62] 李霄玉, 姚骏. 解决多目标旅行商问题的改进 NSGA-II 算法[J]. 工业控制计算机, 2018(4): 103-104.
- [63] 唐力, 周凌云. 基于 NSGA-II 的铁路物流服务方案设计方法[J]. 铁道运输与经济, 2019, 41(07): 8-13.
- [64] 彭郴, 吕学强, 孙宁, 等. 基于 CNN 的消费品缺陷领域词典构建方法研究[J]. 数据分析与知识发现, 2020, 4(11): 112-120.
- [65] 石玉鑫, 杨泽青, 赵志滨, 等. 一种面向商品评价对象挖掘的领域词典构建法[J]. 软件工程, 2019, 022(001): P.1-7.
- [66] 黄鲁成, 郝亚丽, 李晋, 等. 基于多源数据的养老科技技术体系识别研究[J]. 世界科技研究与发展, 2019, 41(6): 585-595.
- [67] 龚乐君, 张知菲. 基于领域词典与 CRF 双层标注的中文电子病历实体识别[J]. 工程科学学报, 2020, 42(4): 469-475.
- [68] 朱婷婷, 杜一帆, 李睿凡, 等. 基于无监督方法的电力文本专业词汇识别研究[J]. 电力工程技术, 2020, 39(6): 159-165.
- [69] 成于思, 施云涛. 面向专业领域的中文分词方法[J]. 计算机工程与应用, 2018, 54(17): 30-34+109.
- [70] 王连喜. 面向公共安全领域的词典构建及其舆情事件识别研究[J]. 情报探索, 2020, 1(02): 1.

- [71]叶霞,曹军博,许飞翔,郭鸿燕,尹列东.中文领域情感词典自适应学习方法[J].计算机工程与设计,2020,41(8):2231-2237.
- [72]Le Q, Mikolov T. Distributed representations of sentences and documents[C]//International conference on machine learning. PMLR, 2014: 1188-1196.
- [73]Hinton G E, Osindero S, Teh Y W. A fast learning algorithm for deep belief nets[J]. Neural computation, 2006, 18(7): 1527-1554.
- [74]LeCun Y, Bottou L, Bengio Y, et al. Gradient-based learning applied to document recognition[J]. Proceedings of the IEEE, 1998, 86(11): 2278-2324.
- [75]Jordan M I. Serial order: A parallel distributed processing approach[M]//Advances in psychology. North-Holland, 1997, 121: 471-495.
- [76]Hochreiter S, Schmidhuber J. Long short-term memory[J]. Neural computation, 1997, 9(8): 1735-1780.
- [77]Holland J H . Adaptation in Natural and Artificial Systems: An Introductory Analysis With Applications to Biology, Control, and Artificial Intelligence[M]. 1975.
- [78]Srinivas N, Deb K. Multiobjective optimization using nondominated sorting in genetic algorithms[J]. Evolutionary computation, 1994, 2(3): 221-248.
- [79]Deb K , Pratap A , Agarwal S , et al. A fast and elitist multiobjective genetic algorithm: NSGA-II[J]. IEEE Transactions on Evolutionary Computation, 2002, 6(2):0-197
- [80]茅范贞,陈俊泽,苏彩秀,等.老年健康功能多维评定量表的研制[J].中国卫生统计,2015,32(3):379-382.
- [81]顾建丽,王耀曼,王娟. Barthel 指数评定量表在医养结合老年病人护理分级中的应用[J].蚌埠医学院学报,2017,42(12):1700-1702.
- [82]袁铎宁,姜艳萍.岗位存在占有申请者条件下人岗双边匹配模型[J].控制与决策,2019,34(05):1069-1076.
- [83]张重阳,樊治平,徐皓,于超.服务方案设计中的服务要素优化配置[J].计算机集成制造系统,2015,21(11):3063-3071.
- [84]叶媛媛,闵春平,沈林成.多UCAV任务分配的混合遗传算法与约束处理[J].控制與决策,2006,21(7):781-786.
- [85]孙艳丰,郑加齐,王德兴,武华.基于遗传算法的约束优化方法评述[J].北方交通大学学报,2000(06):14-19.
- [86]王吉权,程志文,张攀利,代伟婷.求解有约束优化问题的实数遗传算法改进研究[J].控制与决策,2019,34(05):937-946.

## 致谢

四年前的7月，初来北平，马路上翻滚的热浪，颐和园门口的老北京冰棍，黄紫渐变的火热夕阳，夜幕下没有想象高大的天安门，那时的所有景象一时间在我眼前一一浮现。

四年前的10月，接到人大的待录取通知，我在qq空间写下，这一路走来，想跟很多人说谢谢。

临到现在，这份心情更加绵长。

这份论文的撰写，得益于我的导师左美云老师给予我的思想启迪与学术指导，左老师历来秉承做“顶天立地”的研究，富有现实主义的理性与理想主义的热情，时常激励并将持续影响着我对工作与人生的态度。

我度过三年的实验室——智慧养老研究所，这里有很多可爱的人。在这里要感谢周老师及各位同门对我论文写作思路与研究上无私的帮助，还有已经毕业的王配配师姐在论文代码设计阶段给了我相当程度的参考借鉴，谢谢你们。

我度过三年的寝室——北园二楼420，谢谢大家的陪伴。

一起度过了三年四年又三年的或且非，我们是怎么保持每天每天都可以谈天说地并且毫不厌倦彼此的呢，我一直对这件事情感到神奇，并且深感自己是一个幸运的人，因为遇到你。谢谢我们都可以当彼此的情绪垃圾桶与安慰剂，和你一起计划的未来，希望都能成真。

在一起三年的小罗同学，三年前在月光下的荷池长椅，你握着我的手，问我到时候会回来吗，我说一定，照现在这情形，对不起我好像要失约了，未来我们会怎么样呢，周围的人好像都在担心，我却更想用一种拆开巧克力包装纸的心情来迎接我们的未来。另外，恭喜你，占据了我三年时光50%以上的喜怒哀乐，我的生命，因你而火热。

想借用一句影响我人生观的国产剧《武林外传》中的台词作为结尾：

这三年很短，如白驹过隙，转瞬即逝；可这份心情很长，如高山大川，绵延不绝。