



综述

运营商智能客服的关键技术和发展趋势

马晓亮^{1,2,3}, 刘英^{2,3}, 杜德泉^{2,3}, 安玲玲¹

(1. 西安电子科技大学, 陕西 西安 710126;

2. 中国电信股份有限公司广州分公司, 广东 广州 510620;

3. 马晓亮劳模与工匠人才创新工作室, 广东 广州 510620)

摘要: 探讨了运营商智能客服的技术发展趋势, 介绍了自动语音识别 (automatic speech recognition, ASR) 转写纠错技术、语义提取技术、加密数据库以及坐席访问控制等技术。分析了语音识别的错误检测和自动纠错两种不同的研究方向; 在语义理解方面分析了小样本训练下的有监督学习和无监督的关键词提取; 介绍了大数据加密和坐席访问控制技术。同时, 展望了多模态交互技术、智能推荐技术和面向残疾人服务等技术方向。总之, 智能客服技术的发展与创新将为通信行业带来更高效、便捷的服务体验, 推动行业服务水平的进步。

关键词: AI 客服; 关键技术; 人工智能

中图分类号: TP393

文献标志码: A

doi: 10.11959/j.issn.1000-0801.2023110

Key technologies and development trends of intelligent customer service for operators

MA Xiaoliang^{1,2,3}, LIU Ying^{2,3}, DU Dequan^{2,3}, AN Lingling¹

1. Xidian University, Xi'an 710126, China

2. Guangzhou Branch of China Telecom Co., Ltd., Guangzhou 510620, China

3. Ma Xiaoliang Innovation Studio for Model Workers and Creative Talents, Guangzhou 510620, China

Abstract: The technology development trend of intelligent customer service for operators was discussed, and automatic speech recognition (ASR) transcription error correction technology, semantic extraction technology, encrypted database, and agent access control technology were introduced. Two different research directions of error detection and automatic error correction for speech recognition were analyzed, two directions of supervised learning and unsupervised learning were discussed, and big data encryption and agent access control technologies were introduced. At the same time, the technical directions of multimodal interaction technology, intelligent recommendation technology and disabled-oriented services were prospected. In conclusion, the development and innovation of intelligent customer service technology will bring a more efficient and convenient service experience to the communication industry and strongly promote the progress of the industry service level.

Key words: AI customer service, key technology, AI

收稿日期: 2023-02-23; 修回日期: 2023-05-10

通信作者: 刘英, liuying2.gd@chinatelecom.cn

基金项目: 国家重点研发计划项目 (No.2022YFB3102700, No.2018YFB1802400); 国家自然科学基金重点项目 (No.62132013)

Foundation Items: The National Key Research and Development Program of China (No.2022YFB3102700, No.2018YFB1802400), Key Program of the National Natural Science Foundation of China (No.62132013)

0 引言

近年来,运营商将人工智能技术运用到客服智能化,如电信客服中的话费自动查询服务^[1]。但在实际应用中,通用自动语音识别(automatic speech recognition, ASR)引擎对于行业特定术语和方言的识别精度相对较低,这会影响关键词提取的准确性,并进一步影响后续业务组件的实现。此外,一方面运营商掌握了大量客户信息,另一方面,坐席数据访问的权限分配和管理方式单一,容易导致工作过程中客户隐私泄露。综上,智能客服系统需要充分考虑客户电话交流的文本转录准确率、关键词提取精度和效率以及数据安全管控等技术节点。

本研究依据数据采集、数据预处理、数据存储和管理的业务逻辑,介绍了ASR转写纠错技术、语义提取技术、加密数据库以及坐席访问控制等技术,以应对上述问题。同时,探讨了智能客服未来的技术发展方向,为运营商智能客服技术的发展提供了参考。智能客服技术的业务逻辑如图1所示。

语音自动识别转录和纠错技术可以将客户语音信息准确转化为文本信息,实现客户服务自动化^[2]。为了保证准确性,人工智能技术需要不断自我学习和优化,以提高识别能力。同时,语音纠错技术也是该领域的研究热点之一,可以有效纠正语音中的错误,提高语音信息的准确性,从而提升服务质量。

语义提取技术可以帮助客服人员更好地了

解客户需求,从而提供更精准的服务^[3]。自然语言处理(NLP)和机器学习技术是实现语义提取的重要工具,采用有监督学习或无监督学习的方式,可以构建和训练模型,提高语义提取的准确性。

运营商可能会收集和使用客户的私人信息,数据隐私控制技术可以帮助客户保护隐私信息,确保数据安全。数据隐私控制技术通常包括数据加密、数据权限控制、数据备份等多种手段。

随着技术的不断进步和应用场景的拓展,未来的运营商智能客服系统将更加全面和智能,包括声音、图像、文字、图形、视频等多模态交互模式,更加精准化和个性化的智能推荐技术,以及服务残疾人等特定人群的技术等,为用户提供更好的服务体验。

1 ASR转写纠错

ASR是指利用电子计算机把人类语言信息转录为书面形式的文字输出的技术过程。在运营商的服务场景中,方言语境增加了语音识别的难度,如在以粤语为主要语系的华南地区,客服对话面临方言自动识别的准确率问题。通用ASR引擎通过海量语音训练来提高识别准确率,其训练成本及训练时间均较高。在实际工程使用中,采用通用ASR引擎融合预设方案中的方言消歧词表,也就是在神经网络外增加记忆体,有效降低工程应用的训练成本和训练时间,提升方言语音自动识别的准确率,构成方言语音自动纠错技术。

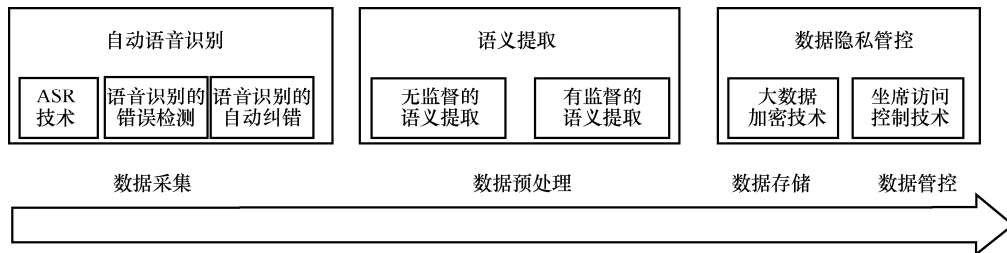


图1 智能客服技术的业务逻辑



ASR 技术发展、错误检测及自动纠错的演进历程阐述如下。

1.1 ASR 技术

ASR 技术最早追溯到 20 世纪 50 年代。1952 年, 美国贝尔实验室成立了第一台专门用来辨识英文数字的语音识别系统 Audrey^[4]。1987 年, 李开复提议并建立以 GMM-HMM (高斯混合模型-隐马尔可夫模型) 为内核的 SPHINX 操作系统, 这是一个“非特定人连续语音识别操作系统”^[5]。

从 20 世纪 80 时代起, 以隐马尔可夫模式 (hidden Markov model, HMM) 为代表的方法已开始广泛地运用于语言辨识任务中并占有主导地位^[6], 该技术过程主要包括 3 个时期: GMM-HMM 时期、DNN-HMM (神经网络-隐马尔可夫模型) 时期和端到端时期。

第一阶段: GMM-HMM 时期 (1994 年—2009 年)。这个阶段, GMM 主要用于定义 HMM 在每一个阶段内在的发音特性, 而 HMM 定义了发音的短时稳定的动态性。1994 年, 英国剑桥大学推出以 HMM 为基础的语音识别工具包 HTK, 加速 ASR 技术的应用^[7]。Hinton 等^[8]提出了深度置信网络 (DBN) 解决收敛速度慢的问题。Mohamed 等^[9]提出用连续判别训练准则优化深度置信网络的权值, 证明了基于序列训练准则学习的深度置信网络的性能较好, 其准确率达 78.3%。GMM-HMM 框架为研究者们给出语言识别精度的提高途径, 为下一代语言辨识技术的发展提供了准备。

第二阶段: DNN-HMM 时期 (2011 年—2016 年)。深度学习的兴起为声学建模提供了一种新的方法。研究人员使用深度神经网络 (DNN) 代替 GMM 来估计 HMM 的观测概率, 从而获得 DNN-HMM 语音识别系统, 并证实了神经网络在大词汇语音识别领域的优异性能^[10]。微软研究院的俞栋等^[11]将 DNN 方法运用到高词汇量的连续语音识别功能中, 从而大大地降低了语音识别的

失败概率。2016 年, Khan 等^[12]提出针对呼叫中心领域创建真实的对话语音数据集, 其包含环境噪声等多类真实要素, 实现在真实的通话环境中准确识别通话内容。该阶段, DNN 已经不再要求对语音数据信息分布作出假定, 而是将邻近的语音帧拼接, 并使用语音的时间单元数据信息, 因此相对状态的识别概率也得到进一步的提高, 并且 DNN 还具有强大环境的功能, 有助于进一步提高识别信噪比和口音的鲁棒度。

第三阶段: 端到端时期 (2017 年至 2023 年 5 月)。系统的语音识别对各个子模块的能力要求都不同, 会造成错误累积, 因此单个模块的最优估计不一定是整个域的最优解。针对这种情况, 研究人员提供了端到端语音识别系统, 将系统的声音波形 (或特征向量序列) 直接转换为文字和数字序列。声学建模、语音仿真、语音字典等功能可以在同一平台上存在, 并通过练习来优化效果, 极大改善了声音建模流程^[13]。2017 年, 谷歌将 Sequence-to-Sequence 方法运用在语言识别领域, 并达到相当好的成效, 词失败率也降至 5.6%^[14]。科大讯飞的“高深度全序列卷积层神经网络”利用大规模的叠加卷积层记录更多的历史数据, 将识别准确率提高到 99.2%, 对比基准模型提升了 5pp^[15]。阿里巴巴还提出了低帧率的深度前馈记忆网络概念, 把低帧率计算与深度前馈序列记忆网络 (deep feed-forward sequential memory network, DFSMN) 算法相结合, 解码速度提升近 3 倍^[16]。端到端技术的引入, 极大地克服了在语音识别领域中输入序列长度远超输出序列长度的挑战。此技术不再采用 HMM (隐马尔可夫模型) 表示音素位置变换, 而是将各类语音识别模型整合至神经网络模型中, 推动语音识别技术朝简洁、高效的方向发展。

回顾 ASR 技术的发展历程, 通用语音识别的准确率有了大幅度的提升, 但在行业细分领域, 其性能仍存在不足。针对 ASR 转写错误的

问题,研究者从错误检测和自动纠错两个方向上进行了探索。

1.2 语音识别的错误检测

研究者利用分类的方法检测语音识别结果中是否存在错误,主要是根据 ASR 系统生成的信息(如置信度分数、语法特征、语义特征等)对每个词语的识别正误进行判断,然后对识别错误的词语进行人工纠正^[17]。

Zhou 等^[18]提出根据置信度分数与句法结构,采用朴素贝叶斯、神经网络和支持向量机 3 种分类模型进行错误检测。本方法优点是不需要考虑 ASR 内部参数。2022 年,Meripo 等^[19]利用声学编码器和语言编码器分别对语音和文本进行建模,在化学及医药语音组的转录达到 92.2% 的准确率。

上述研究解决了自动检测 ASR 结果错误的问题,但正确输出仍需人工纠正。

1.3 语音识别的自动纠错

语音识别的自动纠错是将 ASR 的错误检测和纠正合并进行自动化处理的技术。有研究是在检测到错误识别的词语之后,引导用户对提供的纠正候选词合集作出反馈,以完成对错误识别词语的纠正^[20];也有研究为用户提供一个导航视图用于错误信息的纠正^[21]。

王兴建等^[22]利用拼音相似度来解决同音词识别错误的问题,但其模型处理吞音、添音时效果不佳。张佳宁等^[23]提出利用预训练的 word2vec 模型提取语音识别文本的关键词,但其模型对长音频的语音识别后文本纠错效果不佳。以上研究在

一定程度上提升了语音识别的准确率,但是针对细分行业的效果则差强人意。

有学者针对地铁服务热线等行业的实际场景,解决通用 ASR 技术面临的环境嘈杂、不同地铁站的名称相似等困难。马文晖等^[24]提出的基于数据和理解的语音识别后的查错与纠正方法,包括在铁路信号中的语音识别和文本纠正等技术,识别准确率达 81.8%。黄大吉等^[25]提出利用模板匹配的策略优化通用 ASR 识别铁路车务术语的方法,识别准确率达 92.5%,相比传统语音识别率提高了 29.1%。以上研究在特定场景下提高了语音识别的准确率,但仅适用于需要识别的文本较为简短,对纠错步骤的时间要求较为宽松的场景。语音识别的错误检测和自动纠错对比见表 1。

ASR 研究现状如图 2 所示。

总的来看,在方言语境及客户服务等细分领域,ASR 转写的精准度还面临着许多挑战,如客服领域内特有的专有名词、具有方言口音的普通话语音等;同时,纠错词库的建设依赖于大量人工标注的数据,使其在数据缺乏的特殊领域内应用受限,搭建的语音识别系统性能并不理想。

2 语义提取技术

语义提取技术是指利用特定的规律或数学模型的方法获取关于文本内容的关键词,这种方法在文献挖掘中被称为关键字抽取(keyword extraction),而在数据搜索方面被称为自动标引(automatic indexing)。

表 1 语音识别的错误检测和自动纠错对比

研究方向	目标	技术手段	实现方式	局限性
语音识别的错误检测	减少误识别率,提高识别准确率	基于统计学方法和机器学习算法等来检测是否存在错误	可以作为一项独立的任务进行	只能检测出可能存在的错误,不能进行自动纠错
语音识别的自动纠错	提高识别准确率,提高用户体验	基于声学模型、语言模型和上下文信息等来纠正错误	可以在语音识别系统中嵌入实现	需要大量语音数据训练,同时模型的准确度受限于语音数据的质量和覆盖范围

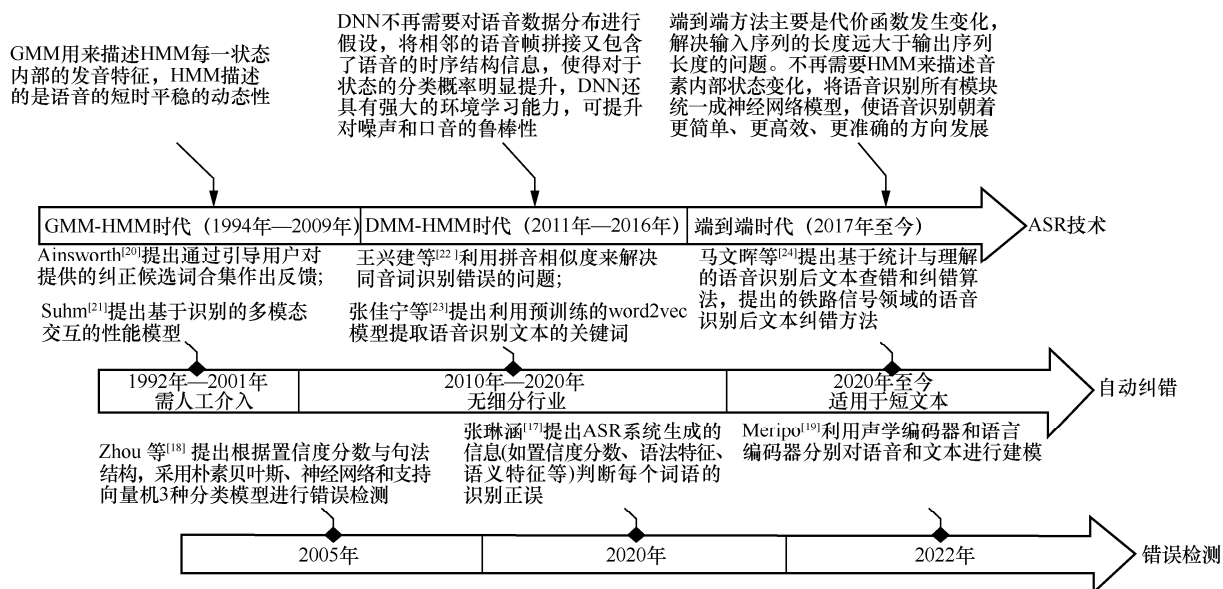


图2 ASR研究现状

通用领域的语义提取技术采用构建细分领域语料库来提升语义提取精度, 但需要投入较大人力成本构建大型语料库, 并需在复杂环境下完成对关键词提取模型的训练。在实际工程应用中, 通用语义提取技术可融合基于深度神经网络的小样本训练技术, 以及同义词匹配技术, 以降低工程应用成本并提升语义提取精度。按照背景技术划分, 语义提取技术可分为无监督训练和有监督训练两种类型, 其演进历程阐述如下。

2.1 基于无监督的语义提取

无监督的语义提取方法不需要人工标注的语料, 利用统计特征等方式来发现文本中比较重要的词, 将这些词作为关键词, 并据此进行关键词抽取。经过几年的发展, 该类方法在语义提取任务中一直处于关键的地位^[26]。无监督的语义提取模式如图3所示。

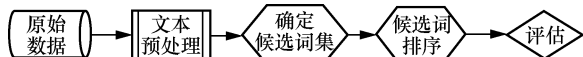


图3 无监督的语义提取模式

1957年, Luhn^[27]首次提出了依据词频的语义关键词自动提取方法。2009年, Liu 等^[28]根据主题词

的相似度进行聚类, 并将文档所属主题的对应该核心词分配给该文档作为关键词。实验表明该方法具有良好的鲁棒性, 明显优于其他基线方法。Liu 等^[29]提出了 TPR 算法, 基于 LDA 来获得每个主题下的主题词。实验表明在关键词提取上, TPR 算法比其他基线方法的性能更好。为了减少计算量, Sterckx 提出了 Single_TPR 模型, 只关注某一单词在某一个主题下的概率。实验结果证明这些修改并没有明显改善性能, 但同时相比其他基线方法大幅度缩短了时间^[30]。2022年, 毛立琦等^[31]通过迁移方法给出一个无监控的文本关键字获取模式。实验结果表明, 该模式可以对完全没有监控的文件进行使用, 相比 BiLSTM-CRF 模式具有更佳的关键字获取效率。

总的来说, 无监督提取关键词的方法存在准确率较低、提取出的主题词与文档关联较弱、不能很好地诠释文档主题等问题。

生成型预训练变换(chat generative pre-trained transformer, ChatGPT) 模型也属于一种基于 Transformer 语言模型(转换器模型)开发的无监督学习技术。Transformer 语言模型是一种可以自动提取语句中的特征的深度学习模型, 它可以被

用来实现文本分类和翻译等任务。ChatGPT 则是利用 Transformer 语言模型实现人机对话，以此来学习如何恰当地建立和维护对话关系。

ChatGPT 的发展历程始于 2014 年，当时以第一代开放人工智能公司（OpenAI）的 GPT（generative pre-trained transformer）模型为基础，开发出采用编码器—解码器结构的 GPT-2 模型，用于自动生成英文文本。这是 ChatGPT 无监督学习的起源。

2018 年，谷歌提出了 BERT（bidirectional encoder representations from transformers）模型，用于 NLP 任务，从而开启了聊天机器人领域的新篇章。2019 年，脸书提出一种将 GPT-2 应用于聊天机器人的模型——RoBERTa-DST。该模型采用编码器—解码器结构，可以在无标签和无示例的聊天语料中训练出可用于自然语言处理的模型。

2020 年，美国华盛顿大学的研究人员提出一种新的无监督学习方法——GPT-3 模型，该模型也采用编码器—解码器结构，既能够处理语言理解任务，也能够实现极具表现力的聊天内容生成。GPT-3 是 GPT-2 的后续工作，其沿用了 GPT-2 的模型架构，并且参数量达到 1 750 亿（是 GPT-2 的 100 多倍），几乎是所有非稀疏（non-sparse）神经网络模型中最大的。GPT-3 除了使用更大的模型和数据集进行训练之外，其主要的创新点是使用了一种新的机器学习范式——上下文学习（in-context learning, ICL）。该范式类似于预训练—微调机制，不同之处是它没有微调的过程（即预训练完后就不再变动模型参数权重）。在训练时，该方法通过学习和识别上下文中重复出现的模式（pattern）进行预测，在大量训练后产生了元学习能力（meta-learning）。在预测时仅使用数据量极小的下游样例作为提示词（prompts）的一部分，就能使语言模型生成对应任务要求的答案。

2022 年 4 月，OpenAI 提出对话机器人（InstructGPT），InstructGPT 是基于 GPT-3 架构的模型，其更侧重于生成符合用户需求的、无害的

回答。为了避免模型只是单纯地生成出现概率高的文本，InstructGPT 采用了人类反馈的强化学习（reinforcement learning from human feedback, RLHF）方法进行微调，该方法使用经典的强化学习算法——近端策略优化（proximal policy optimization, PPO），在人类标记过的答案上学习人类的偏好。

2022 年 11 月，OpenAI 正式提出 ChatGPT。ChatGPT 是 OpenAI 后续用于对话系统的语言模型，其主要依赖于 GPT-3.5 的模型（GPT-3.5 是 GPT-3 的后续版本）以及 InstructGPT 的训练方法，可使用对话数据进行强化学习指令微调。

目前，ChatGPT 模型已经成为聊天机器人研究的热门模型，被广泛应用于聊天机器人系统的开发中。

2.2 基于有监督的语义提取

有监督的语义抽取方式把关键词提取过程视为二元分类问题，首先，提取候选词，然后标记每个候选词，要么是关键字，要么不是关键字。然后训练关键字提取分类器^[32]。有监督的语义提取模式如图 4 所示。

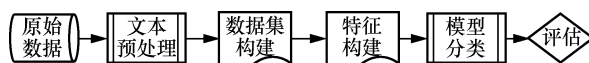


图 4 有监督的语义提取模式

1999 年，Frank 等^[33]将朴素贝叶斯模型用于主题词提取。实验表明，该模型可显著提高提取关键短语的质量。Wang 等^[34]将支持向量机引入主题词提取。实验表明，该算法较精确，所提取的关键短语中有 80%以上是可接受的。Ercan 等^[35]则使用了词汇链技术提取关键词。实验表明，词汇链特征显著提高了关键词准确率：其准确率能提高 28%。Zhang 等^[36]提出，通过双层 RNN 捕获词汇的位置和排序中关键字的标记。实验结果表明，在学术论文关键词抽取时，CRF 模式明显高于支持向量机、多元线性回归模型等方法。Zhang 等^[37]提出使用双层 RNN 捕获单词的信息



和序列中关键词的标注。实验表明,该方法在“推特”关键词提取上有很好的效果。2017年,Meng等^[38]提出了CopyRNN模型提取学术文本的关键词。实验表明,该模型在预测既有关键短语方面表现良好,且能生成原文本中缺少的主题相关关键词短语。Chen等^[39]提出CorrRNN模型,考虑了多个关键字之间的相关性,从而提高关键词的覆盖率。实验表明,其模型可以改善关键短语生成的覆盖范围,且收敛速度比CopyRNN更快。2019年,Alzaidy等^[40]提出BiLSTM+CRF模型,在准确性上有了较大的提升。实验表明,准确率从原模型的27.71%(CopyRNN)提高到64.19%。Chen等^[41]提出了标题引导网络模型,融合了标题信息;实验表明,对“标题长度比”非常低或非常高的文档,该模型能较高效地生成关键短语。2021年,马莉媛等^[42]提出了基于LightGBM的文本关键词提取方法。实验表明,其模型关键词准确率83.5%,对比其他基线提升13%。2022年,潘慧萍等^[43]在从Bert提取的政府发展论文中的关键词、卢啸岩等^[44]基于BERT-BiLSTM-

TFIDF提供的企业发展资料的关键词、何传鹏等^[45]融合BERT和基于决策树算法的分布式梯度提升框架(light gradient boosting machine, LightBGM)进行评论文本的关键词提取,这些方法可有效提升关键词提取效果。

语义提取技术研究现状如图5所示。

尽管有监督的方法在关键词提取的准确度上有了提升,但是这类方法需要大量的高质量人工标注的语料,在电信运营商细分领域中,客服数据量庞大,因此构建语料库的成本将较高。

无监督的语义提取和有监督的语义提取对比见表2。

总的来看,现有语义提取技术需要大量的标注语料数据进行训练,一方面大量人工标注语料的成本高昂;另一方面样本数据不足的方言语义理解场景,往往导致训练无效。

3 加密数据库及坐席访问控制技术

客服平台产生和存储海量客户数据,并且数据类型和相互关系复杂,这些数据跨部门、跨机



图5 语义提取技术研究现状

表 2 无监督语义提取和有监督语义提取对比

研究方向	目标	技术手段	实现方式	局限性
无监督的语义提取	自动获取高维数据的特征, 用于聚类、分类等任务	基于无监督深度学习算法, 如自编码器、VAE 等	可以独立完成, 不需要大量标注数据	无法保证提取到的特征与任务相关, 效果可能不如监督方法好
有监督语义提取	在标注数据上进行训练, 从而实现对新数据的分类、识别等任务	基于监督深度学习算法, 如 CNN、RNN、Transformer 等	需要大量的标注数据来进行训练	需要大量标注数据, 同时模型容易过拟合, 泛化能力有限

构交互频繁, 导致敏感信息易泄露; 同时客服坐席的数据权限管理缺少统一调度, 导致坐席越权访问, 也增加了客户数据泄露的风险。通用的隐私保护技术是加密海量客户数据, 无差别控制全量坐席的数据权限, 但需要占用大量算力, 耗费成本较高。在实际工程应用中, 采用匿名隐藏与差分隐私混淆的数据隐私保护技术, 可进行个性化、小级别的精准数据加密; 采用云边协同响应的坐席访问控制技术, 可分级、分层控制坐席信息访问权限, 在成本可控和占用较小算力的情况下, 既降低客户数据泄露风险, 又保证在线服务体验的安全性。大数据加密及坐席访问控制技术研究现状如图 6 所示。

客服数据的安全保护需求体现在大数据加密、坐席访问控制两个方面, 其技术演进历程阐述如下。

3.1 大数据加密技术

为了保证对客户隐私数据的保密性, 企业必须对数据进行保密。常用的密码形式, 包括对称加密和非对称加密。对称加密的方法, 虽然能够提高加解密效率, 但是密钥管理比较复杂, 无法

广泛应用在大量使用的领域中。非对称加密的方法, 密码易于使用, 但算法代价昂贵, 不能应用在信息量大且用户持续增加的场景。由于运营商客服系统往往具有大量用户且访问数据庞大, 所以研发快速加/解密技术是目前大数据分析加密算法的重点研发领域。目前主流的加密方法有: 属性加密方法、代理重加密方案、同态数据加密方案等。

2004 年, Sahai 等^[46]率先发明了属性密码方法, 将数据信息特性和加密算法中的公钥与私钥联系, 用户私钥必须具备解密数据的基本属性时才能解密。2007 年, Bethencourt 等^[47]给出了密文策略的属性加密方案, 在密文中嵌入接入策略, 解密私钥仅与属性集合相关, 但是该方案未研究如何提高加密和解密的效率。为了大幅减少客户端的解密运算量, 2011 年, Green 等^[48]设计了一种属性密码外包方案, 将繁杂的解密运算由云服务提供商转变为一种解密问题, 终端用户只需要一次指数运算。为了解决属性值而导致的隐私信息暴露问题, 2022 年, 丁文倩^[49]提出了一种带有密文检索机制的属性密码方法。这种方法采用了

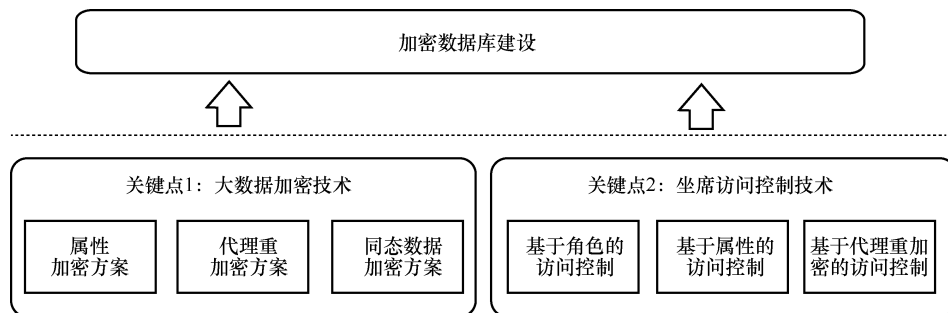


图 6 大数据加密及坐席访问控制技术研究现状



多元多项式的树状访问方式, 把不真实的属性数据隐含于多项式系数中, 从而保存了大量隐私数据。不过, 由于时间复杂度大, 该保密方法还无法在大数据领域中广泛应用。

1988 年, Blaze 等^[50]提供了代理者重加密方法, 允许可信的代理者将数据发件人的秘密文件转化为数据接受方可破译的重密文, 而不泄露发送者消息。2007 年, Green 等^[51]发明了一个基于身份的代理式重密码方法, 以使用者的唯一身份信息为公钥进行重密码, 既有非互动性, 又有非传递性、单向性等特点。2009 年, Weng 等^[52]发明的条件代理重密码方法引入了访问控制机理, 只有当密钥与密文的要求同步实现后, 方可完成破译作业。2022 年, 薛庆水等^[53]指出基于条件代理以及加密的跨链数据共享方法, 在跨链数据共享领域将更加可靠, 可以获得较高的跨链交互效果和较低的数据费用。

2009 年, Gentry^[54]用“理想格”创建了全同态数据加密方法。2010 年, Gentry^[55]进一步设计了密钥生成算法, 在稀疏子集求和及“理想格”最坏情况的困难问题上, 构建了完全同态加密方案的安全性, 提高了加密方案的可靠性。2013 年, Cheon 等^[56]发明的批处理完全同态加密算法, 依赖于判定近似的最大公约数问题 and 无误接近最大公约数问题, 成功解决了整数环上的完全同态密码难题。同态加密算法也能够处理有关隐私安全的计算问题, 但其运算代价相当昂贵, 对数据的处理效能也低下。

在客服数据库建设中, 随着运营商存储的客户隐私数据的不断增加, 提高加密算法的运算效率, 研发快速、高效的加密算法将是客服加密数据库建设的最重要工作。

3.2 坐席访问控制技术

坐席使用控制技术, 是指根据用户姓名和用户归属性的定义组, 以约束坐席对信息项的使用范围, 并约束坐席对特定用户信息的应用的一门

技术。当前的访问管理技术主要包括: 基于角色的访问管理技术、基于属性的访问管理技术和基于代理的重新加密访问管理技术。

2005 年, Sandhu 等^[57]提供一种基于角色的访问控制方法, 针对各种人物给出不同的存取控制功能。根据云端大数据的时空关系, 2006 年, Ray 等^[58]提供了一个角色的访问控制技术, 在对用户的访问控制策略中导入位置数据技术, 以用户的定位数据为判别标准, 确定用户是否拥有访问权。

基于属性管理的访问控制方法是根据资源特性、环境特性、应用特性等, 管理用户访问权限的方式^[59]。基于属性的来访管控方法, 考虑用户全方位特性, 能进行更细粒度的访问控制管理。在建立密文功能的加密管理基础上, 2011 年, Sun 等^[60]提供了把公钥和私钥形式化为读写权限, 并通过设计密钥来实现访客管控的新方法。

2009 年, Liang 等^[61]提出了采用代理重密码的访问控制技术, 利用代理方法把密文的一个访问结构树密码更改为另一个访问结构树密码, 再进行访问撤销, 避免了用户的属性改变后失去对该重密码文件的存取权利的问题。2010 年, Yu 等^[62]提出一种基于密钥策略属性加密的细粒度访问控制技术, 同时基于重加密技术, 实现了有效的用户撤销机制。为提高大数据可靠性, 2012 年, Yang 等^[63]提供了一种云平台的多权限中心访问控制模式。由可信任的认证签发单位, 为每一位客户提供独立的标识符和授权标识符。只有通过许可证颁发单位所认可的标志与密钥才能破译信息。2022 年, 许振武等^[64]对代理重加密技术进行了优化与完善, 通过由可信的生成中心所产生的与密钥和细粒度相关的访问策略信息, 将信息重新加密成了密文, 在加密与再加密的处理过程中减少了双线性映射的操作, 从而减少了计算代价。

大数据加密和坐席访问控制对比见表 3。

表 3 大数据加密和坐席访问控制对比

研究方向	目标	技术手段	实现方式	局限性
大数据加密	在维护数据隐私的同时，尽可能地减少数据处理的效率损失	基于加密算法、混淆技术、数据分散等技术实现数据保护	在数据处理过程中进行加密和保护	可能会降低大数据分析和处理的效率，需要权衡数据安全和处理效率的平衡
坐席访问控制	保障坐席的安全性和稳定性，以及客户信息的保密性	使用身份验证、权限管理、访问控制等技术控制坐席访问	在坐席使用和管理过程中进行访问控制和权限设置	需要正确定义角色和权限管理机制，避免权限过松或过严而影响工作效率

在运营商客服平台建设中，随着坐席访问用户不断增多，且不同类型数据的安全需求不一致。研发多层级的坐席安全访问控制技术，是客服加密数据库建设的另一个重点工作。

4 未来技术方向

电信运营商引进人工智能客服技术，以提高传统呼叫中心效率，已成为当前行业发展的关键趋势。以某省会城市的电信运营商为例，该企业引进了本研究所描述的智能客服技术，成功打造了全新的客服平台。经实践验证，新平台显著提高了客户服务质量，实现更少坐席承载更多工单，处理质量更佳，客户感知更加优质：坐席人员从 278 人降至 232 人，下降了 15.5%；工单承载量从 6.6 万单提升至 7.9 万单，提高了 19.7%；客户满意度从 91.9% 提升至 93.7%，提高了 1.8 个百分点。

本文认为，运营商智能客服未来的技术方向将主要集中在以下几个方面。

(1) 多模态交互技术

多模态交互技术将会成为重要的发展趋势。客户可以通过语音与机器人进行交流，机器人能够识别并理解客户的语音指令，并给出相应的回答。此外，还将支持图像交互方式，客户可以通过上传照片等方式，让机器人更好地了解自己的具体问题，从而提供更准确的解决方案。手势交互方式也将成为未来 AI 客服平台的一个重要特点，客户可以通过手势操作，完成一系列操作，如选择某个功能、打开某个页面等，这将大大提高客户的交互体验，使得整个服务过程更加高效、便捷。总之，未来的智能客服将会充分结合多种

交互方式，让客户能够通过最适合自己的方式与机器人进行交互，提高交互效率，提供更优质的服务。

(2) 智能推荐技术

智能推荐技术是指利用人工智能算法对大量用户数据进行分析，从而为每个用户提供适合其兴趣和需求的产品、服务或信息。周晶等^[65]提出了对数据进行深度挖掘，将自然语言转化为计算机语言，最大限度地展示数据的价值，可以服务于智能推荐等。一方面，未来的 AI 客服平台将更加深入地挖掘用户的历史数据和交互行为，并根据这些数据进行深度学习和分析，以了解用户的兴趣、需求和行为模式等特征。基于得到的这些特征，AI 客服平台可以为每个用户提供个性化的服务和推荐，比如根据用户喜好推荐他们喜欢的产品或服务，或者根据用户的购买历史推荐相关的商品。另一方面，未来的 AI 客服平台也将更加注重用户反馈和意见的收集和分析。当用户与 AI 客服平台交互时，平台可以通过语音识别技术或自然语言处理技术进行语音或文本内容的抓取和分析，以了解用户的需求和反馈。基于此，平台可以进一步调整其推荐策略，提高用户的满意度和体验。

(3) 面向服务于特定人群功能构成

随着人工智能技术的快速进步，在智能语音、自然语言处理、计算机视觉等领域的应用逐渐成熟，残疾人服务的智能化水平正在逐步提高，这为残疾人带来更加便捷的服务体验。例如，针对视力、听力等残疾人的不同需求，智能客服可以提供定制化的服务，如语音播报、字幕显示以及



基于手势和表情的交互方式等。此外,智能客服技术还可以结合物联网技术,实现智能家居的控制与管理。例如,残疾人可以利用智能手机或智能手表等移动设备控制各种智能家居设备,如灯光、电视等,并且可以通过智能客服提供的语音命令或界面,完成远程控制和管理。

未来智能客服的技术方向将会更加注重多模态交互技术、智能推荐技术和服务特定人群技术等方面,这些技术的不断发展和应用,将会为客户提供更加高效、精准、个性化的服务,提升客户的体验和满意度。

参考文献:

- [1] 朱敏, 张丹丹. 基于人工智能的电信运营商智慧客服系统探讨[J]. 信息技术与信息化, 2019(7): 153-155.
ZHU M, ZHANG D D. Discussion on intelligent customer service system of telecom operators based on artificial intelligence[J]. Information Technology & Informatization, 2019(7): 153-155.
- [2] 蒋竺芳. 端到端自动语音识别技术研究[D]. 北京: 北京邮电大学, 2019.
JIANG Z F. Research on end-to-end automatic speech recognition technology[D]. Beijing: Beijing University of Posts and Telecommunications, 2019.
- [3] 章成志. 自动标引研究的回顾与展望[J]. 现代图书情报技术, 2007(11): 33-39.
ZHANG C Z. Review and prospect of automatic indexing research[J]. New Technology of Library and Information Service, 2007(11): 33-39.
- [4] DAVIS K H, BIDDULPH R, BALASHEK S. Automatic recognition of spoken digits[J]. The Journal of the Acoustical Society of America, 1952, 24(6): 637-642.
- [5] LEE K F, HON H W, REDDY R. An overview of the SPHINX speech recognition system[J]. IEEE Transactions on Acoustics, Speech, and Signal Processing, 1990, 38(1): 35-45.
- [6] WILPON J G, RABINER L R. Application of hidden Markov models to automatic speech endpoint detection[J]. Computer Speech & Language, 1987, 2(3/4): 321-341.
- [7] YOUNG S, EVERMANN G, GALES M, et al. The HTK book[EB]. 2005.
- [8] HINTON G E, OSINDERO S, TEH Y W. A fast learning algorithm for deep belief nets[J]. Neural Computation, 2006, 18(7): 1527-1554.
- [9] MOHAMED A R, YU D, DENG L. Investigation of full-sequence training of deep belief networks for speech recognition [C]// Proceedings of Eleventh Annual Conference of the International Speech Communication Association. ISCA: ISCA, 2010.
- [10] HINTON G, DENG L, YU D, et al. Deep neural networks for acoustic modeling in speech recognition: the shared views of four research groups[J]. IEEE Signal Processing Magazine, 2012, 29(6): 82-97.
- [11] 俞栋, 邓力. 解析深度学习: 语音识别实践[M]. 俞凯, 钱彦旻, 等译. 北京: 电子工业出版社, 2016.
YU D, DENG L. Analytic deep learning: speech recognition in practice[M]. Translated by YU K, QIAN Y M, et al. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2016.
- [12] KHAN S, BASU J, PAL M, et al. Multilingual conversational telephony speech corpus creation for real world speaker diarization and recognition[C]//Proceedings of 2016 Conference of The Oriental Chapter of International Committee for Coordination and Standardization of Speech Databases and Assessment Techniques (O-COCOSDA). Piscataway: IEEE Press, 2016: 177-182.
- [13] BAHDANAU D, CHO K, BENGIO Y. Neural machine translation by jointly learning to align and translate"[C]//Proceedings of 3rd International Conference on Learning Representations, ICLR 2015. 2015: arXiv:1409.0473v6.2015.
- [14] CHIU C C, SAINATH T N, WU Y, et al. State-of-the-art speech recognition with sequence-to-sequence models[C]//Proceedings of International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing, ICASSP 2018. Piscataway: IEEE Press, 2018.
- [15] ZHANG W D, ZHANG F, CHEN W, et al. Fault state recognition of rolling bearing based fully convolutional network[J]. Computing in Science & Engineering, 2019, 21(5): 55-63.
- [16] ZHANG S L, LEI M, YAN Z J, et al. Deep-FSMN for large vocabulary continuous speech recognition[C]//Proceedings of 2018 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP). Calgary: IEEE, 2018: 5869-5873.
- [17] 张琳涵. 面向转录文本的语音识别错误检测和纠正方法研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2020.
ZHANG L H. Research on error detection and correction method of speech recognition for transcribed text[D]. Harbin: Harbin Institute of Technology, 2020.
- [18] ZHOU L N, SHI Y M, FENG J J, et al. Data mining for detecting errors in dictation speech recognition[J]. IEEE Transactions on Speech and Audio Processing, 2005, 13(5): 681-688.
- [19] MERIPO N V, KONAM S. ASR error detection via audio-transcript entailment[C]//Proceedings of Interspeech 2022,

- [S.I.:s.n.], 2022.
- [20] AINSWORTH W A, PRATT S R. Feedback strategies for error correction in speech recognition systems[J]. *International Journal of Man-Machine Studies*, 1992, 36(6): 833-842.
- [21] SUHM B, MYERS B, WAIBEL A. Multimodal error correction for speech user interfaces[J]. *ACM Transactions on Computer-Human Interaction*, 2001, 8(1): 60-98.
- [22] 王兴建. 语音识别后文本处理系统中文本语音信息评价算法研究[D]. 北京: 北京邮电大学, 2010.
WANG X J. Research on evaluation algorithm of text speech information in text processing system after speech recognition[D]. Beijing: Beijing University of Posts and Telecommunications, 2010.
- [23] 张佳宁, 严冬梅, 王勇. 基于 word2vec 的语音识别后文本纠错[J]. *计算机工程与设计*, 2020, 41(11): 3235-3240.
ZHANG J N, YAN D M, WANG Y. Text correction based on word2vec speech recognition[J]. *Computer Engineering and Design*, 2020, 41(11): 3235-3240.
- [24] 马文晖, 冯国斌, 刘为民, 等. 语音识别后文本纠错算法研究[J]. *铁道通信信号*, 2020, 56(11): 55-58.
MA W H, FENG G B, LIU W M, et al. Research on text error correction and detection algorithm after speech recognition[J]. *Railway Signalling & Communication*, 2020, 56(11): 55-58.
- [25] 黄大吉, 林海香. 基于嵌入式 NLP 的铁路车务术语语音识别方法[J]. *兰州交通大学学报*, 2020, 39(5): 64-69, 75.
HUANG D J, LIN H X. Railway traffic term speech recognition method based on embedded NLP[J]. *Journal of Lanzhou Jiaotong University*, 2020, 39(5): 64-69, 75.
- [26] 赵京胜, 朱巧明, 周国栋, 等. 自动关键词抽取研究综述[J]. *软件学报*, 2017, 28(9): 2431-2449
ZHAO J S, ZHU Q M, ZHOU G D, et al. Review of research in automatic keyword extraction[J]. *Journal of Software*, 2017, 28(9): 2431-2449.
- [27] LUHN H P. A statistical approach to mechanized encoding and searching of literary information[J]. *IBM Journal of Research and Development*, 1957, 1(4): 309-317.
- [28] LIU Z Y, LI P, ZHENG Y B, et al. Clustering to find exemplar terms for keyphrase extraction[C]//*Proceedings of the 2009 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing: Volume 1 - Volume 1*. New York: ACM Press, 2009: 257-266.
- [29] LIU Z Y, HUANG W Y, ZHENG Y B, et al. Automatic keyphrase extraction via topic decomposition[C]//*Proceedings of the 2010 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing*. New York: ACM Press, 2010: 366-376.
- [30] CHANG Y C, ZHANG Y X, WANG H, et al. Features oriented survey of state-of-the-art keyphrase extraction algorithms[J]. *Journal of Software*, 2018, 29(7): 2046-2070.
- [31] 毛立琦, 石拓, 吴林, 等. 基于领域自适应的无监督文本关键词提取模型: 以“人工智能风险”领域文本为例[J]. *情报理论与实践*, 2022, 45(3): 182-187.
MAO L Q, SHI T, WU L, et al. Unsupervised text keyword extraction model based on domain adaptation: take the “artificial intelligence risk” field text as an example[J]. *Information Studies (Theory & Application)*, 2022, 45(3): 182-187.
- [32] 胡少虎, 张颖怡, 章成志. 关键词提取研究综述[J]. *数据分析与知识发现*, 2020(3): 45-59.
HU S H, ZHANG Y Y, ZHANG C Z. Review of keyword extraction studies[J]. *Data Analysis and Knowledge Discovery*, 2020(3): 45-59.
- [33] FRANK E, PAYNTER G W, WITTEN I H, et al. Domain-specific keyphrase extraction[C]//*Proceedings of the 16th international joint conference on Artificial intelligence - Volume 2*. New York: ACM Press, 1999: 668-673.
- [34] WANG J B, PENG H. Keyphrases extraction from Web document by the least squares support vector machine[C]//*Proceedings of 2005 IEEE/WIC/ACM International Conference on Web Intelligence (WI'05)*. Piscataway: IEEE Press, 2005: 293-296.
- [35] ERCAN G, CICEKLI I. Using lexical chains for keyword extraction[J]. *Information Processing & Management*, 2007, 43(6): 1705-1714.
- [36] ZHANG C, WANG H, LIU Y, et al. Automatic keyword extraction from documents using conditional random fields[J]. *Journal of Computer Information Systems*, 2008, 4(3): 1169-1180.
- [37] ZHANG Q, WANG Y, GONG Y Y, et al. Keyphrase extraction using deep recurrent neural networks on twitter[C]//*Proceedings of the 2016 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing*. Stroudsburg, PA, USA: Association for Computational Linguistics, 2016: 836-845.
- [38] MENG R, ZHAO S Q, HAN S G, et al. Deep keyphrase generation[C]//*Proceedings of the 55th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics (Volume 1: Long Papers)*. Stroudsburg, PA, USA: Association for Computational Linguistics, 2017: 582-592.
- [39] CHEN J, ZHANG X M, WU Y, et al. Keyphrase generation with correlation constraints[C]//*Proceedings of the 2018 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing*. Stroudsburg, PA, USA: Association for Computational Linguistics, 2018: 4057-4066.
- [40] ALZAIDY R, CARAGEA C, GILES C L. Bi-LSTM-CRF sequence labeling for keyphrase extraction from scholarly documents[C]//*Proceedings of WWW '19: The World Wide Web*



- Conference. New York: ACM Press, 2019: 2551-2557.
- [41] CHEN W, GAO Y, ZHANG J, et al. Title-guided encoding for keyphraseregeneration[C]//Proceedings of the 33rd AAAI Conference on Artificial Intelligence. Palo Alto: AAAI Press, 2019: 6268-6275.
- [42] 马莉媛, 黄勃, 朱良奇, 等. 基于 LightGBM 的文本关键词提取方法[J]. 软件导刊, 2021, 20(7): 18-22.
- MA L Y, HUANG B, ZHU L Q, et al. A text keyword extraction method based on LightGBM[J]. Software Guide, 2021, 20(7): 18-22.
- [43] 潘慧萍, 李宝安, 张乐, 等. 基于多特征融合的政府工作报告关键词提取研究[J]. 数据分析与知识发现, 2022, 6(5): 54-63.
- PAN H P, LI B A, ZHANG L, et al. Extracting keywords from government work reports with multi-feature fusion[J]. Data Analysis and Knowledge Discovery, 2022, 6(5): 54-63.
- [44] 卢啸岩, 郑宇, 咎欣. 基于 BERT-BiLSTM-TFIDF 的产品研发文档关键词提取方法[J]. 工业工程与管理, 2022:1-13.
- LU X Y, ZHENG Y, ZAN X. Keywords extraction method of product development documents based on BERT-BiLSTM-TFIDF [J]. Industrial Engineering and Management, 2022:1-13.
- [45] 何传鹏, 尹玲, 黄勃, 等. 基于 BERT 和 LightGBM 的文本关键词提取方法[J]. 电子科技, 2023, 36(3): 7-13.
- HE C P, YIN L, HUANG B, et al. Text keyword extraction method based on BERT and LightGBM[J]. Electronic Science and Technology, 2023, 36(3): 7-13.
- [46] SAHAI A, WATERS B. Fuzzy identity-based encryption [M]//Lecture Notes in Computer Science. Heidelberg: Springer, 2004: 457-473.
- [47] BETHENCOURT J, SAHAI A, WATERS B. Ciphertext-policy attribute-based encryption[C]//Proceedings of 2007 IEEE Symposium on Security and Privacy (SP '07). Piscataway: IEEE Press, 2007: 321-334.
- [48] GREEN M, HOHENBERGER S, WATERS B. Outsourcing the decryption of ABE ciphertexts[C]//Proceedings of the 20th USENIX Conference on Security. New York: ACM Press, 2011: 34.
- [49] 丁文倩. 基于属性加密的云数据安全共享算法研究[D]. 杭州: 杭州电子科技大学, 2022.
- DING W Q. Research on cloud data security sharing algorithm based on attribute encryption[D]. Hangzhou: Hangzhou Dianzi University, 2022.
- [50] BLAZE M, BLEUMER G, STRAUSS M. Divertible protocols and atomic proxy cryptography[M]//Lecture Notes in Computer Science. Heidelberg: Springer, 1998: 127-144.
- [51] GREEN M, ATENIESE G. Identity-based proxy re-encryption [R]. Lecture Notes in Computer Science 4521. Heidelberg: Springer, 2007: 288-306.
- [52] WENG J, DENG R H, DING X H, et al. Conditional proxy re-encryption secure against chosen-ciphertext attack[C]//Proceedings of the 4th International Symposium on Information, Computer, and Communications Security. New York: ACM Press, 2009: 322-332.
- [53] 薛庆水, 孙晨曦, 马海峰, 等. 基于条件代理重加密的跨链数据共享方案[J]. 计算机应用研究, 2022,40(3).
- XUE Q S, SUN C X, MA H F, et al. Cross-chain data sharing scheme based on conditional proxy reencryption[J]. Computer application research, 2022,40(3).
- [54] GENTRY C. Fully homomorphic encryption using ideal lattices[C]//Proceedings of the forty-first annual ACM symposium on Theory of computing. New York: ACM Press, 2009: 169-178.
- [55] GENTRY C. Toward basing fully homomorphic encryption on worst-case hardness[C]//Proceedings of Annual Cryptology Conference. Heidelberg: Springer, 2010: 116-137.
- [56] CHEON J H, CORON J S, KIM J, et al. Batch fully homomorphic encryption over the integers[C]//Advances in Cryptology – EUROCRYPT 2013. Heidelberg: Springer, 2013: 315-335.
- [57] SANDHU R S, COYNE E J, FEINSTEIN H L, et al. Role-based access control models[J]. Computer, 1996, 29(2): 38-47.
- [58] RAY I, KUMAR M, YU L. LRBAC: a location-aware role-based access control model[C]//Proceeding so fthe 2nd International Conference on Information Systems Security. Heidelberg: Springer, 2006: 147-161.
- [59] WU Z J, YOU Z H, WANG P. Attribute encryption based access control methods under airborne networks[C]//Proceedings of 2022 IEEE International Conference on Parallel & Distributed Processing with Applications, Big Data & Cloud Computing, Sustainable Computing & Communications, Social Computing & Networking. Piscataway: IEEE Press, 2022.
- [60] SUN G Z, DONG Y, LI Y. CP-ABE based data access control for cloud storage[J]. Journal on Communications, 2011, 32(7): 146–152.
- [61] LIANG X H, CAO Z F, LIN H, et al. Attribute based proxy re-encryption with delegating capabilities[C]//Proceedings of the 4th International Symposium on Information, Computer and Communications Security (ASIACCS). New York: ACM Press, 2009:276-286.
- [62] YU S C, WANG C, REN K, et al. Achieving secure, scalable, and fine-grained data access control in cloud computing[C]//Proceedings of IEEE INFOCOM 2010. Piscataway: IEEE Press, 2010: 1-9.
- [63] YANG K, JIA X H. Attribute-based access control for multi-authority systems in cloud storage[C]//Proceedings of the

32nd International Conference on Distributed Computing Systems. Piscataway: IEEE Press, 2012: 536-545.

- [64] 许振武. 云环境中基于改进的代理重加密的细粒度访问策略[D]. 恩施: 湖北民族大学, 2022.

XU Z W. Fine-grained access strategy based on improved proxy re-encryption in cloud environment[D]. Enshi: Hubei Minzu University, 2022.

- [65] 周晶, 孙喜民, 于晓昆, 等. 知识图谱与数据应用——智能推荐[J]. 电信科学, 2019, 35(8):165-172.

ZHOU J, SUN X M, YU X K, et al. Knowledge graph and data application--intelligent recommendation[J]. Telecommunications Science, 2019, 35(8):165-172.

[作者简介]



马晓亮 (1973—), 男, 西安电子科技大学博士生, 中国电信股份有限公司广州分公司副总经理、正高级工程师, 马晓亮劳模与工匠人才创新工作室总负责人。主要从事数据通信、互联网运营、数据挖掘、商呼和运营商客服等工作, 主要研究方向为人工智能、自然语言处理和数据安全保护等。



刘英 (1979—), 男, 中国电信股份有限公司广州分公司客户服务部团队总监, 马晓亮劳模与工匠人才创新工作室成员, 主要研究方向为智能客服平台组件、自然语言处理等。



杜德泉 (1983—), 男, 中国电信股份有限公司广州分公司客户服务部团队总监, 马晓亮劳模与工匠人才创新工作室成员, 主要研究方向为信息安全、运营商客服运营、自然语言处理等。



安玲玲 (1978—), 女, 博士, 西安电子科技大学教授、博士生导师, 主要研究方向为多媒体处理、神经计算、机器学习等。