

# AI助力

供应链动态ETA预测  
与管理创新

---

## 研究报告

## 目录

1. 新时代下的供应链的范式转移.....	3
2. 数字技术何以成为生产力 .....	4
2.1 人工智能 Artificial Intelligence (AI) .....	4
2.1.1 人工智能介绍 .....	4
2.1.2 人工智能的应用 .....	8
2.2 云计算 Cloud Computing .....	11
2.2.1 云计算介绍 .....	11
2.2.2 云计算的应用场景 .....	12
3. 国内外优秀案例 .....	
3.1 海运动态 ETA .....	14
3.2 基于 AI 逻辑的供应链软件 .....	18
3.3 数智仓储 .....	20
3.4 展望 .....	22

## 图目录

图 1	世界可能正在迈入新的时代 .....	3
图 2	AI 能力进化演变 .....	6
图 3	AI 范式的演变 .....	7
图 4	AI 的六大学科七种能力 .....	8
图 5	AIGC 的三大核心能力 .....	9
图 6	ChatGPT 的演变路径 .....	10
图 7	我国通用型 SaaS 产品结构与我国通用型 SaaS 产品结构 .....	12
图 8	研究方法流程图 .....	15
图 9	人工神经网络模型 .....	16
图 10	中美航线提前 5000 海里的 ETA 预测误差值 .....	17
图 11	C 公司智能供应链 .....	19
图 12	C 公司在实施 C3 人工智能生产计划优化 .....	20

## 表目录

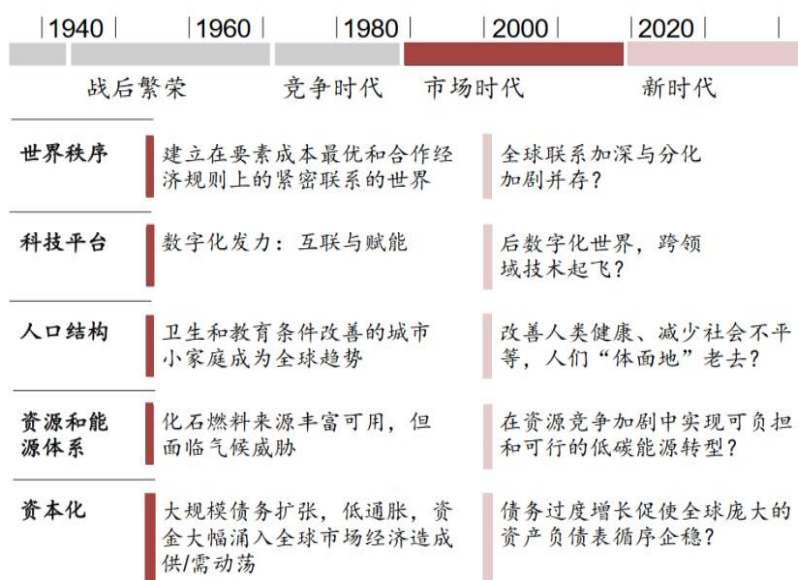
表 1	云计算的三种配置介绍 .....	11
表 2	供应链中云计算的应用场景与优势 .....	13

## 1. 新时代下的供应链的范式转移

自新冠疫情发生以来,全球性的不确定因素显著增强,人类社会也进入了 VUCA 时代 (Volatility 多变, Uncertain 不确定, Complexity 复杂, Ambiguity 模糊)。VUCA 时代的供应链的最显著特征,就是在供给以及需求两端出现了前所未有的不确定性。原有的经济周期叠加疫情影响,全球各经济体增长都面临不同程度压力,货物贸易增长动力显著下降,各个经济体长期积累的结构性问题也因为增长的停滞而逐步暴露。

对于上世纪 40 年代的二战余波、70 年代的石油危机、90 年代的苏联解体,我们可以发现每一次时代的巨变之后,人类社会都迎来了新的时代范式,每一波剧震也都重塑了全球的格局。而当前人类社会已经经历了将近 30 年的平稳时光,我们所有的工作(包括供应链管理工作)都是在一个相对稳定且清晰的国际格局中展开,而其工作所采取的方法,也都隐含着这样一个基于这个时代的假设。那么随着新时代的到来,我们将面对一幅怎样的图景?在这个时代下诸多假设,是否会有新的变化?

近期全球形势以及新时代的未决问题



资料来源: 麦肯锡全球研究院分析

图 1 世界可能正在迈入新的时代

面对国际供应链管理正发生的巨大范式转移（Paradigm Shift），过去的方式和方法，已经无法很好解决未来可能出现的问题；而对于企业亟待思考的是，如何构建面向未来的供应链竞争力。面向未来，数字技术高速发展是一股强大且有确定性的力量。人工智能(AI)、区块链、云计算、VR/AR等技术登上历史舞台，让人们看到了解决眼下问题的一种新的思考方式。特别是近些年来 AI 技术的兴起，更向人们展现了一种接近、甚至可能超越人类理性的工具。如何运用类似这样强大的技术，帮助企业解决供应链管理中的问题，是重塑企业未来供应链的核心竞争力的关键。

## 2. 数字技术何以成为生产力

自从计算机技术诞生开始，数字技术历经从萌芽、发展、成熟的阶段，应用场景逐步丰富。其中，AI 技术,在图像识别、语音识别、自然语言处理等方面不断取得突破；物联网技术,将物品连接起来并交换数据，在智能家庭、智能工厂等数字化的生态系统中应用广泛；云计算，通过大规模的数据中心，让计算能力和存储资源更加普惠和灵活；AR 和 VR，将物理和数字世界融合，创造更加丰富的用户体验；5G 技术，通过提升移动通信的速度和网络容量，推动更多数字应用和服务。随着这些技术的成熟，应用场景也逐渐丰富，对于供应链管理、供应链管理的核心挑战，数字技术、特别是 AI 技术能够如何构建生产力呢？

### 2.1 人工智能 Artificial Intelligence (AI)

#### 2.1.1 人工智能介绍

人工智能翻译来自于英文的 Artificial Intelligence. Artificial 原意指人造的、非自然界当中存在的；Intelligence 指代生物一般性的精神能力，是人认识、理解客观事物并运用知识、经验等解决问题的能力，包括记忆、观察、想象、思考、判断等。人类早在远古时期，就有用机器代替部分脑力活动的畅想。公元前 900 年周穆王时期，《偃师》当中提及的歌舞艺人，古希腊时期的太罗

斯，包括西汉时期的《地动仪》，后汉时期《木牛流马》都是 AI 的一种早期形式。总的来说，AI 的发展截至目前，大体经过了孕育和演化的两个大阶段。

## AI 的孕育阶段

早在直立行走的智人（Homo Sapiens）之前，当代人类所定义的智力（Intelligence）形态并不存在。原始人类的生存和繁衍，更主要还是依靠本能以及直觉。经过万古长夜，人类不断通过对于客观世界经验的归纳、总结、反思逐步形成一套体系化的思维，并通过语言进行记录和传播（公元前 250 万年-150 万年）。直到公元前 500 年，人类先哲出现，人类的思维开始了进化演变。

在古希腊时期，希腊三贤之一的亚里士多德创造了**演绎法**，建立三段论范式的形式逻辑（即，第一性原理），构建了人类思维从已知推导未知的基础。公元 15 世纪，英国哲学家培根创造了**归纳法**，构建了人类思维从特殊推导一般的基础。归纳法和演绎法也构成了人类认识世界的基础思维体系。

在之后的几个世纪，德国数学家莱布尼茨（16 世纪）把形式逻辑符号化，创造了万能符号、推理计算、微积分与二进制，奠定了数理逻辑的基础。随后，法国物理学家、数学家帕斯卡（B.Pascal）成功创造世界第一台加法器；英国数学家和发明家巴贝奇（C.Babbage）发明了差分机和分析机，两者共同推动了以机器执行运算的可能。英国数学家布尔（18 世纪）创立了布尔代数，首次用符号语言描述了思维活动中推理的基本法则，试图找出思维模拟的机械化规律，提出符号逻辑代数（B,  $\vee$ ,  $\wedge$ ,  $\neg$ ）。经历了上述阶段，人类的思维的要素以及运行的规则被符号化，给机器执行人类思维奠定了一定基础。

进入 19 世纪，英国数学家图灵创造了自动机理论，构建了计算机的理论模型，也跨时代地提出了“一切数学上的问题可以通过机器解决”的设想。随后，匈牙利数学家冯·诺伊曼创造了存储程序的概念；美国数学家莫克力研制成功了世界第一台电子计算机 ENIC；美国数学家维纳创立了控

制论，并基于动物心里和行为学进行计算机模拟；应用数学家香农创造了信息论，用数学模型描绘心理活动；神经生理学家麦克洛奇和皮茨建立了神经网络模型，用微观人工智能的方法，从结构上模仿人脑。随着哲学、科学推动人类在思维层级的不断演化，最终在 1956 年的达特茅斯会议上来自美国数学、神经学、心理学、信息科学计算机方面的 10 位专家共同商讨，并由麻省理工学院 (MIT) 的教授麦卡锡正式提出 AI (Artificial Intelligence) 的术语，也标志着 AI 的学术性讨论正式开始。

## AI 的演化阶段

在上世纪五十年代的正式提出后，AI 进入了快速演化阶段。从最开始的基础决策支持能力，AI 逐步演化出了认知、学习、感知、执行、社会协作等一系列复杂的应用能力。随着 GPT3.5 (ChatGPT) 在今年大爆发后，人类也开始畅想——AI 是否会涌现出情感、意识等一系列人类精神所独有的能力？



图 2 AI 能力进化演变

截至目前，AI 所展示的感知、认知、决策、学习、执行、社会协作、情感等七大关键能力，正在随着数据、算法、算力的不断丰富完善，进一步“解放大脑”。伴随着 AI 这七大能力的逐步融合，经历了“侧重决策式 AI”和“侧重生式 AI”两个阶段，并开始向“通用型 AI”进行演变。

在决策式 AI 中，AI 主要还是基于规则、知识或经验，通过对输入数据进行分析 and 推理，从而

做出决策或推荐的人工智能系统。这种 AI 更常会用在专业领域，例如医学、金融、法律等，其主要目的是为了支持决策过程和提高决策效率。

生成式 AI 更多是基于机器学习或深度学习等技术，从大量数据中学习并生成新的数据或内容的人工智能系统。这种 AI 通常用于自然语言处理、图像处理、音频处理等领域，其目的是为了生成高质量的内容和实现自动化创作。当前火爆全网的 GPT 属于生成式 AI。

通用型 AI（Artificial General Intelligence）是指具有类似人类智能的广泛能力的人工智能系统，它可以像人类一样进行感知、推理、学习、决策、规划等多种任务，能够在不同的领域和情境中灵活地应对和适应。通用型人工智能或者强人工智能（Strong AI）是具备与人类同等智慧、或超越人类的人工智能，能表现正常人类所具有的所有智能行为。这种 AI 是人工智能的终极目标之一，在目前还没有实现。

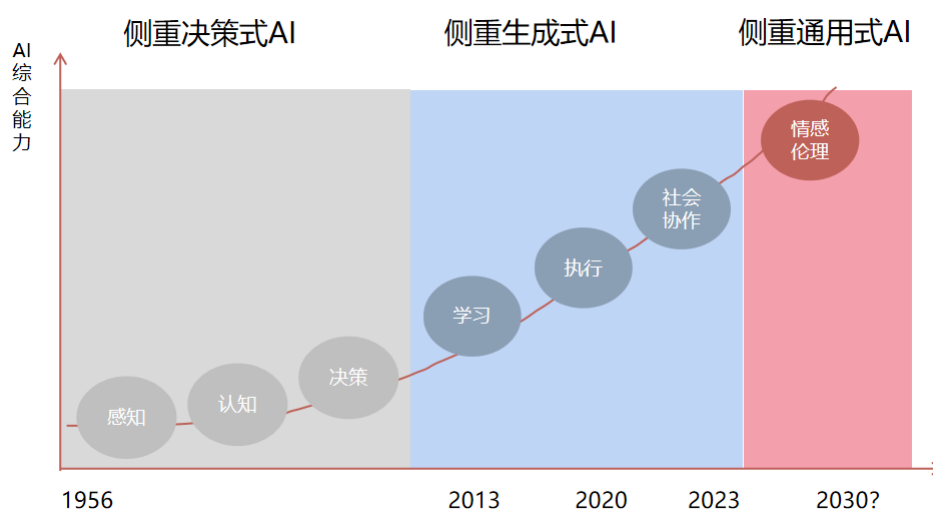


图 3 AI 范式的演变

三种人工智能系统之间存在重叠和互补。例如，在决策过程中，决策式 AI 可以提供基于规则和知识的决策支持，生成式 AI 可以提供基于数据的决策参考，通用型 AI 可以综合考虑多种因素做出更为智能的决策。

## 2.1.2 人工智能的应用

### 应用领域

人工智能技术随着计算科学的发展，大数据的沉淀，以及大算力的成熟，应用领域正在不断丰富。当前的人工智能，主要在计算机学习、自然语言处理、认知推理、机器人学、博弈与理论、机器学习等六大学科有相对成熟的应用。比如在计算机视觉的方向会应用 AI 进行图像识别，在自然语言处理会将 AI 应用到人机交互的对话当中，比如当前火爆全网的各类型大语言模型。

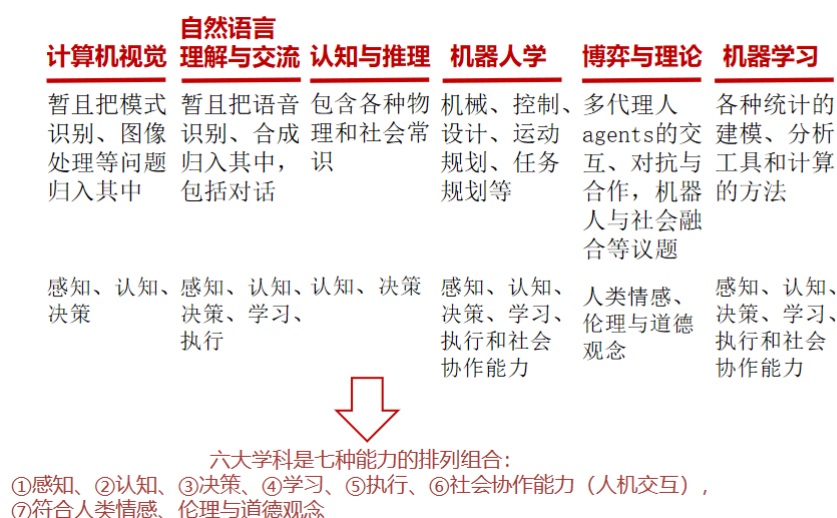


图 4 AI 的六大学科七种能力

当下产业界讨论最多的集中在机器学习这一学科方向。机器学习之所以如此火爆，主要在于它是一种可以让机器自动学习的技术。与传统的程序设计方法不同，机器学习旨在让机器从数据中学习规律与模式，并且在未知的条件与数据下，进行预测与决策。能够实现机器的自动学习，背后也有 4 大核心原因：1) 数据量的爆炸式增长；2) 计算能力的提高；3) 开源框架的出现；4) 商业应用需求的出现。

## AIGC

AIGC 即 AI Generated Content，是指利用人工智能技术来生成内容。这是当前 AI 应用最为火爆的场景，也是关注度最高的场景。当前的 GPT-4 是众多大语言模型当中的一种。构建 AIGC 的能力，需要有三个方向的主要支撑：1.数据巨量化；2.算法跨模态融合；3.算力支撑内容创造。

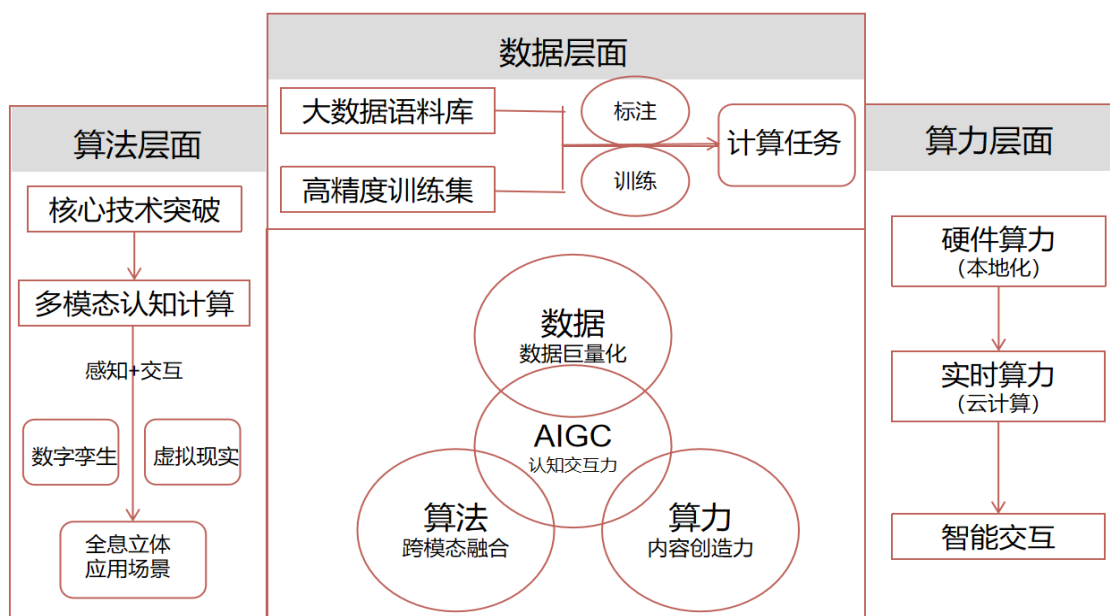


图 5 AIGC 的三大核心能力

## ChatGPT

ChatGPT 是 AIGC 的具体场景之一，是 AI 在大语言模型当中的应用的一种，是一种被生成型预训练变换模型。ChatGPT 是由美国人工智能研究实验室 OpenAI 推出的人工智能驱动的自然语言处理工具，使用了 Transformer 神经网络架构（GPT3.5），这是一种用于处理序列数据的模型，拥有语言理解和文本生成能力。通过连接大量真实世界语料库来训练模型，ChatGPT 看上去上知天文下晓地理，可以通过聊天的上下文与人互动。目前 ChatGPT 还可撰写邮件、视频、文案、翻译、代码等。

ChatGPT 的成功主要源自于其暴力美学，其背后的 GPT 系列体现了大语言模型应该往何处去的发展理念。很多人开始相信，揭开 AI 的真正钥匙正在于：超大规模及足够多样性的数据、超大规模的模型、充分的训练过程。这条道路看似朴素，却足以让 AI 表现出智能“涌现”的能力，未来也许会持续带来意想不到的惊喜和惊吓。这种思想简言之就是将“参数至上和数据至上”的思想发挥到极致，从细分技术“分而治之”到“大一统、端到端”，从理论洁癖走向暴力美学。



图 6 ChatGPT 的演变路径

## 在供应链的应用

随着人工智能的七大核心能力不断的进化，在供应链管理工作当中，AI 在局部的工作中已经出现相应的应用。比如在需求预测以及库存管理的工作中，通过机器学习和数据分析技术对历史数据和市场趋势进行分析，可以有效的帮助企业预测需求波动，进而规划库存水平。在物流路线规划工作中，AI 基于最优化求解的决策能力，能够帮助人们更好的实时寻找到全局最优。AI 在计算机视觉领域的感知、认知、决策等能力，在仓储管理过程当中，可以帮助仓储管理工作有效进行盘库等工作。机器人学的发展，也让人们看到一个全自动化的黑灯工厂，赋能产品的 7×24 小时不间断生产。

## 2.2 云计算 Cloud Computing

### 2.2.1 云计算介绍

云计算是指访问和使用远程服务器而非内部服务器来处理数据。以云计算为代表的第四次计算革命带来了数字技术和全新商业创造性思维的再结合。经过多年发展，逐步衍生出公有云、私有云、混合云等模式，也改变了行业、经济与价值体系。近年来，云计算在供应链中的应用不断扩大，云计算依靠其强大的数据分析能力对供应链产生了深远的影响。在供应链中，主要是通过下表 1 中的三种配置，来支撑供应链服务。

表 1 云计算的三种配置介绍

类别	描述	示例
软件即服务 (SaaS)	供应链公司使用由第三方设计、托管和维护的应用程序或网络应用	电子邮件服务和企业资源规划软件
基础设施即服务 (IaaS)	物流和供应链公司采用基于云的数据管理和数据分析技术	物联网 (IoT) 传感器、虚拟机、网络技术和能源管理基础设施
平台即服务 (PaaS)	提供稳定的基于云的开发环境来测试云服务的应用程序开发	针对现有产品和 APIs (应用程序编程接口) 的跨兼容性进行测试

其中，发展最早的是以软件即服务 (SaaS) 模型的形式提供。Gartner 对云计算市场的分析指出，软件即服务在 2016 年已经进入成熟应用；ERP (企业资源计划管理系统)、CRM (客户关系管理)、SCM (供应商管理系统) 等云服务市场已渗透了超过 20% 的企业。但目前在中国的 SaaS 市场中，供应链、物流占比仍较小。

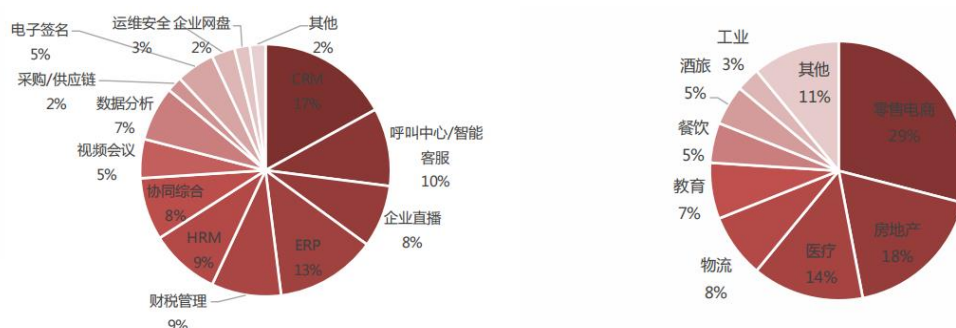


图 7 我国通用型 SaaS 产品结构与我国垂直型 SaaS 产品结构

但随着技术的发展，根据 Synergy Research Group 的数据显示，IaaS 和 PaaS 服务的比重扩大。前五大提供商的主导地位在公共云领域更加明显，控制着超过四分之三的市场。从地理位置上看，全球所有地区的云市场都保持强劲增长。这表明了云服务在未来将被更加广泛使用，助力企业数字化转型。

### 2.2.2 云计算的应用场景

目前，云计算在供应链中已有广泛的应用，具体可见下表 2。在这些应用场景中，体现了云计算的智能自动处理、跟踪实时动态、增强可扩展性、提高响应能力、增加成本效益的能力。同时，这些优势常常一起出现，例如，自动调度管理系统连接海运承运人和第三方物流提供商(3PL)，提供关键的取货和交付信息，通过将业务转移到最高效的供应商来减少运输成本，通过组合移动来提高设备利用率，并自动化耗时的手动任务。消除了代价高昂的账单错误，简化了流程，所有相关方都可以访问关键信息，从而做出更明智的决策。

表 2 供应链中云计算的应用场景与优势

供应链中云计算的使用场景与优势		
应用类型	场景详情	优势
运输管理	<p>管理卡车和其他车辆的运动和分配。</p> <p>对新订单进行排序和优先级设置。</p> <p>自动生成或更新供应或运输路线以消除延误。</p> <p>自动生成填写合规文件、发票、收据等。</p>	<p>使用云计算为不同部门和利益相关者提供了比较和整合数据的能力，以创建更协同的工作流程并更有效地协作。</p>
自动化库存管理	<p>通过物联网（IoT）传感器等技术，云计算实现了自动化库存管理，这些传感器可以在仓库存储位置或零售店中识别严重不足的库存水平。</p>	<p>产品库存的顺畅管理至关重要，云计算帮助制造商和分销商在任何时候都能够获得所需数量的关键商品。</p>
制定未来计划和预测	<p>云计算从不同来源收集和整理数据，以更全面地了解当前和未来情况。这些来源包括：客户服务渠道、在线销售门户、零售地点、批发供应商等。</p>	<p>预测和预测未来可能发生的情况是供应链管理中最重要的功能之一。预测未来销售能力有助于调整流程和扩大部门规模，以确保供应与需求相匹配。</p>
改进采购和供应	<p>促进合作伙伴之间的快速沟通。提供一个真实来源，以消除错误和不必要的购买。根据当前供应情况提供自动切换供应商的可能性。自动生成发票、保管文件和可追溯性合规数据库。</p>	<p>通过云计算，所有文档和持续数据收集可以实现可访问性，从而实现和谐的供应链。</p>
管理维护和设备故障	<p>云计算使供应链公司能够将其物理基础设施统一到一个基于云的维护仪表板中。这包括建筑系统、物料处理机制（如输送机 and 托盘卡车）以及能源或水系统。</p>	<p>在管道和轮胎制造、化学工业以及整个供应链中，都有采用技术的实例，可以提高机器的投资回报率。同时消除由于设备故障或损坏导致的产品缺陷。</p>

与此同时，云服务虽然带来便利和效益，但也面临着众多风险和限制，特别是在数据和网络安全方面。据国家互联网应急中心发布的《2020 年我国互联网网络安全态势综述》显示，随着业务上云，发生在我国云平台上的网络安全事件或威胁数量居高不下。这导致许多企业仍然观望，因为云计算存在风险扩大化和安全风险等问题。数据的价值只有在跨企业访问时才会增加。随着这些数据的价值增加，运输公司的责任也会增加。物流专业人员将需要加强其内部数据安全网络，以确保数据完整性，否则可能面临重大的财务责任。

此外，如果供应链运行在旧系统上，为在不出现问题的情况下传输所有数据和处理过程，需要制定复杂的实施方法。但有些供应链系统不适合进行云迁移，因为它们需要大量定制和个性化的独特过程或者与其他技术系统紧密集成。对于那些只希望将特定的供应链活动移至上云的公司，他们的部署策略可能会与完全转向云端的公司不同。所以，在考虑采用供应链中的云计算时，还应考虑操作云平台和技能需求。

### 3. 国内外优秀案例

#### 3.1 海运动态 ETA

近些年受疫情影响，越来越多的贸易企业对海运过程的透明度和准确度提出了更多的挑战。这也成了很多运输公司改进内部流程、提高服务竞争力的主要方式。ETA (Estimated of Arrival 预计到达时间) 作为衡量货物运输可靠性和管理水平的重要依据，预测包括内陆码头等物流节点的处理时间和运输时间。而海上运输，不同于航空和道路运输，面临着更多复杂且不确定的影响因素。对于长距离海上运输，物流更容易受天气、港口拥堵程度、季节、路线选择、突发状况等一系列因素影响。通常，飞机或火车的 ETA 会精确到分甚至是秒，而集装箱船舶 ETA 一般却只能精确小时甚至是天，所以在多式联运中，海运也成为最难把控的运输风险点。由此，按时运输和交付大型、长

周期订单是一项挑战。在实际运营中, 船舶运营商经常不得不修改 ETA, 实际到达时间 (Actual Time of Arrival, ATA) 与最初船期表平均误差高达 30-40 小时 (徐凯 等, 2018) 。船舶 ATA 的不确定性也降低了计划预测的可靠性, 降低了内陆运输运营商的生产力水平和客户体验。此外, 客户为避免生产过程中断维持高水平库存, 船舶到达的延迟增加的运营成本, 都间接带来了额外的供应链成本。

为此, 准时达国际供应链管理有限公司与宁波 (中国) 供应链创新学院, 以中美航线为例, 探讨集装箱船舶 ETA 预测问题。因为长距离的跨太平洋航运相比短距离航运周期性长, 具有更高的不确定性, 使得预测 ETA 复杂化, 也为预测模型带来了更多的挑战。实际上, 船舶 ETA 包括两个问题: 船舶轨迹预测 (船舶下一个将停靠在哪个港口) 以及到达这个港口的船舶预计到港时间。为解决这一问题, 我们基于机器学习提出了一个模型, 以对船舶运行轨迹和 ETA 进行预测。

## - 研究方法

宁创学院教授 Roger Lloret-Batlle 采用机器学习对于船舶运行轨迹 (目的地) 和 ETA 进行预测, 具体研究方法如下图 8 所示。

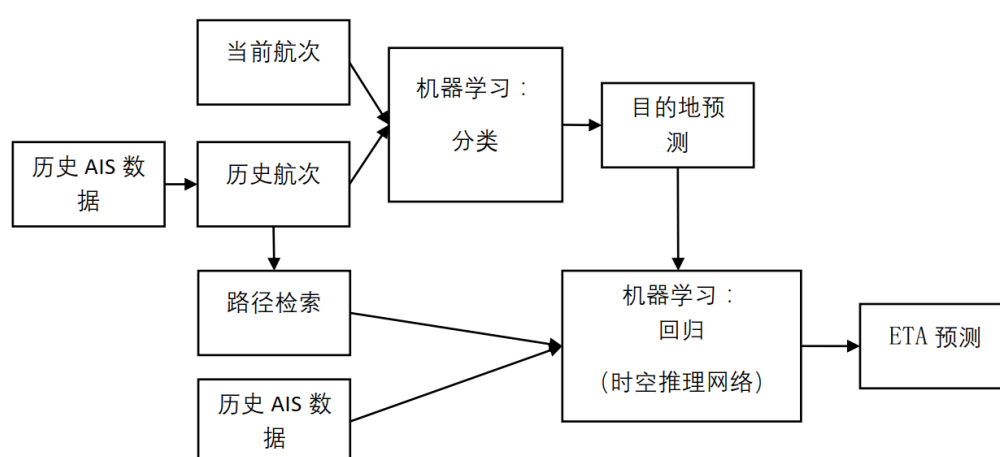


图 8 研究方法流程图

## (1) 机器学习

机器学习被广泛用于解决交通预测问题，主要通过学习历史数据来建立预测模型。另一方面，预测问题可以表示为一个回归或分类任务。通常，回归任务用于预测实值输出，而分类任务则试图预测分配一个特定的类别。在船舶目的地预测和 ETA 研究中，分类任务会被用于提供一个定性估计，即下一目的地的预测。而在回归任务中，目标则是船舶到达目的港所需的旅行时间。

## (2) 人工神经网络

作为机器学习技术之一的神经网络是一种模仿生物神经网络的结构和功能的数学模型或计算模型，是解决现实生活中复杂问题的理想方法。尽管多元线性回归通常也被作为预测的方法之一并能给出良好的预测结果，但这只适用于当输入变量和输出变量之间为线性关系的时候。然而，海上航行速度通常会受众多因素影响而不断变化，输入变量和输出变量之间的关系并非一直呈线性。而神经网络则可以描述输入和输出变量之间的非线性函数，因为它们能够使用多个神经元进行计算。神经网络能够通过使用算法，对原始数据中的隐藏模式和相关性进行识别，对其进行回归和分类。

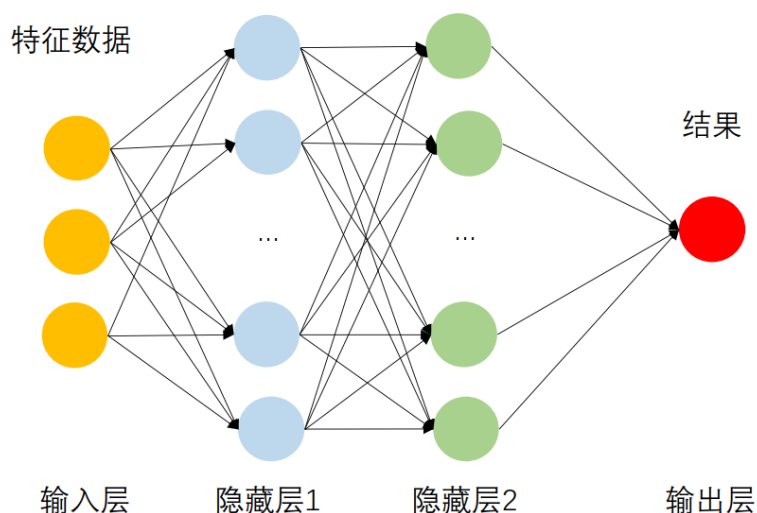


图 9 人工神经网络模型



图 10 中美航线提前 5000 海里的 ETA 预测误差值

上图分别展示了第三方船舶数据供应商所提供的船舶 ETA 与通过人工神经网络模型对于船舶 ETA 的平均绝对误差(MAE)。该误差从起始港开始评估，起始港距离目的港（长滩港/洛杉矶港）大于 5000 海里。实验结果显示本研究构建的模型结果与第三方数据商所提供的数据能较好地拟合，这表明此模型能够准备预测中美航线中集装箱船舶 ETA。尽管如此，部分船舶可能存在离散跳跃过程。也就是说，船舶运行速度可能经历骤减或骤增。

准确的集装箱船舶 ETA 是保证港口作业管理高效的重要信息。船舶到达时间的变动会对港口运营工作产生一定的影响，甚至会导致海运供应链的中断。因此，需要通过智能系统准确预测船舶的 ETA。本文提出了一种基于人工神经网络的预测模型，结合 AIS 数据，对于集装箱船舶在长距离海运中的目的地预测和 ETA 预测展开研究。

研究结果表明，人工神经网络可以通过利用船舶历史航行数据对长距离海运中的目的地及相对应的 ETA 进行预测。我们所提出的预测模型有助于改善港口运营规划，有效管理多式联运中的航运风险，提升海运贸易分析准确性。具体而言，船舶预计目的地和 ETA 的有效预测能够有助于有效规划和调度港口业务。一方面，工作人员可以对于航行中的船舶提前干预，减少在港口等待时间

甚至避免港口拥堵。另一方面，船舶和卡车的周转时间将会减少，码头的装卸作业效率提高，同时也避免了闲置泊位，减少资源浪费。对于货主而言，提前知道船舶 ETA 同样至关重要。这将有助于其作出相关决策以减少风险。例如，货主可根据船舶 ETA 判断是否调整运营策略，以减少延误或提前到达所造成的损失。此外，改善运营规划或将减少船舶碳排放量，减少污染。尽管机器学习方法为构建高效的预测模型提供了一个很好的机会，但它们的训练也需要大量的数据集。更多数量的数据集有助于提高模型准确性，从而获得更好的预测结果。未来的研究还可以将该方法推广到其他不同航线。例如，将天气因素纳入模型并考虑比较不同类型船舶的预测模型也将会是一个有趣的研究方向。

## 3.2 基于 AI 逻辑的供应链软件

供应链软件中的很多任务需要处理大量的数据和复杂的决策，而人工智能技术可以通过学习和优化算法，优化供应链各环节的运行效率和准确性。目前在以下四个领域范围内应用性较广：

### (1) 需求预测

基于历史数据和市场趋势，通过机器学习算法来预测需求量，以此优化库存管理。此外，人工智能技术对数据的深度挖掘，快速响应市场变化，为供应链策略的制定提供决策支持。

### (2) 路径优化

人工智能技术可以通过分析不同路径的优劣势，自动制定最优的货运路线和运输方式，从而降低运输时间和成本。

### (3) 风险分析

通过算法技术，帮助决策人员快速识别和应对各种潜在风险，避免生产中断、货品短缺等问题，保障运营的稳定性。

#### (4) 企业竞争力提升

人工智能技术的应用，可以更加准确和高效地定制化生产、物流配送等，提升客户满意度和品牌的忠诚度。

C 是某全球大规模的动物营养品、农产品制造商，有着多年历史的跨国企业。作为食品生产和其他行业的全球领导者，C 公司运营着一个高度复杂的全球供应链网络。2022 年其全球供应链计划副总裁 M 先生分享了公司在实施 Enterprise AI 时带来的业务必要性、扩展性和灵活性。C 公司建立的智能供应链平台，以客户需求为中心，通过人工智能技术连接生产、采购、运输、计划四个环节。目前很多的数字化供应链转型仍集中在各个供应链软件系统的开发与应用，如 ERP、MRP、VMI、WMS、TMS 等。但是当企业需要进一步定制或强化其输出时，往往会面临很多的困难。人工智能技术可以对关联数据解锁并重新组合，形成高效且更为准确的决策依据。通过人工智能技术，数据的安全性和可持续得以保障，为公司提供更加灵活的生产和流程组织，产生了更高的成本效益。

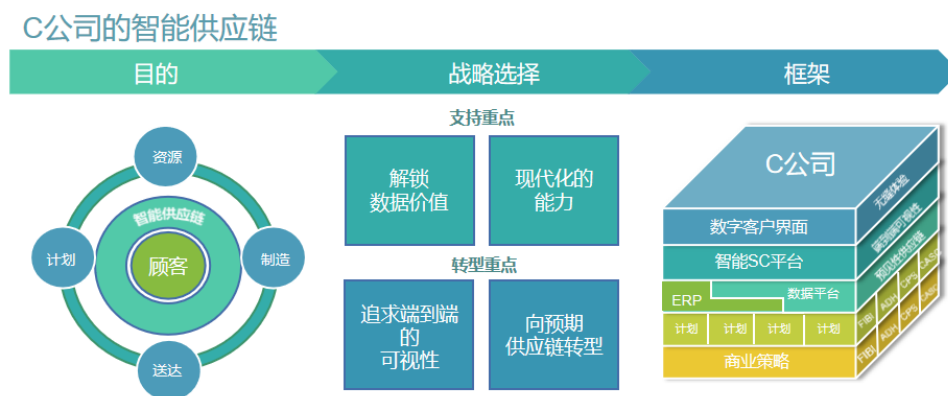


图 11 C 公司智能供应链

C 公司在实施 C3 人工智能生产计划优化时，更智能地实现了端到端的可视化和可预见性，降低供应链成本（如成本较高的货物运输算法可视化）的同时，为解决客户需求提供了更多的可能性和延展性。

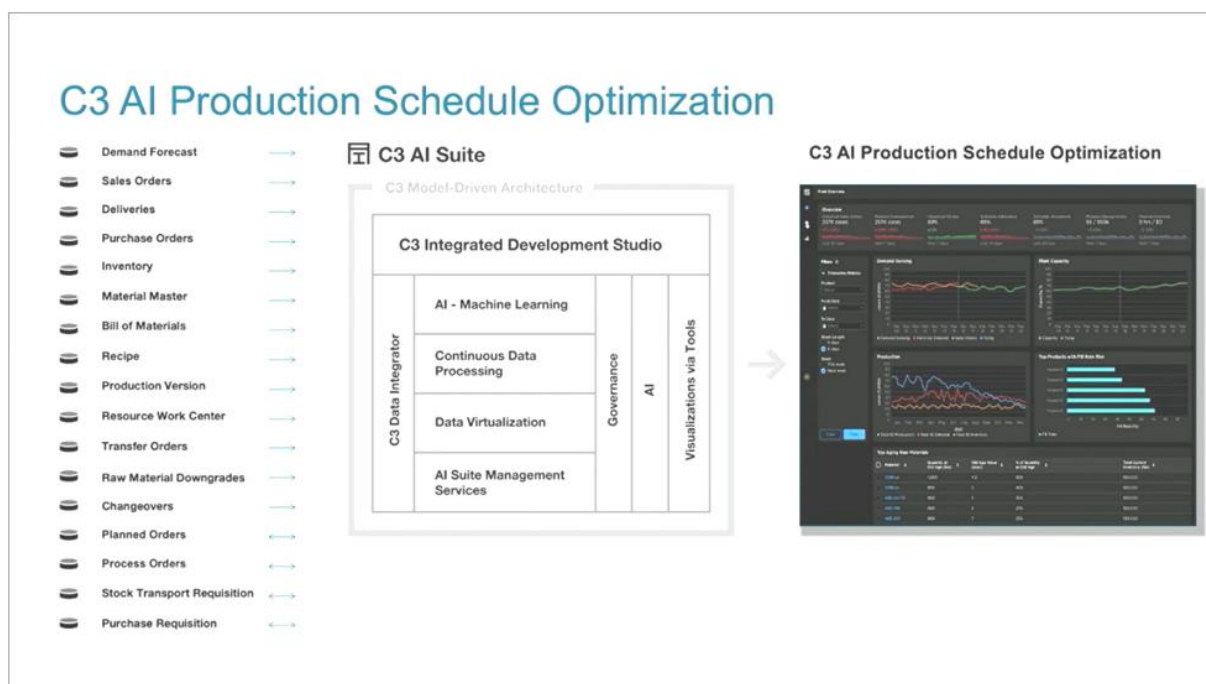


图 12 C 公司在实施 C3 人工智能生产计划优化

### 3.3 数智仓储

虽然仓库管理系统（WMS）现在已被广泛应用，但这并不意味着仓库优化完成了更高水平的提升。下一阶段的仓储管理将使用通过人工智能技术，对各方面实时决策和流程优化。不同于制造环节中一段时期的流程优化，仓库实际的复杂性对其提出了更大的挑战。特别是在处理电子商务或消费品的仓库中，由于产品组合的不断变化，必须为实时处理的数百或数千个产品创建一条装配线。而现在的 WMS 系统要求各个阶层的人员根据复杂的信息作出响应的决策。这能确保数据和库存的完整性和细节性，但并非是一个清楚明了的沟通信息，对这些信息的解读也会直接影响到下一个决策制定。人工智能技术的应用，会绝大部分接管原本需要人工决策的功能水平。下面我们将从以下几个方面来探讨人工智能在未来仓储中的应用方向：

#### （1）智能仓库的智能化管理

智能化管理是未来智能仓储的重要方向之一，人工智能技术可以通过对仓库的各项数据进行分析，监测和预测仓库的运行状态，同时也对仓库的物流运作进行优化管理，提高仓库的运行效率和安全性。其次，人工智能技术通过对物流运作时的数据进行分析，优化和预测物流运作的路径和时间，提前处理可能出现的问题，保障物流运作的安全性。

## (2) 智能仓库的自动化操作

智能仓库的自动化操作将包括对输送带、升降机等物流设备和机器人的自动化控制，提高物流运作的效率同时降低运营成本，而机器人的自动化操作、导航、搬运等，可以在降低人工成本的同时，大幅度提高物流运作效率。

## (3) 智能仓库的安全保障

智能仓库的安全保障包括对仓库的入口、出口、货架等进行安全检测，对仓库的物流运作、异常情况作出预警，对仓库门禁、监控等进行控制，避免盗窃、火灾等安全问题的发生。

## (4) 智能仓库的智能化服务

智能仓库的智能化服务是对客户需求的智能化分析，包括客户需求分析的分类、分析、预测、对客户服务的自动化和智能化管理等，以此提高客户满意度，提升企业品牌的竞争力。

N 公司是一家总部位于美国加利福尼亚州圣克拉拉市的公司，是全球大型图形处理器 (GPU) 制造商之一。在智能仓储解决方案上，N 公司利用人工智能和模拟技术为供应链提供了比以往更高效和智能的服务，以保证企业始终能够满足顾客的期望。从车辆首次进入分销中心，人工智能就通过计算机视觉对收货过程进行了优化。企业可以探测和辨别到达的车辆，并在其卸货时对货箱进行计数和标签读取，快速识别。通过智能预测，人工智能也能为企业分析潜在客户需求，何时需求等更细节的预测信息。

当产品沿着输送带向前推进时，智能自动化设备会监控其进度。而人工智能技术可以自动调整输送带的速度，以最大化员工生产力和运行安全性，提高或降低传送速度；当包裹倾斜或靠得太近时，计算机视觉应用程序通过自动调整，避免拥堵。同样，智能自动化可以优化品控流程，检测损坏的包裹，确保这些异常包裹能及时得到处理，降低客户投诉率。而这些都只是人工智能技术带给供应链优化的开始。

N 公司设计的协作平台，模拟仿真企业仓库的设计，用逼真的虚拟环境，提升工作效率，提高仓库货物吞吐量。企业可以在数字世界中开发、测试和管理人工智能驱动下的仓库，并可以将这些优化带入到现实作业中。实时的人工智能模型也会因此被重新训练，以应对新产品和新流程的引入应用。部署完人工智能应用程序后，机器人可以安全地对产品进行排序、存储、检索和托盘化，大大减轻了员工的繁琐人力劳动，提高了运转效率和货物吞吐量。同时，这些机器人通过模拟和训练，会以最佳路线在虚拟仓库中查找产品，将所学应用到真实的仓库作业中，最后在更短时间内完成订单准备及发货。

### 3.4 展望

随着 AI 技术的不断完善，其在供应链管理中的应用也在不断的丰富，在计划、配送、仓储的应用也逐步得到完善。虽然当前 AI 在供应链管理中所展现出来的能力，暂时还没有达到 AIGC 那样强大的爆发力；但是畅想未来，AI 的技术在供应链管理的各个局部，已经展现出来了替代人工、甚至超越人工的潜力。

而对于供应链管理者而言，对 AI 的期待绝不在于一城一池的效率提升上。如何在一个波动的大环境中，让 AI 的感知、认知、决策、学习、执行、社会协作（人机交互）、符合人类情感、伦理与道德观念七大核心能力更好地辅助供应链管理者，创造一种能够更好应对波动和复杂性的能力，这将是时代对于 AI 赋能供应链管理的更大期待。

### **宁创项目团队**

宁波（中国）供应链创新学院战略合作与发展办负责人/研究员 吴昌龙

宁波（中国）供应链创新学院战略合作与发展办公室项目主管 柴立丰

宁波（中国）供应链创新学院研究员 林森

宁波（中国）供应链创新学院研究员 罗斐怡

### **学术顾问**

宁波（中国）供应链创新学院院长/博导 郭杰群

麻省理工学院运输与物流中心研究员/宁创学院助理教授 Roger Lloret-Batlle

### **外部技术顾问**

南方科技大学研究副教授 宁波（中国）供应链创新学院特聘讲师 吴宇博士

### **准时达项目团队**

准时达国际供应链管理有限公司 首席技术官 吕台欣

准时达国际供应链管理有限公司 创新产品总监 梁康仪

准时达国际供应链管理有限公司 创新产品经理 万程

准时达国际供应链管理有限公司 项目经理 张丽霞

准时达国际供应链管理有限公司 项目经理 向立黎

## 准时达国际供应链管理有限公司

准时达，富士康科技集团授权的供应链科技管理平台服务公司，具备制造链及分销链的整合实践经验，为企业提供从原材料采购端到工厂制造，再到终端消费环节（C2M2C）的供应链垂直整合解决方案。

准时达正着力结合人工智能(AI)技术，打造端到端的供应链管理平台-Juslink，全面支持准时达自身和外部客户信息系统的供应链管理和运营服务，并可最大限度满足在开放式多渠道环境下高度复杂多变的客户需求。借助 JusLink 供应链管理平台，可以把供应商、制造商、服务商、客户整合到其中，协同合作，让双方或多方获得更有价值的信息和数据，给客户提供更精准的商业决策分析与更高效的资源利用。

在全球战略布局方面，准时达已经在北美、欧洲、韩国、日本、越南、印度、泰国及东南亚建立全资及合资公司，并与策略伙伴合作建立起覆盖全球范围的海外跨境转拨中心及国际海陆空铁全网线路布局。以电子制造、汽车、跨境新零售核心产业布局提供端到端的精益供应链管理服务。致力于成为推动工业互联网和全球化贸易中协助 B2B 企业成功转型升级的最佳商业合作伙伴！

## 宁波（中国） 供应链创新学院

2016 年美国麻省理工学院（MIT）与宁波市人民政府联合创建宁波（中国） 供应链创新学院（简称宁创）。这是 MIT 与中国政府联合创建的唯一一所学院。学院坚持立足中国，链接全球，积极努力地建设成为中国顶尖、具有全球影响力的供应链创新学院而奋斗。宁创是在 MIT 运输与物流中心的指导下，采用国际化的模式独立运行的非营利性教育与科研机构，是 MIT 全球供应链与物流卓越网络成员之一。目前，该网络在美国、西班牙、卢森堡、马来西亚、哥伦比亚、和中国拥有研究中心；在欧洲、北美洲、拉丁美洲和亚洲拥有 16 个研究生项目和高管培训项目，100 多位供应链与物流专业的教授和研究员，150 多家合作企业和组织，以及遍布全球的 1200 多位校友。



宁波(中国)供应链创新学院

