

面向电力物联网的智慧供应链自适应运营决策技术及优化算法模型应用研究

胡永焕¹, 陈之浩¹, 洪芳华², 倪小舟², 陆亭华², 董凤娜², 刘芮彤²

¹国网上海市电力公司, 上海

²上海久隆企业管理咨询有限公司, 上海

Email: fengnadong@126.com

收稿日期: 2020年12月2日; 录用日期: 2020年12月22日; 发布日期: 2020年12月29日

摘要

从电网物资供应链管理现状来看, 其工程类型和物资类型繁多, 物资需求呈现纷繁复杂的特点。同时, 电网供应链全链条的“数字化”覆盖性不足、精准性有待提高、业务内外部数据交互不足、缺乏策略上的融合协同、全过程数据高阶分析应用基础薄弱。针对以上问题, 本文结合人工智能, 通过对电网物资供应不同需求和供应条件的感知, 根据一定的规则计算并启动相应的管理机制, 实现对问题的及时响应和跟踪解决。通过具有自适应特点的机制将各类要素整合起来, 构建物力集约化全环节管理策略集合和动态匹配库。通过研究形成基于大数据和人工智能等技术下的智慧供应链自适应运营模式落地实施方案, 打造供应链采购供应策略整体自适应的运营模式, 构建电力物资供应链的良性管理体系。

关键词

供应链系统复杂性, 优化算法, 自适应模式

Research on Application of Adaptive Operation Decision Technology and Optimal Algorithm Model of Smart Supply Chain for Power Internet of Things

Yonghuan Hu¹, Zhihao Chen¹, Fanghua Hong², Xiaozhou Ni², Tinghua Lu², Fengna Dong², Ruitong Liu²

¹State Grid Shanghai Electric Power Company, Shanghai

²Shanghai Jiulong Enterprise Management Consulting Co., Ltd., Shanghai

Email: fengnadong@126.com

文章引用: 胡永焕, 陈之浩, 洪芳华, 倪小舟, 陆亭华, 董凤娜, 刘芮彤. 面向电力物联网的智慧供应链自适应运营决策技术及优化算法模型应用研究[J]. 现代管理, 2020, 10(6): 1037-1043. DOI: 10.12677/mm.2020.106125

Abstract

From the current situation of power grid material supply chain management, there are various types of projects and material types and material requirements are complicated. At the same time, the “digital” coverage of the whole chain of the power grid supply chain is insufficient, the accuracy needs to be improved, the internal and external data interaction of the business is insufficient, and the foundation for high-level analysis of the whole process data is weak. In response to the above problems, this article combines artificial intelligence through the perception of the different needs and supply conditions of the power grid material supply, calculates and activates the corresponding management mechanism according to certain rule and realizes the timely response and tracking of the problem. Through the mechanism with self-adaptive characteristics, various elements are integrated to build a collection of material resources intensive management strategies and a dynamic matching library through research and formation of implementation plans for smart supply chain adaptive operation models based on technologies such as big data and artificial intelligence, to create an overall adaptive operation model for supply chain procurement and supply strategies, and build a benign management system for the power supply chain.

Keywords

Supply Chain System Complexity, Optimization Algorithm, Adaptive Mode

Copyright © 2020 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

在当今瞬息万变的世界中，如果将人工智能技术运用到供应链中，其竞争优势就会大幅提升。具备数据分析功能的 AI 可以分析供应链中的大量数据，也可以帮助企业建立一个更加积极主动的供应链管理体系。本文将人工智能技术运用在电网物资供应链中，通过物联网技术实现对不同需求和供应条件的感知，及时发现问题，并建立优化算法模型计算并启动相应的管理机制，实现对问题的及时响应和跟踪解决，运用具有自适应特点的机制将各类要素整合起来，针对不同需求和情景科学、精准、实时地确定相应的物资供应管理策略，发挥快速协同效应，更好地权衡风险、统筹资源，促进供应链相关方顺畅协作，实现多方共赢。

2. 电力物联网智慧供应链现状诊断

(一) 业务全链条“数字化”覆盖不足

采购管理方面，计划后端供应履约执行数据分散、自动采集程度差。供应管理方面，全供应链库存信息未实时掌控，供货计划、生产供应周期、项目实际进度等信息间缺乏联动，自动预测预警、智能动态调配程度较低；物联网技术在生产制造、运输配送、现场交付等环节应用不足。质量控制方面，没有实现质量检测数据汇集聚合，缺乏供应商资质业绩、绩效评价的全量数据智能化分析能力。

(二) 业务全链条“数字化”精准性有待提高

部分业务职能的数字化功能虽然进行了覆盖，但数据质量有待进一步提高，包括数据及时性、完整性、准确性的提升优化。

(三) 业务内外部缺乏策略的融合协同

内部协同方面，全生命周期管理理念尚未完全落实，发展、建设、运行、营销等专业与物资专业数据结构化程度不均衡，全量融合贯通不充分，内部跨专业信息共享不足，影响业务协同开展。外部协同方面，外部生态圈建设协同性不强，信息集成尚未完全覆盖供应商、设计单位、第三方物流等供应链上下游企业。

(四) 全过程数据高阶分析应用基础薄弱

物资业务在大数据应用方面总体上处于探索阶段，缺乏全过程的数据分析应用场景，未形成全员参与数据管理和大数据应用的氛围，数据的集成性、一致性、有效性有待加强，且信息系统对物资业务智能决策分析的支撑能力存在较大短板。

3. 相关理论与方法

(一) 复杂适应系统理论

复杂适应系统理论(Complex Adaptive System, 简称 CAS)是由圣菲研究所的霍兰教授提出的，他认为CAS理论的基本思想是组成系统的主体的适应性造成了系统的复杂性，这一理论的提出，是从对系统演化规律的思考引起的，其中的一个重要方面，是对于复杂性的产生机制的研究。基本思想就是：“适应性造就复杂性”[1]。适应性是主体能够与环境以及其他主体间进行交互作用。主体在这种持续不断的交互作用的过程中，不断地学习和积累经验，改变自身的结构和行为方式，从而促进宏观系统的演变和进化。围绕主体这个核心概念，霍兰进一步提出了研究适应和演化过程中的7个概念：聚集、非线性、流、多样性、标识、内部模型、积木[2]。

(二) 全面质量管理理论

全面质量管理是为了能在最经济的水平、充分考虑到顾客需求满足的条件下进行市场研究、设计、制造和售后服务，把企业内部各部门的质量研究、质量维持和质量提高的活动构成一体的有效的管理体系。全面质量管理理论包含七个要点顾客满意、全员参与、团队精神、追求100%优质、贯彻始终、事前主动、持续改进七个要素。供应链管理则吸收了其中全员参与、事先预防和事后控制相结合的管理思想。

(三) 最优化理论

最优化理论是关于系统的最优设计、最优控制、最优管理问题的理论与方法，指的是在一定的约束条件下，使系统具有所期待的最优功能的组织过程。从众多可能的方案中做出最优选择，使系统的目标函数在约束条件下达到最大或最小，最优化是系统方法的基本目的。最优化理论主要运用数学方法研究各种系统的优化途径及方案，为决策者提供科学决策的依据。最优化方法目的在于针对所研究的系统，求得一个合理运用人力、物力和财力的最佳方案，发挥和提高系统的效能及效益，最终达到系统的最优目标。运用最优化理论时需要遵循局部效应服从整体效应的原则、坚持系统多级优化原则、坚持优化的绝对性与相对性结合的原则。

(四) 供应链管理模型研究综述

按照运用的理论不同划分，目前国内外供应链的研究模型主要包括以下五种：

(1) 概念模型：利用图形、文字和其它描述方法对供应链自适应调节问题进行阐述，基于经验提出相关建议和解决方案，如供应链流程参考模型(SCOR)。

(2) 仿真模型：运用现代计算机模拟原理或系统动力学方法对供应链系统在不同条件下的行为进行模拟，学习系统行为的变化过程，确定供应链规划设计相关参数[3]，提出指导性建议。

(2) 人工智能模型：应用人工智能技术解决供应链管理中的有关问题，如模糊集理论、神经网络以及多代理系统。

(3) 经济学模型：将经济学理论(如均衡理论、激励理论等)应用于供应链管理领域中，在信息对称、不对称情况下研究设计供应链的机制与策略。

(4) 运筹学模型：运用优化与运筹学的基本方法如动态规划、图论、马尔可夫决策过程、层次分析法等对供应链管理的具体问题建立相关数学模型，求取最优解匹配调优策略。

4. 面向泛在电力物联网的智慧供应链自适应运营模式设计

(一) 自适应模型设计

借助大数据、人工智能技术，统计分析物资采购供应的历史数据，总结以往采购供应策略的成功运用经验，结合当前物资管理工作的实际情况，针对智慧供应链的各个环节，建立具有足够适应能力动态供应链系统模型，以建立物力集约化的采购供应策略和影响因素之间的动态对应规则，打造供应链采购供应策略整体自适应的运营模式，见图 1。

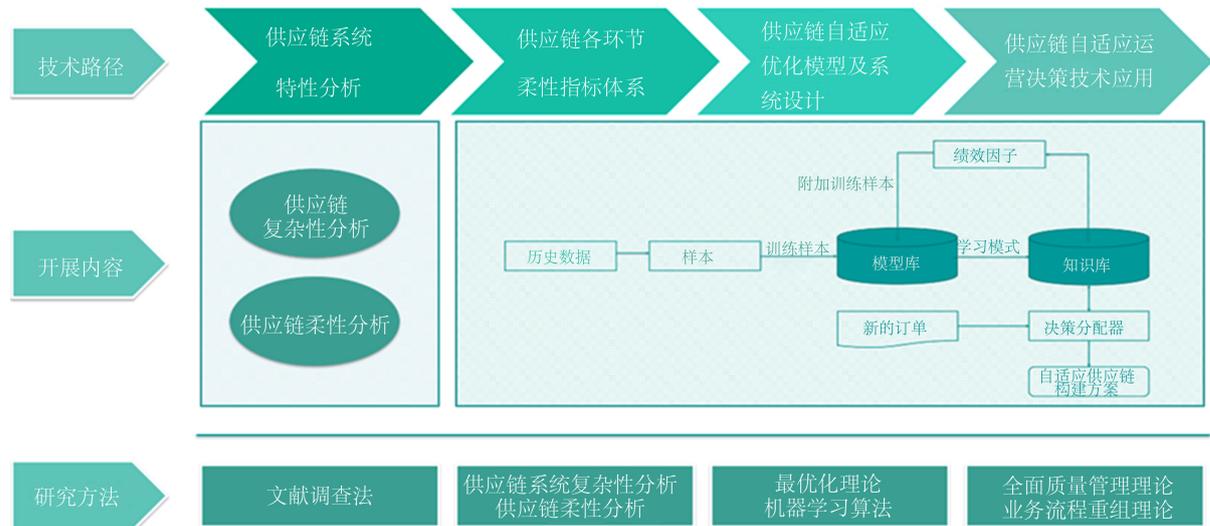


Figure 1. Research path and method

图 1. 研究路径与方法

由于供应链的运作是一个动态过程，所以动态供应链的自适应系统内部的各节点间具有复杂、非线性、动态而密切的联系。当系统发生新变化，并且这种影响作为自适应系统的输入端，给整个供应链带来的影响较大时，会触发供应链的自适应调节过程，将系统性能调整到正常水平，供应链的状态发生改变，优化器和约束的参数适应新数据进行再度拟合，经过训练和学习，输出新的策略结果，见图 2。综上，自适应供应链系统可以通过分析各种可预知和不可预知的内外因素，形成影响事件的序列，有针对性地建立事件发生之后供应链需要采取的策略集合[4]。

保证供应链自适应系统运行的重要问题之一就是供应链节点的动态配置，即根据节点的差异化需求，动态地配置供应链节点，以形成新的供应链结构[5]。

由图 3 可知，样本包括从大量历史数据中筛选有价值的字段数据，以形成自适应供应链系统的节点配置模型所需要的训练样本，机器学习模型库包含对样本进行处理的各类模型，如神经网络模型，决策树模型，k-means 模型等，知识库用于存放决策所需的各类数据以及系统运行的结果，如决策树模型运行

后的决策树规则等。决策分配器的分配作用就是把新输入的原始数据与知识库中的信息进行交互与匹配，形成相应的决策结果，同时把这批新的数据调入样本数据库，实现样本的动态更新。自适应供应链系统的节点配置模型强调了供应链资源配置的自动性和动态性。

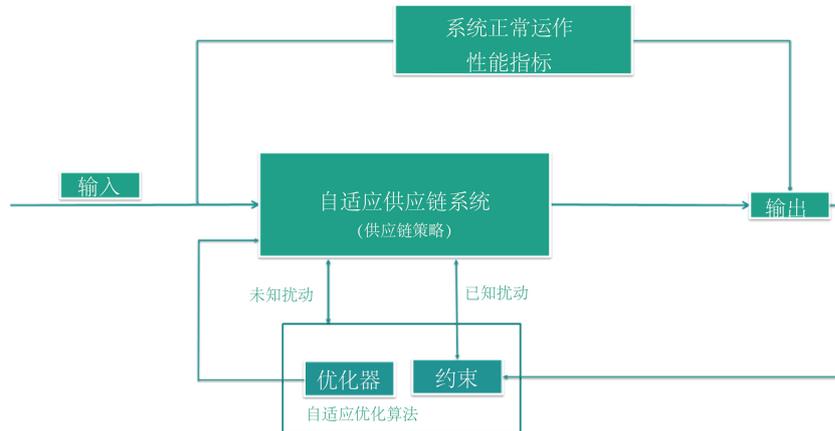


Figure 2. Basic model of adaptive supply chain system
图 2. 自适应的供应链系统基础模型

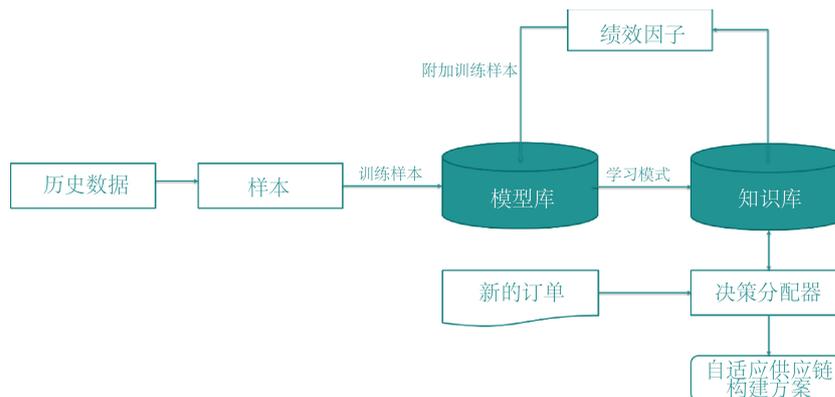


Figure 3. The node configuration structure and process of the adaptive supply chain system
图 3. 自适应供应链系统的节点配置结构框架及流程

(二) 供应链的自适应过程三种形式

对于可预知的变化，可以根据经验事先制定其相应的策略。现实环境中的变化多是不可预知的，并且存在由细小的变动而引起供应链的各环节发生关联性变化。对于这类不可预知因素，可以通过设定供应链系统的性能指标，时刻检测标值，并根据环境状态的不同进行动态调整。如果处于系统能够接受的范围之内，则可认定系统处于正常变动的范围；如果超出设定的范围，则需要重新对系统的详细状态进行信息收集，并且制定新的应对措施，此时自适应结构会对此事件进行学习，并记录到系统中。另外，自适应系统也可以通过设置检测点，主动收集系统运行的相关信息，并进行分析和优化，见图 4。

面向物联网的智慧供应链的核心业务体系包括：以智能采购、数字物流、全景质控三大智慧业务链为基础、实现供应链全业务智慧贯通；以内外两个高效协同为支撑，对内深化企业内部的跨业务智慧协同，对外延伸至供应链上下游企业的跨企业智慧协同，提升供应链各环节服务质量及价值；以智慧运营为核心，依托供应链运营中心，提高供应链全过程数据挖掘和价值创造能力，改善供应链运营效率和效

(四) 自适应性供应链的运行机制

电网物资供应链的自适应机制，是由一系列供应单元有机组合、协调运转的管理体系，包括多个管理单元以及各单元之间的关联关系，同时具有敏捷感知、快速循环反馈和柔性协调联动的自适应特点。其自适应机制的运转分为内部循环和外部循环。内部循环中，针对监测到指标偏差预警或员工自发提出的合理化建议，分析提升方案，并实施改进工作，最后跟踪提升效果，实现快速闭环反馈；外部循环中，物资供应部监测到外部环境变化或突发事件，同样分析提升方案，实施改进工作，跟踪提升效果，实现闭环反馈[6]。自适应性运行机制的建立主要包括三方面内容：

1、自适应机制的组织体系建立

明确供应部门自适应机制涉及的业务范围，结合目前组织架构设置，设计并明确自适应机制的管理者、参与者，以及各角色在自适应机制中的职能定位、管理界面和具体职责，保证自适应机制的各项工作能够有效衔接、权责明确。

2、自适应机制的业务流程设计

根据供应部门自适应机制的业务范围，可设计三类自适应供应业务流程：指标监测日常管理流程、指标异动管理流程、内外部提升需求管理流程。明确开展各项自适应工作的顺序和逻辑关系，根据自适应管理参与各方的职能定位，梳理工作流程的管理界面，以帮助参与各方了解权责和实际工作活动[7]，提高工作效率。

3、自适应机制的业务模式构建

以具体供应流程为依托，设计清晰统一的供应工作标准和工作方法，保障自适应机制中各项业务能够有序展开，同时可通过设计统一的工作模板，提高各项工作的统一性和规范性。

5. 结语

借助大数据和人工智能，统计分析物资采购供应的历史数据，针对智慧供应链的全环节，按照不同项目类型，不同物资类别及相关约束条件，优化配置供应链自适应动态节点，建立供应链动态优化自适应模型，在供应链受到不可预知变化的影响下，通过设定不同节点多个约束条件的阈值级别，建立不同的物资需求特性、供应特性及物资供应过程中出现的各类状况与最优采购供应策略之间存在的匹配规则，形成物资采购供应策略导航地图，动态计算、更新供应业务管理策略，形成采购供应“路径导航”优化建议，从而打造供应链采购供应策略整体自适应的运营模式，构建电力物资供应链的良性管理体系，实现新技术、新思维、新方法引领业务运作模式、管理方法、决策思路的转变，为加快构建国网特色的现代智慧供应链体系打下坚实基础，促进企业内部融合贯通、带动外部产业协同合作。

参考文献

- [1] 陈迎欣. 基于复杂系统理论的自适应供应链系统研究[J]. 物流技术, 2010(1): 93-95.
- [2] 张文松. 自适应供应链特征及其复杂性分析[J]. 理论探讨, 2015(10): 66-67.
- [3] 马汉武, 周元敏, 王跃, 张超. 自适应供应链及其递归结构的设计与研究[J]. 计算机应用研究, 2012(10): 3632-3635, 3664.
- [4] 潘华. 基于云平台的多供应链协同技术研究[D]: [博士学位论文]. 成都: 西南交通大学, 2016.
- [5] 黄辉, 梁工谦. 基于 SPSS 的自适应供应链节点配置[J]. 工业工程, 2012(1): 39-43.
- [6] 李青, 肖人彬. 不确定环境下的消费类电子产品闭环供应链的自适应协调[J]. 工业工程, 2013(4): 20-27.
- [7] 黄海松. 基于多态物联网的供应链情景建模研究[D]: [硕士学位论文]. 贵阳: 贵州大学, 2017.