

电子商务与碳排放关系研究综述：进展、争议与未来展望

黄陈希

南京林业大学经济管理学院, 江苏 南京

收稿日期: 2025年10月28日; 录用日期: 2025年11月12日; 发布日期: 2025年12月4日

摘要

随着数字经济的蓬勃发展, 电子商务已成为全球经济增长的重要引擎, 深刻改变了生产、消费和流通模式。然而, 其快速扩张也引发了对环境影响的广泛关注, 特别是与碳排放之间的复杂关系。本研究旨在通过对近年来国内外核心期刊进行系统性综述, 深入探讨电子商务与碳排放之间的关系, 梳理当前研究的进展、存在的争议以及未来的研究方向。研究发现, 电子商务对碳排放的影响呈现出双重性: 一方面, 通过促进产业结构升级、提升资源配置效率、推动绿色技术创新和优化物流配送等机制, 电子商务展现出显著的碳减排潜力; 另一方面, 其带来的消费规模扩张、物流活动增加、包装废弃物激增以及数字基础设施能耗等问题, 也可能导致碳排放的增加。本综述不仅总结了现有研究的主要发现, 还识别了当前研究的局限性与争议点, 如区域异质性、测算方法差异以及长期效应的不确定性, 并在此基础上展望了未来研究的重点, 包括深化作用机制分析、完善碳足迹核算体系、探索新兴技术应用, 以期为实现“双碳”目标和推动电子商务可持续发展提供理论支撑与政策启示。

关键词

电子商务, 碳排放, 影响机制, 供应链

A Review of the Relationship between E-Commerce and Carbon Emissions: Progress, Controversy and Future Prospects

Chenxi Huang

College of Economics and Management, Nanjing Forestry University, Nanjing Jiangsu

Received: October 28, 2025; accepted: November 12, 2025; published: December 4, 2025

Abstract

With the booming development of the digital economy, e-commerce has become a vital engine for global economic growth, profoundly transforming production, consumption, and distribution models. However, its rapid expansion has also sparked widespread concern about environmental impacts, particularly the complex relationship with carbon emissions. This study aims to systematically review core domestic and international journals in recent years to explore the relationship between e-commerce and carbon emissions, outlining current research progress, existing controversies, and future research directions. The findings reveal a dual nature in e-commerce's impact on carbon emissions: On one hand, e-commerce demonstrates significant carbon reduction potential through mechanisms such as promoting industrial structure upgrading, improving resource allocation efficiency, driving green technological innovation, and optimizing logistics distribution. On the other hand, it may also lead to increased carbon emissions due to expanded consumption scale, increased logistics activities, surging packaging waste, and energy consumption in digital infrastructure. This review not only summarizes key findings from existing research but also identifies current limitations and controversies, including regional heterogeneity, methodological differences, and uncertainties in long-term effects. It further outlines future research priorities, such as deepening mechanism analysis, improving carbon footprint accounting systems, and exploring emerging technology applications, aiming to provide theoretical support and policy insights for achieving the "dual carbon" goals and promoting sustainable e-commerce development.

Keywords

E-Commerce, Carbon Emissions, Impact Mechanism, Supply Chain

Copyright © 2025 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

在全球气候变化日益严峻的背景下，减少温室气体排放、实现碳中和已成为国际社会的普遍共识和各国政府的战略目标。中国作为世界上最大的发展中国家，于 2020 年明确提出了力争在 2030 年前实现碳达峰、2060 年前实现碳中和的“双碳”目标，这不仅是对全球环境治理的庄严承诺，也对中国经济社会发展模式提出了更高要求，促使各行各业加速绿色转型[1]。在此过程中，数字经济作为新一轮科技革命和产业变革的核心驱动力，其对经济增长和环境可持续性的影响备受关注。电子商务作为数字经济的重要组成部分，以其独特的商业模式和运营方式，深刻地改变了传统商业格局，并在疫情期间进一步加速渗透到社会经济的各个层面。

电子商务的快速发展，在带来巨大经济效益和便利性的同时，也引发了对其环境影响的广泛讨论。一方面，电子商务通过信息技术优化资源配置、减少中间环节、提高交易效率，被认为具有促进节能减排的潜力。例如，在线购物可以减少消费者出行，从而降低交通碳排放；数字化管理可以提升供应链效率，减少能源消耗。另一方面，电子商务也带来了新的环境挑战，如物流配送量的激增、过度包装、退货率上升以及数据中心等数字基础设施的巨大能耗，这些都可能导致碳排放的增加。因此，深入探讨电子商务与碳排放之间的关系，评估其净效应，并识别关键的作用机制，对于制定有效的政策以引导电子商务走向绿色可持续发展至关重要。

近年来,国内外学者对电子商务与碳排放的关系进行了大量研究,取得了丰硕的成果。这些研究涵盖了宏观层面的数字经济对碳排放的影响,微观层面的电子商务物流、包装、供应链管理等具体环节的碳足迹分析,以及政策效应评估等方面。然而,现有研究仍存在一些争议和不足。例如,不同研究在电子商务对碳排放的净效应上存在分歧,部分研究认为电子商务有助于碳减排,而另一些则指出其可能增加碳排放。此外,研究方法、数据来源和地理范围的差异也导致了结论的多样性。因此,本综述旨在系统梳理和总结当前关于电子商务与碳排放关系的研究进展,识别其中的主要争议点,并在此基础上提出未来研究的展望,以期为学术界提供一个全面的研究图景,并为政策制定者提供有价值的参考。

2. 电子商务对碳排放的总体影响与宏观机制

电子商务作为数字经济的核心组成部分,其对碳排放的影响是一个复杂且多维的问题,既可能带来减排效应,也可能引发增排效应。现有研究普遍认为,电子商务对碳排放的净效应取决于多种因素的综合作用,且其影响路径并非单一。本节将从宏观和微观两个层面,对电子商务对碳排放的直接影响进行梳理,并深入探讨其背后的作用机制。

关于电子商务对碳排放的直接影响,现有研究呈现出两种主要观点:减排效应和增排效应,以及更为复杂的非线性关系。

许多研究指出,电子商务的发展能够显著促进碳减排。例如,徐维祥等人(2022) [2]基于 2011~2017 年中国 286 个城市面板数据,运用空间杜宾模型分析发现,数字经济发展显著改善了城市碳排放,且这种效应存在明显的空间异质性,东部地区和城市群内部区域的负向影响作用更强。他们通过引入“智慧城市”政策冲击进行稳健性检验,进一步证实了这一结论。类似地,别奥等人(2023) [3]以国家电子商务示范城市试点政策为准自然实验,利用 2006~2020 年中国 274 个城市的面板数据,采用多时点 DID 方法发现,国家电子商务示范城市建设显著降低了试点城市的碳排放总量和碳排放强度,并通过一系列稳健性检验验证了结论的可靠性。贺晓宇等人(2024) [4]也以国家电子商务示范城市政策为准自然实验,选取 2006~2020 年长江经济带 106 个城市的面板数据,运用双重差分法检验发现,城市电商化转型显著降低了长江经济带城市的碳排放水平。这些研究均从政策层面证实了电子商务发展对碳减排的积极作用。

在国际研究中,Gao 等人(2025) [5]利用中国 2005~2020 年城市层面数据,将跨境电子商务综合试验区(CBEC)作为政策冲击,构建空间双重差分(SDID)模型,发现 CBEC 政策的实施使试点城市的碳排放量显著减少约 4.5%,并对邻近城市产生了 3.9%的显著空间溢出效应。Ni 等人(2024) [6]也通过跨境电子商务城市试点政策的准实验,发现数字贸易政策干预后,试点城市的碳效率显著提高,这有助于发展中国家提升可持续竞争力和实现碳中和。Xie 等人(2022) [7]对 10 个欧洲经济体 2002~2019 年的面板数据进行实证分析,结果显示电子商务对碳排放具有负面影响,尤其在中高分位数上更为显著。这些跨国和区域研究进一步支持了电子商务在特定条件下能够促进碳减排的观点。

从更广义的数字经济视角来看,葛立宇等人(2022) [8]利用 2011~2019 年中国 277 个地级及以上城市的面板数据,分析发现数字经济发展能够显著促进城市的碳减排,且对相邻地区具有显著的空间溢出效应。王帅(2022) [9]也指出,我国数字经济发展总体上有力地推动了区域的绿色发展。Shi 等人(2025) [10]基于中国 30 个省份的面板数据,系统分析了中国数字经济的碳减排路径,主要结论之一是中国数字经济具有显著的碳减排效应。这些研究强调了数字经济,包括电子商务在内,在推动区域绿色发展和实现碳减排方面的积极作用。

然而,并非所有研究都一致认为电子商务能够带来碳减排。一些学者指出,电子商务的快速发展也伴随着能源消耗和碳排放的增加。例如,Rosário 等人(2023) [11]在对数字经济与可持续性关系的综述中提到,数字经济面临的挑战之一是能源消耗增加和碳排放上升。Xu 等人(2024) [12]通过系统动力学方法

模拟和预测中国未来数字经济碳排放基线，发现基线情景下中国数字经济碳排放将在 2041 年达到峰值 19.045 亿吨，且数据中心能耗、电子垃圾增长率等因素的调整会对碳排放峰值产生显著影响，表明数字经济的扩张可能带来碳排放的增长。

陈婷(2024) [13]基于省级层面 2007~2020 年的面板数据，实证考察电子商务发展对农村生活能源消费碳排放的影响，研究发现电子商务发展导致农村能源消费碳排放规模扩大和人均生活能源消费碳排放增加。这一发现与城市层面的研究结论形成对比，可能反映了城乡发展模式和消费结构差异带来的异质性影响。她进一步指出，电子商务发展带来的收入增长效应是农村生活能源消费碳排放增加的主要驱动力，收入增加既能通过消费规模扩张和消费结构升级增加碳排放，也能通过促进能源结构清洁化减少碳排放，呈现出复杂的双向作用。

此外，一些研究也揭示了电子商务对碳排放影响的非线性特征。葛立宇等人(2022) [8]发现数字经济发展影响城市碳减排具有倒 U 型的非线性特征，即在发展初期可能促进碳排放，达到一定程度后才开始抑制碳排放，这与环境库兹涅茨曲线(EKC)的规律相符。Shi 等人(2025) [10]也发现，在城镇化影响下，数字经济与碳排放之间存在倒 U 型关系。这些研究表明，电子商务对碳排放的影响并非简单的线性关系，而是随着发展阶段和外部环境的变化而呈现出动态演进的特征。

综合来看，现有研究在电子商务对碳排放的直接影响上存在一定分歧，但主流观点倾向于认为在特定条件下，尤其是在政策引导和技术创新的支持下，电子商务能够促进碳减排。减排效应主要体现在宏观层面的效率提升和结构优化，而增排效应则更多地与消费行为改变、物流活动增加以及数字基础设施能耗等微观因素相关。这种差异可能源于研究对象(数字经济或电子商务)、地理范围(城市、省份、国家)、时间跨度、测度指标和研究方法的不同。例如，对城市群或东部地区的研究更易发现减排效应，因为这些地区数字经济发展水平较高，绿色技术和基础设施相对完善[2] [3]。而对农村地区的研究则可能揭示增排效应，因为收入增长带来的消费扩张可能超过能源结构优化的速度[13]。因此，在评估电子商务对碳排放的净效应时，需要充分考虑这些异质性因素。

3. 电子商务物流与供应链的碳排放管理

电子商务的快速发展对物流配送系统提出了前所未有的挑战，同时也带来了巨大的碳排放压力。物流运输、仓储、包装以及整个供应链管理中的碳排放问题，已成为电子商务绿色发展亟待解决的关键环节。本节将深入探讨电子商务物流与供应链中的碳排放现状、测算方法、优化策略以及相关研究进展。

3.1. 电子商务物流碳排放的现状与测算

电子商务的“最后一公里”配送、高频率的运输以及大量的包装材料是其碳排放的主要来源。刘佳辉(2019) [14]指出，随着电子商务的高速发展，其运输和包装环节产生的碳排放急剧增加，但由于企业和用户的环保意识尚未完全适应，电子商务带来的碳排放尚未得到充分研究。他强调制定了电子商务碳足迹计算方案的必要性。李璇(2021) [15]聚焦电商发展的绿色属性，构建了电商物流体系碳排放核算指标体系，并采用系统动力学模型对电商发展的物流环节碳排放和包装环节碳排放进行核算。研究发现，我国电商绿色发展绩效并不乐观，电商物流系统碳排放总量不断攀升，其中物流运输是现阶段电商发展引致碳排放的主要环节，且其占比不断增加，长期内具有潜在的环境威胁。

Beziat 等人(2024) [16]通过耦合传统交通建模与生命周期评估(LCA)方法，对巴黎地区传统零售和电子商务的碳足迹进行了评估和比较。他们发现，电子商务的温室气体排放量通常低于传统零售店，但碳足迹在不同分销系统之间差异很大，这取决于物流采购流程、购物者行为和空间特征。这表明，虽然电子商务在某些方面可能更具环境优势，但其内部的运营模式差异巨大，需要精细化管理。

Rosário 等人(2023) [11]在对数字经济与可持续性关系的综述中也提到, 电子商务的快速发展导致了物流配送量的激增, 进而增加了交通拥堵和碳排放。Kong 等人(2024) [17]在碳中和背景下探讨电子商务物流的发展路径时, 也强调了绿色仓储、绿色包装、绿色运输和技术创新是实现碳中和的关键点。

3.2. 绿色物流配送网络设计与优化

为了应对电子商务物流带来的碳排放挑战, 学者们提出了多种绿色物流配送网络设计与优化方案。这些方案通常将碳排放作为约束条件或优化目标, 与传统物流成本共同纳入模型。

马志超(2016) [18]在低碳物流配送网络设计优化研究中, 不仅考虑物流运营成本, 还考虑物流配送过程中产生的碳排放和配送中心产生的碳排放, 构建了考虑物流成本和碳排放量最小化的单层级和多层级物流配送网络设计多目标优化模型。他运用组合权重法将多目标问题转化成单目标问题, 并通过改进的遗传算法进行求解, 验证了模型的有效性, 并对碳排放量和成本之间的关系进行了敏感参数分析。这项研究为物流配送网络在低碳背景下的优化提供了重要的理论和方法支撑。

周若瑜(2022) [19]针对纺织品电子商务低碳物流的选址-路径问题进行了探析。她综述了物流运输过程中的碳排放现状, 介绍了选址-路径问题的常用模型与算法, 并将碳排放作为约束条件, 总结了针对该问题提出的新模型和新算法, 并利用碳排放分析与核算方法建立了碳足迹评价体系, 强调将低碳要求纳入纺织品物流运输选址分配和路径优化决策的重要性。

周鲜成等人(2021) [20]对物流配送中的绿色车辆路径问题(GVRP)模型与求解算法进行了研究综述。他们根据 GVRP 环境效益优化目标及目标函数的构成, 将 GVRP 模型分为油耗/碳排放最小化 VRP、综合成本最小化 VRP 和多目标 VRP 三种类型, 并从优化目标、油耗/碳排放的影响因素和测度模型以及约束条件等方面进行了分类综述。此外, 他们还介绍了求解 GVRP 模型的精确算法、启发式算法和元启发式算法, 并指出了 GVRP 理论和方法在即时物流配送、冷链物流配送、电动车物流配送和共同物流配送等新应用领域的发展趋势。这项综述为绿色车辆路径问题的研究提供了全面的视角。

Ji 等人(2017) [21]在“一带一路”物流服务低碳规划与设计, 以中国电子商务大数据平台为例, 讨论了在不同碳约束强度(周期性、累积性、全周期和波动性)下的决策模型, 并推断了更详细的碳约束对电子商务配送策略的影响。他们发现, 在广泛的碳约束下, 适当的运营决策有助于电商企业制定科学的配送计划, 并为低碳经济体系建设和环境保护提供启发。

Pilati 等人(2024) [22]提出了一个三目标车辆路径问题模型和元启发式算法, 以优化可持续本地电子商务平台的配送过程。该模型综合考虑了经济、绿色和道德目标函数, 通过多目标模拟退火(MOSA)算法求解, 为决策者提供了帕累托前沿, 以根据需求选择最佳解决方案。他们的研究发现, 即使经济和环境绩效略有下降, 社会绩效也能显著提升, 并且环境和社会目标函数受产品尺寸和客户地理分布的影响。

Wangsa 等人(2022) [23]针对生鲜食品电子商务供应链, 提出了一个考虑碳排放和食物浪费的优化模型。该模型通过优化产品库存和配送, 最小化总采购、检验、食物浪费、包装、冷藏、运输和碳排放成本。研究结果表明, 配送成本、采购成本和包装成本占总成本的比例较高, 并且总成本和排放量受温度控制、碳惩罚成本和车辆类型等参数的显著影响。

Olaleye 等人(2024) [24]探讨了可持续交通协调的创新框架, 以减少物流中的碳足迹。他们强调了利用物联网、人工智能和区块链等技术, 结合多式联运和路线优化, 可以有效减少排放并提高运营效率。该研究为物流部门实现可持续发展提供了实践建议。

3.3. 绿色包装与最后一公里配送

包装废弃物和最后一公里配送是电子商务碳排放的两个突出问题。

Zimmermann 等人(2020) [25]比较了电子商务中一次性包装和可重复使用包装的碳足迹,并确定了盈亏平衡点。他们发现,如果可重复使用包装被重复使用足够多次,其在环境上更具优势。例如,可重复使用运输袋在几次循环后就比一次性 LDPE 袋具有环境优势,而可重复使用 PP 箱的盈亏平衡点在 32 到 81 次循环之间。这表明,推广可重复使用包装需要政策和经济激励,并解决回程物流成本和包装设计优化等挑战。Kong 等人(2024) [17]也强调了绿色包装的重要性,并指出一些顶级物流公司已通过绿色包装实现了碳减排。Yan (2024) [26]在绿色能源策略中也提到了跨境电商公司正在探索绿色包装解决方案,包括使用可生物降解或可回收材料,以及创新包装设计如可重复使用容器。李璇(2021) [15]也指出,在加强运输渠道生态化改进的同时,也要关注电商物流包装问题,力求合理包装、简约包装和循环包装。

在最后一公里配送方面, Schöder 等人(2016) [27]指出,电子商务发展导致货运量增加,给城市物流带来了挑战。他们分析了公司可持续实践,发现利用新型电动动力技术在减少碳排放方面效果显著,并认为电动汽车在城市配送中是实现更高效运输过程、减少公司碳足迹和提高客户服务水平的被低估的要素。Scedrovs 等人(2024) [28]通过生态效率分析,以拉脱维亚一家本地最后一公里配送公司为例,探讨了车队电气化的财务可行性和外部环境成本。研究证实了电动汽车在财务和环境方面的优势,并支持向可持续的最后一公里配送方案转型。Ekren 等人(2024) [29]研究了电子杂货订单履行政策,通过利用客户和电子杂货数据,优化产品可用性、成本和最后一公里配送的排放。他们发现,数据驱动的履行政策表现优越,并推荐了一种同时考虑距离和产品可用性的杂货分配策略,以实现多项性能指标的同步改进。

3.4. 电子商务供应链的绿色化管理

除了物流配送和包装,整个电子商务供应链的绿色化管理对于碳减排也至关重要。

Shen 等人(2021) [30]在考虑碳交易机制和消费者对低碳产品偏好的情况下,构建了低碳电子商务供应链(LCE-SC)的博弈决策模型。研究发现,碳交易机制的建立有助于缓解不公平的利润分配,合理提高佣金率可以提高 LCE-SC 的盈利能力,但随着消费者低碳偏好的增强,较低的佣金率更有利于碳排放减少。他们的实证分析证实,碳交易的实施有利于区域可持续发展。

Liu 等人(2024) [31]研究了制造商在考虑碳排放和物流水平时的销售模式和物流选择。他们发现,如果物流改进效率足够高,制造商应采用转售模式;如果效率足够低,则应采用代理销售和第三方物流。当物流成本由制造商承担一部分时,制造商应采用代理销售和平台物流。研究还指出,如果消费者对碳排放水平更敏感,制造商采用转售模式和平台物流的可能性会降低。

Dai 等人(2024) [32]研究了电子商务采纳和碳减排对农产品企业绿色供应链绩效的影响。他们发现,电子商务采纳和碳减排对绿色供应链绩效具有积极且显著的影响,碳减排在电子商务采纳和绿色供应链绩效之间发挥着积极且显著的中介作用。这强调了电子商务在推动农产品供应链可持续发展中的潜力。

Deng 等人(2024) [33]在碳配额交易政策和电子商务快速发展的背景下,研究了基于区块链的低碳双渠道供应链减排和融资策略。他们发现,区块链技术通过促进信息共享,降低了产品成本和企业融资成本,有效解决了信息不对称导致的信任问题。研究表明,引入区块链技术可以有效增加绿色供应链各方的利润,并对碳减排效率和在线市场份额存在合理范围。

4. 结论与未来展望

尽管现有研究在电子商务与碳排放关系方面取得了显著进展,但仍存在一些争议、异质性现象和研究缺口。如前所述,电子商务对碳排放的净效应并非单一结论,而是存在减排和增排两种观点。虽然多数研究指出电子商务具有减排潜力,但增排效应的证据也不容忽视。此外,电子商务对碳排放的影响在不同区域和城乡之间表现出显著的异质性。在碳排放核算方面,目前缺乏统一和标准化的核算方法,数

据可获得性也是一大难题。许多研究依赖于城市或省级面板数据,难以捕捉到更微观层面的企业或消费者行为数据。数据的内生性问题也需要通过更严谨的计量方法来解决,以确保结论的稳健性。

基于对现有文献的梳理和分析,本综述认为未来研究可以在以下几个方面进行深化和拓展:深化作用机制的细致分析与量化、完善电子商务碳足迹核算体系与标准化、探索新兴技术在绿色电子商务中的应用。

参考文献

- [1] 王晶晶. 中国地级市数字经济发展对碳排放的影响研究[D]: [博士学位论文]. 济南: 山东师范大学, 2024.
- [2] 徐维祥, 周建平, 刘程军. 数字经济发展对城市碳排放影响的空间效应[J]. 地理研究, 2022, 41(1): 111-129.
- [3] 别奥, 杨上广, 束云霞. 城市电商化转型能否促进碳减排? 来自国家电子商务示范城市试点的经验证据[J]. 产业经济研究, 2023(4): 1-14.
- [4] 贺晓宇, 陈明. 国家电子商务示范城市建设降低了碳排放吗?——来自长江经济带城市的经验数据[J]. 铜陵学院学报, 2024, 23(4): 35-41.
- [5] Gao, D., Tan, L. and Chen, Y. (2025) Unlocking Carbon Reduction Potential of Digital Trade: Evidence from China's Comprehensive Cross-Border E-Commerce Pilot Zones. *Sage Open*, **15**, 1-16.
<https://doi.org/10.1177/21582440251319966>
- [6] Ni, L., Wen, H. and Ding, X. (2024) Impact of Digital Trade Policy on Regional Carbon Efficiency: A Quasi-Experimental Study in China. *Scientific Reports*, **14**, Article No. 28871. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-80564-2>
- [7] Xie, H., Chang, S., Wang, Y. and Afzal, A. (2022) The Impact of E-Commerce on Environmental Sustainability Targets in Selected European Countries. *Economic Research-Ekonomska Istraživanja*, **36**, 230-242.
<https://doi.org/10.1080/1331677x.2022.2117718>
- [8] 葛立宇, 莫龙炯, 黄念兵. 数字经济发展产业结构升级与城市碳排放[J]. 现代财经(天津财经大学学报), 2022, 42(10): 20-37.
- [9] 王帅. 数字经济对区域绿色发展的影响研究[D]: [博士学位论文]. 兰州: 兰州大学, 2022.
- [10] Shi, X., Zhu, Z., Wu, J. and Li, Z. (2025) A Study on the Carbon Emission Reduction Pathways of China's Digital Economy from Multiple Perspectives. *Frontiers in Environmental Science*, **13**, Article 1518161.
<https://doi.org/10.3389/fenvs.2025.1518161>
- [11] Rosário, A.T. and Dias, J.C. (2023) The New Digital Economy and Sustainability: Challenges and Opportunities. *Sustainability*, **15**, Article 10902. <https://doi.org/10.3390/su151410902>
- [12] Xu, R., Ji, K., Yuan, Z., Wang, C. and Xia, Y. (2024) Exploring the Evolution Trend of China's Digital Carbon Footprint: A Simulation Based on System Dynamics Approach. *Sustainability*, **16**, Article 4230.
<https://doi.org/10.3390/su16104230>
- [13] 陈婷. 电子商务发展对农村生活能源消费碳排放影响的实证研究[J]. 商业经济研究, 2024(21): 101-105.
- [14] 刘佳辉. 浅谈电子商务碳排放计算[J]. 全国流通经济, 2019(10): 14-15.
- [15] 李璇. 我国电子商务绿色发展绩效评价及影响因素分析[J]. 商业经济研究, 2021(13): 83-86.
- [16] Beziat, A. and François, C. (2024) Impacts of Behavioral, Organizational, and Spatial Factors on the Carbon Footprint of Traditional Retail and E-Commerce in the Paris Region. *Environmental Science & Technology*, **58**, 7325-7334.
<https://doi.org/10.1021/acs.est.3c01901>
- [17] Kong, Z., Kong, L. and Bai, K. (2024) Research on the Development Path of E-Commerce Logistics in the Context of Carbon Neutrality. *Journal of Physics: Conference Series*, **2735**, Article ID: 012001.
<https://doi.org/10.1088/1742-6596/2735/1/012001>
- [18] 马志超. 低碳物流配送网络设计优化研究[D]: [博士学位论文]. 北京: 北京科技大学, 2016.
- [19] 周若瑜. 纺织品电子商务低碳物流的选址-路径问题探析[J]. 上海纺织科技, 2022, 50(8): 56-59.
- [20] 周鲜成, 周开军, 王莉, 等. 物流配送中的绿色车辆路径模型与求解算法研究综述[J]. 系统工程理论与实践, 2021, 41(1): 213-230.
- [21] Ji, S. and Sun, Q. (2017) Low-Carbon Planning and Design in B&R Logistics Service: A Case Study of an E-Commerce Big Data Platform in China. *Sustainability*, **9**, Article 2052. <https://doi.org/10.3390/su9112052>
- [22] Pilati, F. and Tronconi, R. (2024) Tri-Objective Vehicle Routing Problem to Optimize the Distribution Process of Sustainable Local E-Commerce Platforms. *Sustainability*, **16**, Article 1810. <https://doi.org/10.3390/su16051810>

-
- [23] Wangsa, I.D., Vanany, I. and Siswanto, N. (2022) An Optimization Model for Fresh-Food Electronic Commerce Supply Chain with Carbon Emissions and Food Waste. *Journal of Industrial and Production Engineering*, **40**, 1-21. <https://doi.org/10.1080/21681015.2022.2099473>
 - [24] Olaleye, I.A., Mokogwu, C., Olufemi-Phillips, A.Q. and Adewale, T.T. (2024) Innovative Frameworks for Sustainable Transportation Coordination to Reduce Carbon Footprints in Logistics. *International Journal of Science and Technology Research Archive*, **7**, 068-075. <https://doi.org/10.53771/ijstra.2024.7.2.0068>
 - [25] Zimmermann, T. and Bliklen, R. (2020) Single-Use vs. Reusable Packaging in E-Commerce: Comparing Carbon Footprints and Identifying Break-Even Points. *GAIA—Ecological Perspectives for Science and Society*, **29**, 176-183. <https://doi.org/10.14512/gaia.29.3.8>
 - [26] Yan, R. (2024) Green Energy Strategies for Cross-Border E-Commerce: A Sustainable Approach. *Journal of Electrical Systems*, **20**, 1964-1981. <https://doi.org/10.52783/jes.3918>
 - [27] Schöder, D., Ding, F. and Campos, J.K. (2016) The Impact of E-Commerce Development on Urban Logistics Sustainability. *Open Journal of Social Sciences*, **4**, 1-6. <https://doi.org/10.4236/jss.2016.43001>
 - [28] Scedrovs, A., Mendzins, K., Barisa, A. and Feofilovs, M. (2024) Electrifying the Last Mile Delivery by Eco-Efficiency Analysis: Case Study of Latvia. *Environmental and Climate Technologies*, **28**, 367-378. <https://doi.org/10.2478/rtuct-2024-0029>
 - [29] Ekren, B.Y., Perotti, S., Foresti, L. and Prataiviera, L. (2024) Enhancing E-Grocery Order Fulfillment: Improving Product Availability, Cost, and Emissions in Last-Mile Delivery. *Electronic Commerce Research*, **25**, 2417-2455. <https://doi.org/10.1007/s10660-023-09799-x>
 - [30] Shen, L., Wang, X., Liu, Q., Wang, Y., Lv, L. and Tang, R. (2021) Carbon Trading Mechanism, Low-Carbon E-Commerce Supply Chain and Sustainable Development. *Mathematics*, **9**, Article 1717. <https://doi.org/10.3390/math9151717>
 - [31] Liu, X., Wu, X. and Lin, X. (2024) Sales Model and Logistics Selections for a Manufacturer Considering Carbon Emission and Logistics Levels. *RAIRO—Operations Research*, **58**, 2123-2142. <https://doi.org/10.1051/ro/2024070>
 - [32] Dai, X. and Long, R. (2024) The Impact of E-Commerce Adoption and Carbon Emission Reduction on Green Supply Chain Performance in Agri-Food Business Sustainability. *Polish Journal of Environmental Studies*, **34**, 6589-6605. <https://doi.org/10.15244/pjoes/192935>
 - [33] Deng, L., Zhang, Y. and Tang, L. (2024) Research on Low-Carbon Dual-Channel Supply Chain Emission Reduction and Financing Strategy Based on Blockchain. *IEEE Access*, **12**, 97115-97131. <https://doi.org/10.1109/access.2024.3420773>