

基于 PMC-AE 指数模型的中国“双碳”政策量化评价

薛洁, 王梦晗

(杭州电子科技大学经济学院, 杭州 310018)

摘要: 通过文本挖掘的方式构建中国“双碳”政策评价指标体系,选取 PMC 指数模型结合自编码(AE)技术进行指标权重量化与多参数融合,利用 9 个一级指标和 39 个二级指标,实现了对中国双碳“1+N”政策体系中 10 项代表性政策的定量评价。结果表明,“双碳”政策可分为三个等级,这些政策呈现出自上而下的特点,得分差异的主要原因包括政策性质、政策时效、激励保障和政策客体等方面。基于这些发现,提出了关于“双碳”政策调整和优化的可行性建议。

关键词: “双碳”政策; 文本挖掘; 量化评价; PMC-AE 指数模型

中图分类号: X321 **文献标志码:** A **文章编号:** 1671-1807(2024)24-0001-13

近年来,全球对气候变化问题的关注与日俱增。作为世界上最大的二氧化碳排放国之一,中国面临巨大的环境挑战和承担可持续发展的责任。“双碳”目标是中国的重大战略决策,旨在推动构建人类命运共同体和实现可持续发展,凸显了国家的责任担当。这一战略决策被视为加速生态文明建设和实现高质量发展的关键举措。面对如此艰巨的碳减排任务,2021 年 10 月,迎来了两项重要政策文件,分别是《关于完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见》及《2030 年前碳达峰行动方案》。它们共同构建了中国碳达峰和碳中和“1+N”政策体系的顶层设计,包括关键领域、重要行业的实施计划,以及相关支持和保障措施。现有研究大多运用政策模型探究“双碳”政策工具对中国环境与经济发展的结果效应,而鲜有对“双碳”政策自身质量的量化评价研究。因此,对已有政策进行量化评价,分析“双碳”政策合理性、可及性和发展性,以期对未来中国“双碳”政策的制定与优化提供可行性建议。

1 文献综述

1.1 “双碳”政策研究

近年来,碳排放控制议题已逐渐跃升为学术界的焦点,受到了广泛的关注和研究。政策背景的理论支撑涵盖气候科学、可持续发展、国际合作与治理及经济学四大方面。气候科学揭示温室气体排

放激增加剧温室效应,要求控制碳排放以减缓全球变暖。可持续发展理论强调经济、社会与环境和谐共生,推动绿色低碳发展。国际合作与治理理论指出气候变化需全球共治,中国以“双碳”目标展现大国责任。经济学则认为“双碳”政策优化资源配置,促进经济稳定增长与绿色转型,带动新经济增长点。综上,“双碳”政策根植于多领域理论,是应对气候挑战、促进绿色发展的重要举措。学者们围绕“双碳”目标,展开了跨领域、多维度的深入探讨。在实现双碳战略目标的路径上,史作廷和时希杰^[1]深入剖析了双碳政策出台的背景,并强调了构建清洁低碳、安全高效的能源体系、促进重点领域节能降碳、推动产业结构调整优化以及加强生态碳汇能力等关键举措,积极推进绿色低碳转型。刘长松^[2]强调,在推进碳达峰碳中和政策实施时,需紧密结合党的二十大精神,全面考虑发展与安全,构建“1+N”政策体系,以提升政策实施的科学性、精准性和系统性。桂华^[3]针对中国节能降碳的成就与挑战,提出包括政策执行、绿色科技创新、绿色转型以及法律政策体系完善等在内的多项政策建议。在低碳发展政策的完善上,李璐^[4]着眼于中国环境信息公开的现状与挑战,建议将环境信息公开纳入政府绩效管理,实施精细化管理,并鼓励公众参与环境信息治理,以提高环境信息的透明度和独立性,促进绿色低碳发展;曲申^[5]探讨了支撑经济社会绿

收稿日期: 2024-07-11

基金项目: 国家社会科学基金重点项目(23ATJ001)

作者简介: 薛洁(1981—),女,河南开封人,博士,教授,研究方向为宏观经济统计分析、数据挖掘;王梦晗(1999—),女,河北沧州人,硕士研究生,研究方向为数据挖掘。

色低碳发展的跨学科评估模型,提出构建包括能源与环境政策分析模型、气候变化综合评估模型等在内的多学科模型体系,以提供对绿色低碳转型的精准评估。对于政策执行与落实,孙佑海和王甜甜^[6]提出了“三三立法策略”,即制定碳达峰碳中和相关法律、修订或制定促进低碳绿色发展的法律、编纂“生态环境法典”,并从不同层级制定相应法规;王洁方和田晨萌^[7]通过建立非线性规划模型,探讨了省际碳配额分配的最优化方案,提出了以经济补偿为手段的碳配额分配机制,为低成本实现碳达峰提供了决策参考。

从政策工具的角度来看,碳减排策略主要包括命令控制减排、碳交易机制和碳税机制。李伯涛^[8]对这三类工具进行了全面的对比分析,并指出了未来研究的重点可能在于如何正确设计和应用这些工具。曹庆仁和周思羽^[9]基于中国省份面板数据,通过实证分析指出,市场激励型碳减排政策更有利于提升地区的低碳竞争力。谭灵芝和孙奎立^[10]利用动态随机一般均衡模型(dynamic stochastic general equilibrium model, DSGE)分析了不同碳减排政策对碳减排率和总产出的影响,提出了在高碳排放行业实施单一碳税政策,以及通过碳排放权交易制度促进企业发展的政策建议。

在碳减排政策工具的研究领域中,国外学者进行了深入而广泛的探讨。针对命令控制型工具与市场型工具的比较。Metcalf^[11]指出,经济学家普遍认同碳税或碳交易机制在效率和分配上较命令控制减排手段更具优势。Parry和Williams^[12]强调经济体内部资源配置扭曲对气候政策工具选择的重要性。他们发现,如果基于市场的政策工具所创造的收入用于减少扭曲性税收,其福利增进将超越命令控制方法;反之,若这些收入未能用于提高效率,基于市场的工具将比排放标准产生更高的减排成本和福利损失。关于市场型工具内部的选择分歧,即价格型的碳税机制与数量型的碳交易机制之争, Dissou和Karnizova^[13]通过多部门经济周期分析发现,不同产业对这两种机制的响应各异。碳税机制中的减排措施对经济波动的影响相对较大,而碳交易机制则较为平稳。Bristow等^[14]认为,公众的接受程度对政策实施至关重要,提出通过出售多余碳配额获得收益的碳交易政策在公众接受度上更具优势。Green^[15]探讨了碳交易政策和碳税政策对发电商经营风险的影响,指出碳交易政策可能增加风险,而碳税政策则有助于降低风险。Fischer和

Springborn^[16]比较了三种政策工具的减排效果及经济影响,发现命令控制手段虽操作迅速且对经济的冲击较小,但其制定简单、实际操作效率较低且成本高昂;碳交易机制能确保碳排放总量的控制,但其成本可能对经济产生负面影响;而碳税机制依托现有税收体系,实施成本较低,但减排总量存在不确定性。

在应对气候变化问题上,碳交易机制与碳税机制各有千秋。采用复合政策策略能够结合税收的效率优势和数量控制的政治可行性。陈向阳^[17]认为,碳减排政策需要多种政策工具的组合,碳交易与碳税的融合运用能更有效地发挥它们在碳排放调控中的协同效应。夏凡等^[18]通过对比分析碳交易和碳税的理论机制与实施差异,提出了二者协调发展的设计思路和制度安排。Fell等^[19]提出了结合碳交易与碳税机制的策略,通过设定价格上下限提升碳市场运行效率,同时保障其稳定性。Shen和Zhao^[20]基于一般均衡模型比较分析发现,与单一碳减排政策相比“碳交易-碳税”混合政策更有利于中国宏观经济。因此,当前更趋向于采用碳排放交易与碳税协同并进的策略,以全面推进碳减排的实施。

1.2 政策评价研究

政策评价作为对政策文件及其执行流程与效果进行细致、全面考察的过程,其核心在于构建一套科学且全面的评价指标体系。这一过程不仅涵盖政策实施前后的对比,更涉及政策效果的深入剖析,从而得出客观、合理的评价结论。政策评价的历史可追溯到第一次世界大战前的教育和公共卫生规划阶段^[21]。自20世纪70年代起, Bigman^[22]在Suchman的著作评述中提出了五类评估法,随后Poland^[23]进一步提出基于价值判断方法论的“3E”评估框架。随着实证主义和后实证主义在学术界的深入讨论,复合主义研究框架逐渐成为政策评价领域的新宠,它将经典理论与实证手段相结合,为政策评价提供新的方法论支撑。此外, Hannoura等^[24]也提出经典政策评价的概念,并强调实证手段在政策评价中的核心地位。

随着政策理论与体系的日益完善,政策评价方法也呈现多样化的趋势。德尔非法、金融宏观网络方法、数据包络分析(data envelopment analysis, DEA)法等已成为政策评价中常用的工具。例如, Li等^[25]融合主成分分析(principal component analysis, PCA)、数据包络分析DEA以及Tobit回

归技术,深入剖析了经济政策与城市供应链之间错综复杂的相互作用。Helming 和 Takeau^[26]针对欧盟农业劳动力补贴政策,构建了一般均衡模型进行实证分析,发现该政策在增加农业从业者数量和农业产出方面起到了积极作用,并建议政策制定者全面考虑政策的直接和间接效应。Stolbova 等^[27]指出,传统的气候政策评估方法往往忽视了金融部门的作用及部门间的反馈,导致评估结果的不准确。为弥补这一缺陷,他开发了金融宏观网络方法,并成功应用于欧元区气候政策的量化研究。Borrás 和 Laatsit^[28]则以欧盟成员国的创新政策为研究对象,结合德尔菲法和层次分析法,从政策覆盖率、政策视角、政策时效性和政策专业性四个维度出发,构建了创新政策评价指标体系。

PMC(policy modeling consistency)指数模型,即政策一致性指数模型^[29],作为当前国际领先的政策量化分析工具,以其客观性、准确性高和成本效益显著等特点备受瞩目。PMC 指数模型的理论基础在于它能够提供一种系统化的方法来衡量政策设计、实施与效果之间的一致性,这是政策成功的关键所在。Kuang 等^[30]巧妙地将文本挖掘和内容分析法融入 PMC 指数模型,通过 PMC 指数及其曲面的对比,对耕地保护政策进行了精准评价。Peng 等^[31]则基于 PMC 指数模型,对中国 15 个试点地区的长期护理保险政策进行深入的比较分析和评价。Hong 等^[32]运用内容分析和文本挖掘的方法,构建数字经济政策的量化评价模型,基于 PMC 指数模型对所选政策的整体设计进行评价。在国内,政策评价的方法日趋丰富多样,其中熵权法、灰色综合评价法、BP(back propagation)神经网络、系统动力学模型、数据包络分析法和扎根理论等方法均得到了广泛应用。马海群和李敏^[33]采用主观一致、充要、依赖(subjectivity-consistency、adequacy、dependency,SCAD)政策分析法,从政策制定者、内容、参与者和价值四个维度构建知识产权保护政策评估框架,并设计评价指标体系,同时运用熵权-逼近理想解排序法(technique for order preference by similarity to an ideal solution, TOPSIS 法)对政策进行评价。时丹丹和嵇国平^[34]利用 BP 神经网络对科技政策进行了分类和评价,其实证结果证明该模型在科技政策质量测度中的高准确性。汤李琛等^[35]选取上海市推行的强制性垃圾分类政策为考察对象,通过数据包络分析法对研究时期各月份的具体实施效果进行了逐月深入剖析与综合评估。

郭鹏飞和周莫男^[36]基于扎根理论,从绿色转型政策中提取核心因子,构建了关联关系模型,并建立了绿色转型政策评价指标体系。熊励等^[37]采用多期双重差分模型从国家宏观布局综合试验区设立以及地方微观政策执行两个维度,递进式地评估跨境电商政策实施效果。

自 2015 年 PMC 指数模型引入中国以来,张永安和耿喆^[38]首次将其应用于公共政策评价,不仅拓宽了 PMC 指数模型的应用范围,也弥补了传统政策评价方法的局限性。鉴于其高度的客观性和准确性,PMC 指数模型在短短几年间已成为各类型政策评价研究的优选工具。例如,杜宝贵和陈磊^[39]建立了科技服务业政策的 PMC 指数模型,对辽宁省及其他省份的政策进行了比较分析,揭示了辽宁省在科技服务业政策上存在的不足之处。宋亚萍^[40]运用 PMC 指数模型对一流本科教育政策进行了量化评价,并提出了针对性的改进建议。周文静和张瑞林^[41]基于冰雪产业政策分析框架,构建了 PMC 指数模型,对冰雪产业政策进行了量化评价,并提出了政策规划、监管内容和法规管制等方面的完善建议。臧维等^[42]以中国 30 份人工智能政策文本为样本,结合 PMC 政策评价模型和文本挖掘及内容分析法,对中国当前的人工智能政策进行了量化分析,为未来政策制定提供了方向。蔡东松等^[43]采用文本挖掘和 PMC 指数模型,借助数字经济政策指标体系的建构,以及 PMC 指数和 PMC 曲面的运用,对吉林省数字经济政策文本进行了定量评估和分析。然而,他们同时指出 PMC 指数模型仅采用了简单的算术平均,是一种线性融合的方法,无法准确反映不同政策评价指标之间的相关性。

鉴于“双碳”政策的复杂性和多维性,PMC 指数模型能够全面捕捉政策各要素之间的相互作用,从而更准确地反映政策的实际效果。此外,PMC 指数模型还具有高度的灵活性和可扩展性,可以根据具体政策领域的特点进行调整和优化,以更好地适应“双碳”政策的特殊需求。在 PMC 指数模型的基础上结合自编码(AE)技术建立 PMC-AE 指数模型,弥补了 PMC 指数模型只能进行线性数据融合的缺陷,通过多参数识别和非线性数据处理能力,PMC-AE 指数模型能够更全面地反映政策实施过程中的各种因素及其相互作用,更准确地揭示政策评价指标之间的复杂关系,为政策调整与优化提供更加精准的理论支撑。同时结合文本挖掘的方法,以“1+N”政策体系为基

础,构建“双碳”政策评价体系,从“双碳”政策本身的可行性和科学性对政策内容进行量化评价,有助于更好地理解政策设计的初衷和意图,以及政策实施过程中的具体举措和效果。

2 “双碳”政策文本内容分析

2.1 政策样本获取

为确保样本数据的权威性与完整性,在搜集中国“双碳”政策文本的过程中,遵循以下原则:首先,分别以“碳减排”“碳中和”“碳达峰”“节能减排”等为关键词在中国知网政府文件库进行检索;其次,以上述关键词在“北大法宝”专业数据库进行检索,对“双碳”政策进行补充;同时访问中央人民政府、国务院、住房和城乡建设部、生态环境部、国家发改委等国家部门网站以及各省级政府网站,检索相关政策文本。

由于国家和省级层面发布的“双碳”政策在覆盖范围及作用等方面存在较大差异,为保证政策研究层面的一致性,以“1+N”政策体系为基础,收集自2021年10月中共中央国务院发布两项顶层设计开始,截至2023年6月中央层面出台的“双碳”实施政策共75项,同时,利用人工筛选的方法,筛选出与碳达峰、碳中和高度相关的,覆盖范围广且内容全面的政策,而不仅仅是只言片语提及碳排放相关内容的政策文本,并删除碳减排方面的案例、公示、讨论稿、函件、征求意见稿等,最终获得有效政策文本26项。

2.2 文本挖掘

使用Python软件对以上筛选出的政策文本进行文本挖掘,首先进行分词处理,然后从处理后的政策文本中提取高频主题词。具体步骤:①将“双碳”政策文本转为UTF-8格式,然后读取文本文件的全部内容;②去除文本中的换行符和空白符后利用jieba分词,同时添加自定义分词表,设置词频长度大于2,加载并去除停用词,过滤无实际意义词汇;③统计词频,生成词频统计表。最后得到“双碳”政策高频主题词,如表1所示。

表1中数据显示,中心度较高的主题词“绿色”“低碳”,包括“碳达峰”“碳中和”“碳排放”“减排”“降碳”均反映了中国“双碳”政策的顶层设计结构和政策制定的关注点所在;在政策形式方面,“标准”“体系”“政策”“机制”可以反映“双碳”政策的实施在形式方面较为全面,多种不同形式组合发挥政策效力;在政策领域方面,“能源”“建筑”“生态”“工业”“电力”“科技”等词说明“双碳”政策的制定覆盖

表1 “双碳”政策高频主题词

主题词	词频/次	主题词	词频/次	主题词	词频/次	主题词	词频/次
绿色	1 134	体系	381	清洁	212	水平	163
低碳	834	节能	361	政策	211	降碳	159
发展	779	企业	346	协同	196	可再生能源	158
能源	620	国家	337	资源	194	生态环境	156
技术	593	领域	333	生态	190	制定	150
标准	536	行业	274	机制	188	管理	162
建设	518	工业	256	清洁	187	电力	149
碳达峰	477	碳排放	246	地区	184	排放	147
建筑	408	创新	223	转型	169	城市	145
碳中和	397	减排	216	改革	166	科技	145

领域较为广泛,将政策落实到各个领域的行动上;在政策实施手段方面,“技术”“节能”“创新”“转型”“改革”等词可知国家和各地区的各个行业、领域为响应两项顶层设计推广绿色低碳技术,实施节能降碳增效行动、绿色低碳科技创新行动,鼓励使用清洁能源、可再生能源,加快能源转型等。

根据高频主题词表,绘制出“双碳”政策词云图(图1)。其中,“绿色”明显高于其他词语,在词云图中突出显示,表明“绿色”发展贯穿于整个碳达峰、碳中和目标实现的过程中,扎实推进绿色高质量发展;其次,词频较高的还有“低碳”“发展”,即落实“双碳”政策降低二氧化碳的排放量,从多角度多方位出发,实现低碳生活、低碳绿色发展;再次,如“能源”“技术”“建筑”等词语也在词云图中十分显著,表明“双碳”政策中更加关注从能源转型使用新能源、采用绿色低碳技术、绿色建筑等方向推进“双碳”目标的实现;当然,“碳达峰”“碳中和”“碳排放”等目标性词汇出现的频率也是名列前茅。

为进一步说明高频主题词间的相关关系强度,利用ROST CM6软件中的Netdraw模块,对“双碳”政策高频主题词绘制社会网络图如图2所示。节点代表高频主题词的词频,节点的大小与词频成正比,以反映主题词的重要性;线条表示不同主题词之间的关联,线条数量反映了高频主题词之间的联系密切程度,线条数量越多,表示该主题词与其他主题词之间的联系越密切。

通过分析,“低碳”和“绿色”之间的关联度最高,在“双碳”政策中两者针对的研究角度略有不同,绿色是针对环境危机,强调经济与生态系统的协调,利用科技手段推动绿色发展,而低碳主要针对的是气候危机,应对气候变暖的问题,强调建立碳排放量较低的经济发展模式,但两者追求的目的都是保护、改善自然环境,追求人类的可持续发展

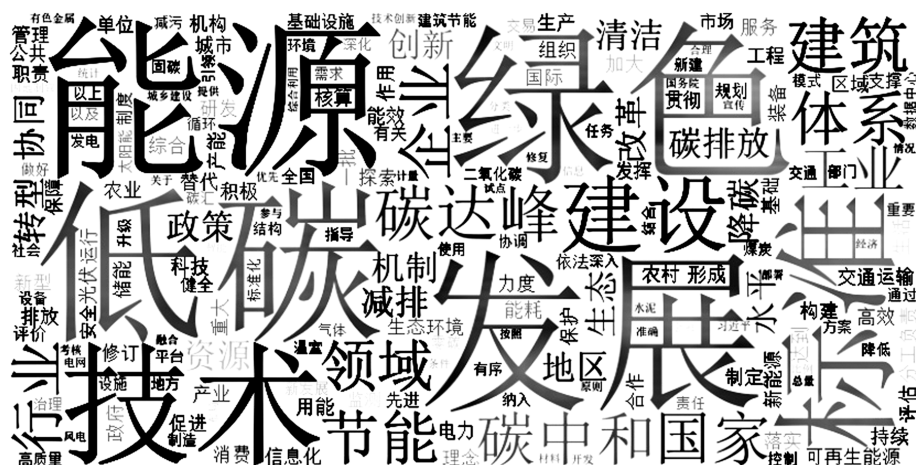


图 1 “双碳”政策词云图

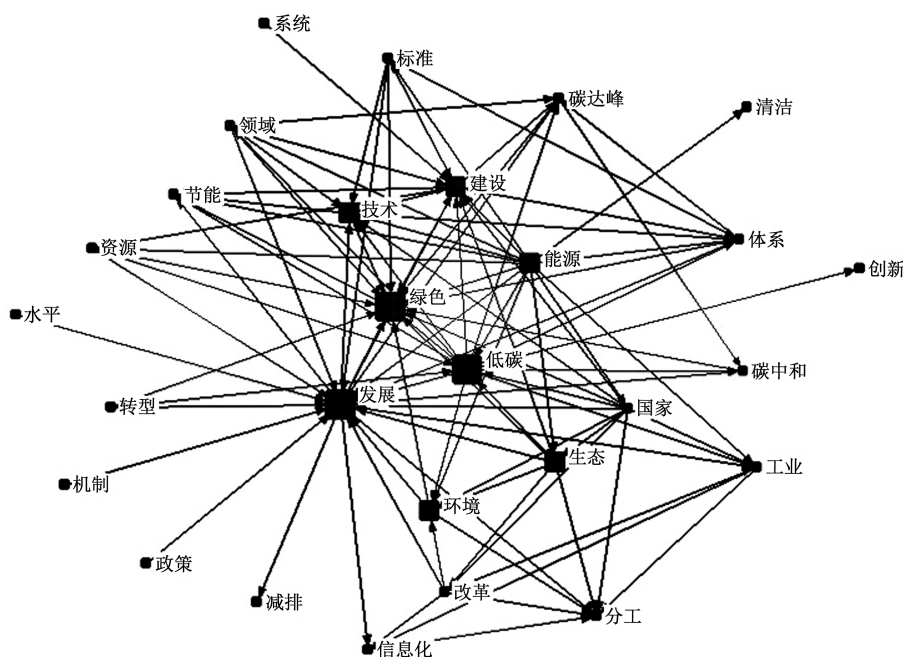


图 2 高频主题词社会网络

和环境友好型社会的实现,这也与“双碳”政策制定所追求的目标不谋而合。“绿色”和“低碳”分别与“发展”之间的关联度居第二和第三位,可见“双碳”政策中的各项实施策略都离不开“发展”二字,都将引起现代经济发展的深刻变革,走出一条具有中国特色的发展道路。“建设”“能源”“技术”三个主题词之间以及与“绿色”“低碳”“发展”三个高频主题词之间也存在较高的关联度,可以看出,为早日实现碳达峰和碳中和目标,可以采取一系列措施,包括生态环境建设、技术升级以及能源转型。这些措施有望建立起绿色低碳循环发展的经济体系以及清洁、低碳、安全、高效的能源结构。

3 PMC-AE 指数模型构建

3.1 变量分类及参数识别

根据对 26 项政策进行文本挖掘提取关键词的结果(表 1),同时利用图 2 中显示的高频主题词及其所属类别,对其进行分析整合,同时立足 Estrada^[44]的政策评价研究,参考王志宏和郑佩佩^[45]、赵晓春等^[46]、赵立祥和汤静^[47]、王进富等^[48]、Chen 等^[49]对政策变量的设置,经修正后确定研究中国“双碳”政策的定量模型,包含 9 个一级变量和 39 个二级变量,也称为 PMC-AE 指数模型。其中,所有的二级变量均为二进制,即若政策文本涵盖变量所涉及的内容,则设置参数值为 1,否则为 0(表 2)。

表2 “双碳”政策量化评价变量设置

一级变量及名称	二级变量及名称
政策性质(X_1)	预测(X_{11})、监管(X_{12})、建议(X_{13})、支持(X_{14})、引导(X_{15})
政策时效(X_2)	长期(5年以上)(X_{21})、中期(3~5年)(X_{22})、短期(0~3年)(X_{23})
政策领域(X_3)	经济(X_{31})、社会(X_{32})、科技(X_{33})、政治(X_{34})、环境(X_{35})
发布机构(X_4)	国务院(X_{41})、国务院部委(X_{42})
政策功能(X_5)	节能减排(X_{51})、环保意识(X_{52})、技术升级(X_{53})、能源转型(X_{54})、生态碳汇(X_{55})、绿色发展(X_{56})
激励保障(X_6)	人才激励(X_{61})、法律保障(X_{62})、税收优惠(X_{63})、投资补贴(X_{64})、技术支持(X_{65})
政策客体(X_7)	政府(X_{71})、企业(X_{72})、高校(X_{73})、交通部门(X_{74})、公众(X_{75})
作用层面(X_8)	国家发展(X_{81})、区域经济(X_{82})、产业结构(X_{83})、企业创新(X_{84})
政策评价(X_9)	依据充分(X_{91})、目标明确(X_{92})、方案科学(X_{93})、规划详实(X_{94})

3.2 构建多投入产出表

多投入产出表是一种数据分析框架,能够储存大量数据并通过多个维度对单个变量进行量化分析。在这种表中,每个一级变量都包含了多个二级变量,这些变量之间没有明确的排名次序,仅仅用来对二级变量进行分类。因此,建立中国“双碳”政策的多投入产出表(表3)。

表3 多投入产出

一级变量	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9
二级变量	X_{11}	X_{21}	X_{31}	X_{41}	X_{51}	X_{61}	X_{71}	X_{81}	X_{91}
	X_{12}	X_{22}	X_{32}	X_{42}	X_{52}	X_{62}	X_{72}	X_{82}	X_{92}
	X_{13}	X_{23}	X_{33}		X_{53}	X_{63}	X_{73}	X_{83}	X_{93}
	X_{14}		X_{34}		X_{54}	X_{64}	X_{74}	X_{84}	X_{94}
	X_{15}		X_{35}		X_{55}	X_{65}	X_{75}		
					X_{56}				

3.3 PMC-AE 指数计算

自编码是一种三层或三层以上的神经网络模型,是一种无监督的学习算法。与有监督学习不同,其权值和常数项不需要对标记样本数据进行预训练,而是通过将输入信息作为学习目标,对输入信息进行表征学习以实现数据融合。自编码器通常包括编码器和解码器两部分。首先,原始数据在编码器中经过非线性激活函数编码,生成隐藏层节点。随后,解码器采用非线性激活函数对隐藏层节点进行解码,以生成输出层。经过多次迭代,旨在

最小化输入层和输出层节点之间的差异,最终得到权值和常数项。

$$\begin{cases} \mathbf{h} = f(\mathbf{W}\mathbf{X} + b_1), & \text{隐藏层} \\ \mathbf{Y} = g(\mathbf{W}'\mathbf{h} + b_2), & \text{输出层} \end{cases} \quad (1)$$

$$\mathbf{W} = \begin{bmatrix} w_{11} & w_{12} & \cdots & w_{1m} \\ w_{21} & w_{22} & \cdots & w_{2m} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ w_{n1} & w_{n2} & \cdots & w_{nm} \end{bmatrix} \in \mathbf{R}^{n \times m} \quad (2)$$

式中: f 和 g 分别为隐藏层和输出层的激活函数; $\mathbf{X} = (x_1, x_2, \dots, x_n)^T$ 为“双碳”政策评价指标; $\mathbf{h} = (h_1, h_2, \dots, h_n)^T$ 为隐藏层节点值; $\mathbf{Y} = (y_1, y_2, \dots, y_n)^T$ 为输出层节点值; $\mathbf{W}$ 和 b_1 分别为输入层到隐藏层的权重矩阵和常数项; $\mathbf{W}'$ 和 b_2 分别为隐藏层到输出层的权重矩阵和常数项。

式(2)为 $\mathbf{W}$ 权重矩阵。 n 表示上一层神经元的节点数,而 m 则代表下一层神经元的节点数。如果目标是通过增加神经网络的层数来降低数据的维度,那么需要经过多次训练。在这个过程中,原始数据 $\mathbf{X}$ 通过非线性激活函数编码,生成隐藏层节点 $\mathbf{h}$ 。然后,这些隐藏层节点 $\mathbf{h}$ 再次经过非线性激活函数解码,得到输出层节点 $\mathbf{Y}$ 。如果 $\mathbf{X}=\mathbf{Y}$,那么 $\mathbf{h}$ 可被视为 $\mathbf{X}$ 和 $\mathbf{Y}$ 的非线性表达,可以作为融合后的政策得分指标。

假设选取 P 项“双碳”政策作为样本,各个政策的二级变量得分设为 x_{pm}^p ,其中 p 为政策, m 为一级变量, n 为二级变量。首先分析政策对二级变量的赋值,可以将其设置为0或1。然后对二级变量的得分 x_{pm}^p 进行融合,以获得一级变量得分 h_m^p ,再对一级变量得分进行融合,得到PMC-AE指数 S^p 。流程如图3所示。

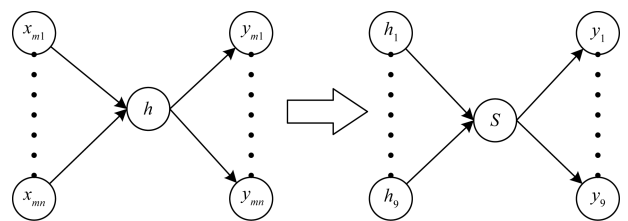


图3 数据融合流程

3.4 构建 PMC-AE 曲面

建立“双碳”政策的PMC-AE矩阵,即一项政策的9个一级变量,映射成一个三阶方阵,可以用式(3)表示,从而构建PMC-AE曲面,通过观察其起伏可以更为直观地反映“双碳”政策在各维度的优劣及其政策特征。

$$P_n = \begin{bmatrix} x_1 & x_2 & x_3 \\ x_4 & x_5 & x_6 \\ x_7 & x_8 & x_9 \end{bmatrix} \quad (3)$$

4 “双碳”政策量化评价实证分析

4.1 “双碳”政策样本选取

为避免政策样本选取的任意性,从政策的覆盖面是否广泛、内容是否全面、是否具有较强的代表性,同时考虑政策的作用效果,从上述 26 项政策中遴选出 10 项政策样本进行具体的量化评价(表 4)。

表 4 10 项“双碳”政策样本

编号	政策名称	发文时间
P_1	中共中央 国务院关于完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见	2021 年 10 月 24 日
P_2	国务院关于印发 2030 年前碳达峰行动方案的通知	2021 年 10 月 26 日
P_3	关于印发深入开展公共机构绿色低碳引领行动促进碳达峰实施方案的通知	2021 年 11 月 16 日
P_4	国务院关于印发“十四五”节能减排综合工作方案的通知	2022 年 1 月 24 日
P_5	关于完善能源绿色低碳转型体制机制和政策措施的意见	2022 年 1 月 30 日
P_6	关于印发“十四五”建筑节能与绿色建筑发展规划的通知	2022 年 3 月 1 日
P_7	关于印发《减污降碳协同增效实施方案》的通知	2022 年 6 月 17 日
P_8	关于印发城乡建设领域碳达峰实施方案的通知	2022 年 7 月 13 日
P_9	关于印发《科技支撑碳达峰碳中和实施方案(2022—2030 年)》的通知	2022 年 8 月 18 日
P_{10}	关于印发《碳达峰碳中和标准体系建设指南》的通知	2023 年 4 月 1 日

4.2 政策得分计算

通读政策文本,基于文本挖掘技术和 PMC-AE 指数模型的构建给 10 项政策进行评分,得到多投入产出表(表 5)。

研究选择 Softplus 函数作为输入层到隐藏层的激活函数[式(4)],Sigmoid 函数作为隐藏层到输出层的激活函数[式(5)],选择 Adam 优化器,比较均方误差、交叉熵、平均绝对误差等损失函数,发现均方误差更好收敛,loss 值显著降低,所以选择均方误差损失函数[式(6)],利用 10 项“双碳”政策得分构建神经网络模型并进行参数学习。经过迭代后,所有网络都能达到较好的收敛状态,最终得出 10 项“双碳”政策的 PMC-AE 指数(表 6)。

$$f(x) = \ln(1 + e^x) \quad (4)$$

表 5 10 项“双碳”政策多投入产出

一级变量	二级变量	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5	P_6	P_7	P_8	P_9	P_{10}
X_1	X_{11}	1	1	1	1	0	1	0	0	1	0
	X_{12}	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0
	X_{13}	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	X_{14}	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0
	X_{15}	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
X_2	X_{21}	1	1	1	0	1	0	1	1	1	0
	X_{22}	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
	X_{23}	0	1	0	0	1	1	1	0	1	1
X_3	X_{31}	1	1	0	1	1	0	1	0	1	1
	X_{32}	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0
	X_{33}	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	X_{34}	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1
	X_{35}	1	1	0	1	0	1	1	1	0	0
X_4	X_{41}	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0
	X_{42}	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1
X_5	X_{51}	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	X_{52}	1	1	1	1	0	1	0	1	0	0
	X_{53}	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	X_{54}	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	X_{55}	1	1	0	0	0	0	1	0	1	1
	X_{56}	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
X_6	X_{61}	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0
	X_{62}	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
	X_{63}	1	1	0	1	0	1	0	1	0	0
	X_{64}	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0
	X_{65}	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
X_7	X_{71}	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	X_{72}	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0
	X_{73}	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0
	X_{74}	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1
	X_{75}	0	1	1	1	0	1	1	1	1	0
X_8	X_{81}	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	X_{82}	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0
	X_{83}	1	1	0	0	1	0	1	1	1	0
	X_{84}	1	1	0	1	1	1	1	0	1	0
X_9	X_{91}	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	X_{92}	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	X_{93}	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	X_{94}	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

$$g(x) = \frac{1}{1 + e^{-x}} \quad (5)$$

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2 \quad (6)$$

式中:MSE 为预测值与真实值之间差异的平方的平均值; y_i 为观测值; $\hat{y}_i$ 为预测值; n 为样本数量。

4.3 政策得分可视化分析

为了展示“双碳”政策的总体得分情况,研究选择了政策 P_2 、 P_5 和 P_6 这三个得分变化明显的政策,并制作了戴布拉图(图 4)以便查看各一级变量的变动情况。从图 4 中可以观察到,变动较大的一级变量包括政策时效(X_2)、发布机构(X_4)、政策保障(X_6)、政策客体(X_7)和作用层面(X_8),变动较小

表6 10项“双碳”政策 PMC-AE 指数

政策	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9	总得分
P_1	3.965 1	1.633 3	2.771 4	2.064 0	3.128 0	2.869 5	3.294 3	3.507 1	1.361 2	24.593 9
P_2	3.965 1	1.189 6	2.771 4	2.064 0	3.128 0	3.139 2	3.675 5	3.507 1	1.361 2	24.801 1
P_3	2.285 0	1.633 3	1.564 1	0.506 2	2.525 5	1.232 4	1.443 9	1.243 1	1.361 2	13.794 7
P_4	2.946 4	1.649 7	2.651 0	2.064 0	2.525 5	2.262 4	2.628 0	2.278 5	1.361 2	20.366 7
P_5	3.429 9	0.383 6	2.128 2	0.506 2	2.349 6	1.232 4	2.268 9	3.507 1	1.361 2	17.167 1
P_6	3.965 1	0.390 1	2.044 4	0.506 2	2.525 5	2.012 2	2.772 6	1.861 4	1.361 2	17.438 7
P_7	2.748 4	0.383 6	1.946 1	0.506 2	2.944 4	1.978 8	2.628 0	3.507 1	1.361 2	18.003 8
P_8	2.748 4	0.611 3	2.044 4	0.506 2	2.525 5	2.012 2	3.675 5	2.313 1	1.361 2	17.797 8
P_9	3.269 9	0.383 6	1.377 3	0.506 2	2.944 4	1.441 4	2.628 0	3.047 3	1.361 2	16.959 3
P_{10}	1.807 8	0.390 1	1.377 3	0.506 2	2.944 4	0.972 7	1.887 4	1.243 1	1.361 2	12.490 2
均值	3.113 1	0.864 8	2.067 6	0.973 5	2.754 1	1.915 3	2.690 2	2.601 5	1.361 2	18.341 3

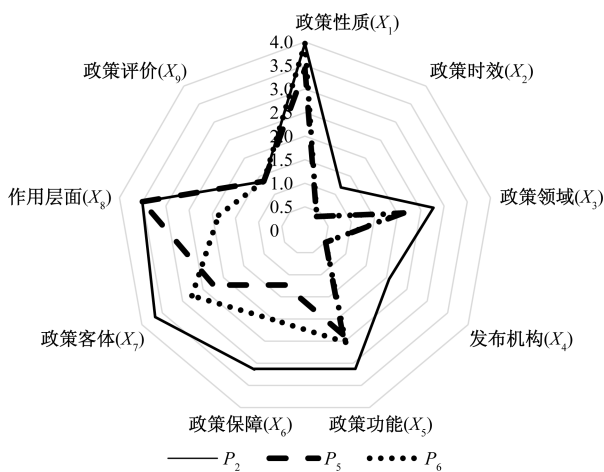


图4 三项“双碳”政策的戴布拉图

的一级变量包括政策性质(X_1)、政策领域(X_3)、政策功能(X_5)，此外，政策评价(X_9)这个一级变量基本没有发生变化。

为了更加直观地从多维度角度分析10项政策的得分情况及其优劣，在计算出10项政策PMC-AE指数的基础上，运用式(3)将9个一级变量构建3×3矩阵，然后绘制出政策的PMC-AE曲面如图5所示，从而实现结果的可视化。

由曲面图的凸起和凹陷处可以看出政策各个一级变量的优劣，同时还可以根据坐标的高低分析出各个一级变量得分与均值之间的关系。以图形差距较为明显的三项政策 P_1 、 P_3 、 P_8 的曲面图为例进行分析： P_1 政策各个一级变量的得分均大于或等于平均值，大多数变量表现优秀，初步分析该样本政策较为优秀； P_3 政策除了 X_2 、 X_9 两个变量，其余变量均低于平均值，得分普遍较低，说明该政策时效较好，而在功能、作用及覆盖层面表现较差； P_8 政策中除了 X_6 、 X_7 、 X_9 三个变量，其余变量略低于平均值，说明该政策激励保障完善、政策客体全面、作用层面广泛，而在其他方面仍需优化。

4.4 政策文本量化分析

基于整体分析，10项“双碳”政策的最终得分可以通过柱状图(图6)清晰展示，以反映各项政策得分高低以及与均值之间的差距。按照得分从高到低排序，这些政策依次是 $P_2 > P_1 > P_4 > P_7 > P_8 > P_6 > P_5 > P_9 > P_3 > P_{10}$ 。由于PMC-AE指数计算过程中进行了数据融合，所以政策的总得分不同于PMC指数限定在0~10的范围内。基于所选的2个非线性激活函数的特点，政策得分应该越高越好，因为高得分意味着政策在多维度表现良好，具有广泛的覆盖范围。相反，低得分意味着政策表现相对较差，仍有改进空间。根据10项政策的得分，将其分为三个等级：Ⅰ级政策(得分21~25，包括 P_1 、 P_2 、 P_4)，Ⅱ级政策(得分15~19，包括 P_5 、 P_6 、 P_7 、 P_8 、 P_9)，Ⅲ级政策(得分10~14，包括 P_3 、 P_{10})。分析结果显示，国务院发布的政策文件(P_1 、 P_2 、 P_4)得分较高，属于Ⅰ级政策。这表明由中共中央国务院发布的政策是具有指导性的政策，其覆盖范围广泛，在多个维度上表现良好。国家各部委都围绕国务院发布的政策开展行动并制定相应政策，然而，政策的制定仍有改进和优化的空间，需要更全面的考虑。

基于政策级别的分析，结合10项“双碳”政策的曲面图、政策得分和一级变量得分的均值，可以进行具体的量化分析，并提出针对Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ级“双碳”政策的优化建议。

4.4.1 Ⅰ级“双碳”政策

2021年3月，国家发改委明确提出了“1+N”政策体系框架，这被认为是实现“双碳”目标的重要设计之一。两个关键文件，《中共中央 国务院关于完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见》(以下简称为《意见》)和《2030年前碳达峰行动方案》(以下简称为《方案》)，被视为这一目

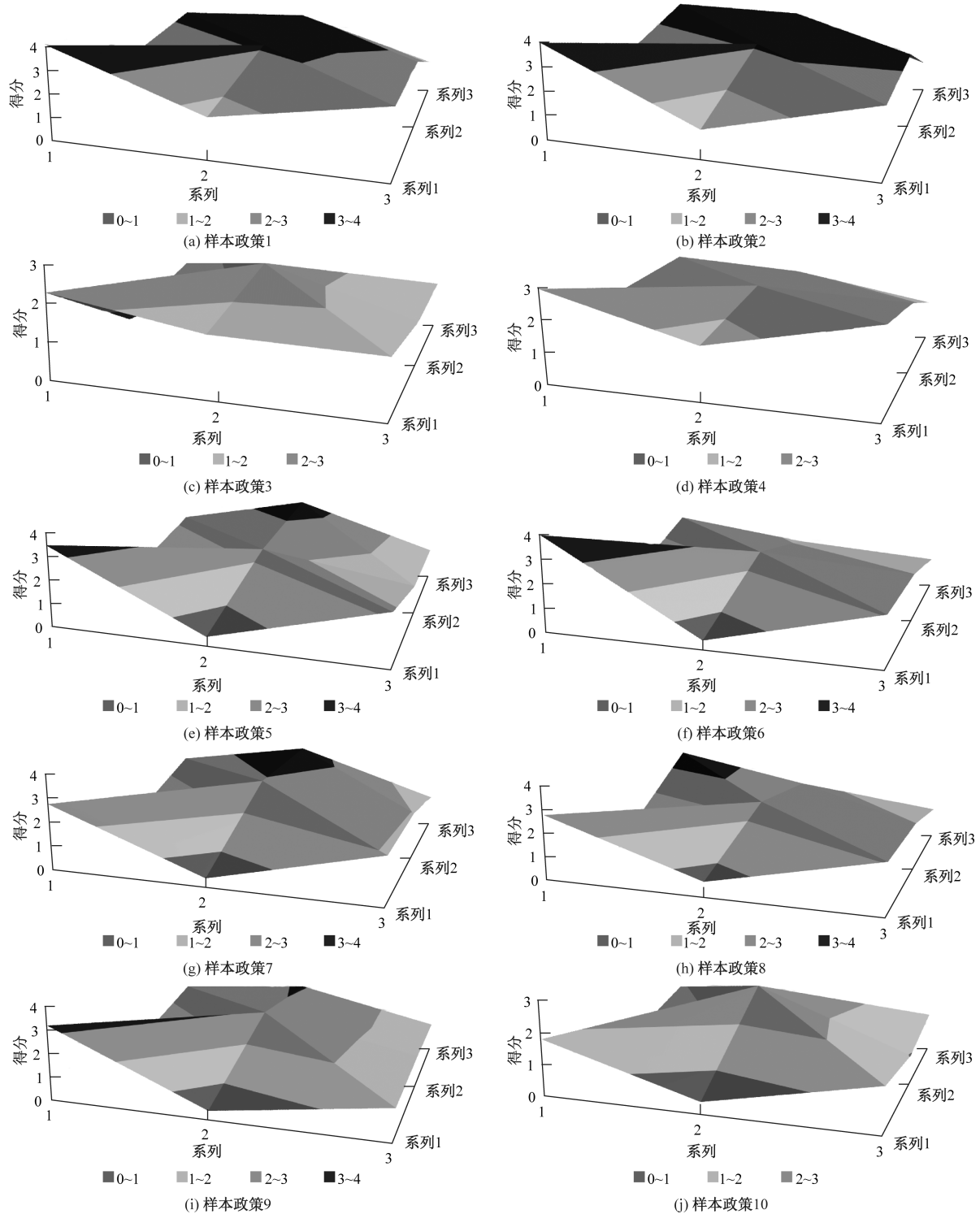


图5 样本政策曲面图

标的顶层设计。这两份文件提供了明确的分阶段可行性方案,覆盖了碳达峰和碳中和两个阶段,以及经济、社会、科技、政治和环境等各个领域。这是中国政府的重大战略决策,将在“1+N”政策框架的统一部署下推进。

P_2 《方案》得分为 24.801 1,排名第一,是“N”中

的首要政策文件,包括中长期和短期规划,是碳达峰阶段的总体部署,聚焦 2030 年前碳达峰目标。与《意见》相比,它更加具体,细化了相关指标和任务,还增加了公众参与,提倡生态文明教育和绿色低碳意识,鼓励公众支持政策实施。政策得分高于均值,值得国家各部委以及各省市借鉴学习。

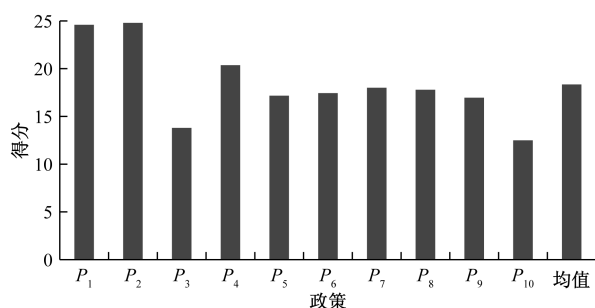


图6 10项“双碳”政策得分柱状图

P₁《意见》得分为24.5939,排名第二,被称为是“1+N”中的“1”,由党中央提出,涵盖中长期目标规划,具有预测、监管、建议、支持、引导的政策性质,同时覆盖经济、社会、科技、政治、环境等各个领域,为政府、企业、高校、交通部门等各方提供政策指导,是管总长远的顶层设计。它以多维、立体、系统的方式构建了碳达峰和碳中和的路线图,促进了全面的绿色转型,加速了清洁低碳能源体系的建设,并强化了绿色低碳科技和碳汇能力的发展,并采取相关举措保障政策的有效实施。

P₄《“十四五”节能减排综合工作方案》得分为20.3667,排名第三,其得分略低于前两者但具有较高的权威性。尽管覆盖领域广泛,但没有触及政治领域,政策性质较为全面,但没有提及生态碳汇内容,而且缺乏投资补贴,产业结构调整 and 高校行动方面也有所不足。尽管如此,该政策在中期规划方面表现出色,可以参考前两个政策来弥补不足之处,尽量全面考虑。

4.4.2 II级“双碳”政策

P₇得分为18.0038,排名第四,提出了长期和短期规划,但政策性质(X₁)缺乏预测和监管性质,未触及政治领域(X₃),侧重于技术升级和能源转型,但忽略了环保意识的提高,税收优惠方面也未提及。此外,政策客体(X₇)中未包括高校,未充分考虑人才培养和激励。因此改进建议为X₁→X₇→X₃。

P₈得分为17.7978,排名第五,提出长期目标,政策客体广泛,但在政策性质(X₁)、领域(X₃)、功能(X₅)、作用(X₈)几个方面都低于平均水平,按照与均值的差距,提出改进建议为X₁→X₈→X₅→X₃,增强政策性质,扩大政策领域,加强政策功能,以及拓宽政策层面,以更好地支持“双碳”政策的实施。

P₆得分为17.4387,排名第六,该政策是为数不多的在政策性质方面表现出色的政策,但其政策

时效(X₂)短,未涉及经济和政治领域(X₃),也未提及生态碳汇的内容(X₅),激励保障中缺少人才激励和税收优惠,政策客体不涉及交通部门,其作用层面(X₈)只涉及国家发展和企业创新,则改进建议为X₈→X₂→X₅→X₃。

P₅得分为17.1671,排名第七,其时效性较短且政策功能(X₅)、激励保障(X₆)、政策客体(X₇)得分均低于均值,改进建议为X₆→X₇→X₅,其激励保障较少,应考虑增加人才激励以及金融财政等支持,拓展政策客体,包括高校和公众的参与,政策功能则应考虑添加提升环保意识、提升碳汇能力等内容。

P₉得分为16.9593,排名第八,政策领域(X₃)、激励保障(X₆)和政策客体(X₇)得分低于均值,政策领域未涉及社会以及环境领域,建议跨多领域制定政策,增加财政方面的激励措施,以及鼓励社会各界共同参与促进“双碳”政策的有序实施,所以改进建议为X₃→X₆→X₇。

4.4.3 III级“双碳”政策

P₃得分为13.7947,排名第九,除极个别指标,其他一级指标得分均低于平均水平,其原因是该政策主要面向公共机构,未涉及大部分企业、高校和交通部门(X₇)。作用层面也仅限于国家发展,缺乏区域经济、产业结构和企业创新等方面的考虑(X₈)。激励保障(X₆)方面也有待加强,特别是人才激励、人才培养和财政支持。此外,政策缺少监督和支持性质(X₁)。该政策涉及领域(X₃)以及政策功能(X₅)的得分也偏低,若在以上方面加以改进采用多种激励措施鼓励全员参与,指标得分必然会有所上升,建议改进顺序为X₈→X₇→X₁→X₆→X₃→X₅。

P₁₀得分为12.4902,排名第十,该政策时效性(X₂)较短,提出了到2025年的短期规划,但目标不够具体。各指标得分基本均低于平均水平,这是因为该政策主要是为各部门提供标准体系以供参考估量,但未提供预测、监管、支持的作用(X₁),激励保障(X₆)仅包括技术支持,政策客体(X₇)仅涉及国家和交通部门,而作用层面(X₈)也是仅仅关乎国家发展,其作用领域(X₃)较小,但针对性较强。该项政策的改进建议可参考X₈→X₁→X₆→X₇→X₃→X₂,在未来政策的制定或修订过程中,应充分考虑采用多种措施并行的奖励机制,使政策性质全面化、政策客体多元化,政策领域及作用层面不断扩大。

5 结论与建议

通过收集从 2021 年 10 月中共中央国务院发布的两项顶层设计开始,截至 2023 年 6 月中央层面出台的“双碳”实施政策共 26 项,借助 ROST CM6 文本挖掘软件进行高频词统计分析绘制高频主题词社会网络图,进而设置“双碳”政策指标体系。以 Omnia Mobilis 假设和神经网络理论为基础,将 PMC 指数模型结合 AE 技术进行数据融合,构建 PMC-AE 指数模型,用以对遴选出来的 10 项“双碳”政策进行量化评价。研究结果发现:首先,10 项“双碳”政策可以分为三个等级,其中 I 级“双碳”政策有 3 项,II 级“双碳”政策有 5 项,III 级“双碳”政策有 2 项,经过分析研究,影响政策得分的主要原因有政策性质、政策时效、激励保障、政策客体 4 个方面。其次,“双碳”政策设计具有“自上而下”的特点,由国务院出台的以 2 项顶层设计为首的政策整体得分较高,而由国务院各部委联合发布的“双碳”政策文件得分较低且参差不齐。

基于上述结论,提出以下建议:

(1)强化政策预测与监管机制。①预测性增强:在“双碳”政策制定中,明确设定政策实施效果的量化预测指标,如节能减排目标、绿色经济贡献率等,并定期进行效果评估与调整。②监管机制多元化:建立政府主导、企业自律、社会监督的多元监管体系。明确政府部门监管职责,增设企业环保信用评价系统,鼓励公众参与监督,设立举报奖励机制,确保政策执行到位。③惩罚措施明确化:对于违反“双碳”政策的行为,制定详细的惩罚措施及执行标准,包括但不限于罚款、限制发展、公开曝光等,增强政策执行的威慑力。

(2)提升政策时效性与灵活性。①长期规划融合:在短期政策中融入长期发展目标,确保政策的连贯性和前瞻性。定期复审政策实施情况,根据反馈调整政策目标,保持政策的时效性和适应性。②动态调整机制:建立“双碳”政策动态调整机制,根据国内外形势变化、技术进步及经济社会发展需求,灵活调整政策内容与执行力度。

(3)具体化激励保障措施。①细化财政支持:明确“双碳”相关项目的资金支持比例、申请流程、审核标准等,提供税收减免、投资补贴等具体激励措施,减轻企业负担,激发市场活力。②强化人才激励:制定详细的人才引进、培养、使用及激励政策,如设立“双碳”专项基金支持科研与人才培养,明确高校课程增设、人才培训的具体标准与奖励机

制。③技术支持与标准化:加快低碳、零碳、负碳技术的研发与应用,建立健全相关标准体系,促进技术成果转化与产业升级。

(4)推动政策客体多元化与广泛参与。①全民参与机制:通过宣传教育、公益活动等形式,提升公众对“双碳”目标的认知与参与度。鼓励社会各界提出政策建议,形成政府引导、企业为主、全民参与的良好氛围。②区域差异化政策:各省市级政府应根据本地实际情况,制定具有地方特色的“双碳”政策实施方案,确保政策的有效落地与差异化发展。③企业责任与公民行动:明确企业在节能减排中的主体责任,推动企业转型升级。同时,倡导公民践行绿色生活方式,如节能减排、低碳出行等,共同推动“双碳”目标的实现。

参考文献

- [1] 史作廷, 时希杰. 努力推动实现碳达峰碳中和目标[J]. 红旗文稿, 2021(20): 25-28.
- [2] 刘长松. 积极稳妥推进碳达峰碳中和政策实施[J]. 鄱阳湖学刊, 2022(6): 5-18.
- [3] 桂华. 科学有序地推进我国碳达峰碳中和[J]. 中国行政管理, 2021(11): 154-156.
- [4] 李璐. 构建环境信息公开质量保障机制 助力推动绿色低碳发展[J]. 中国行政管理, 2021(9): 154-156.
- [5] 曲申. 以跨学科模型体系支撑经济社会绿色低碳发展[J]. 中国环境管理, 2021, 13(3): 5-7.
- [6] 孙佑海, 王甜甜. 推进碳达峰碳中和的立法策略研究[J]. 山东大学学报(哲学社会科学版), 2022(1): 157-166.
- [7] 王洁方, 田晨萌. 基于省域协同的中国低成本碳达峰: 责任共担与利益调控[J]. 统计与决策, 2022, 38(5): 185-188.
- [8] 李伯涛. 碳定价的政策工具选择争论: 一个文献综述[J]. 经济评论, 2012(2): 153-160.
- [9] 曹庆仁, 周思羽. 中国碳减排政策对地区低碳竞争力的影响分析——基于省际面板数据的分析[J]. 生态经济, 2020, 36(11): 13-17.
- [10] 谭灵芝, 孙奎立. 基于 DSGE 模型的我国三类碳减排政策效果分析[J]. 企业经济, 2019, 38(10): 41-47.
- [11] METCALF G E. Market-based policy options to control US greenhouse gas emissions[J]. Journal of Economic Perspectives, 2009, 23(2): 5-27.
- [12] PARRY I, WILLIAMS III R C. Moving US climate policy forward: are carbon taxes the only good alternative[M]. London: Oxford University Press, 2012.
- [13] DISSOU Y, KARNIZOVAL. Emissions cap or emissions tax? A multi-sector business cycle analysis[J]. Journal of Environmental Economics and Management, 2016, 79: 169-188.
- [14] BRISTOW A L, WARDMAN M, ZANNI A M, et al.

- Public acceptability of personal carbon trading and carbon tax [J]. *Ecological Economics*, 2010, 69 (9): 1824-1837.
- [15] GREEN R. Carbon tax or carbon permits: the impact on generators risks[J]. *The Energy Journal*, 2008, 29(3): 67-90.
- [16] FISCHER C, SPRINGBORN M. Emissions targets and the real business cycle: intensity targets versus caps or taxes [J]. *Journal of Environmental Economics and Management*, 2011, 62(3): 352-366.
- [17] 陈向阳. 碳排放权交易和碳税的作用机制、比较与制度选择[J]. *福建论坛(人文社会科学版)*, 2022(1): 75-86.
- [18] 夏凡, 王欢, 王之扬. “双碳”背景下我国碳排放权交易体系与碳税协调发展机制研究[J]. *西南金融*, 2023(1): 3-15.
- [19] FELL H, BURTRAW D, MORGENSTERN RD, et al. Soft and hard price collars in a cap-and-trade system: a comparative analysis[J]. *Journal of Environmental Economics and Management*, 2012, 64(2): 183-198.
- [20] SHEN J, ZHAO C. Carbon trading or carbon tax? A computable general equilibrium: based study of carbon emission reduction policy in China[J]. *Frontiers in Energy Research*, 2022, 10: 906847.
- [21] 杨雅南, 钟书华. 政策评价逻辑模型范式变迁[J]. *科学学研究*, 2013, 31(5): 657-665.
- [22] BIGMAN S K. Evaluative research: principles and practice in public service and social action programs [J]. *Journal of Leisure Research*, 1969, 1(2): 209-211.
- [23] POLAND O F. Program evaluation and administrative theory[J]. *Public Administration Review*, 1974, 34(4): 333-338.
- [24] HANNOURA A P, COTHREN G M, KHAIRY W M. The development of a sustainable development model framework[J]. *Energy policy research*, 2006, 31(13): 2269-2275.
- [25] LI J, FU G, ZHAO X. Urban economic resilience and supply chain dynamics: evaluating monetary recovery policies in global cities during the early COVID-19 pandemic[J]. *Mathematics*, 2024, 12(5): 673-680.
- [26] HELMING J, TABEAU A. The economic, environmental and agricultural land use effects in the European Union of agricultural labor subsidies under the Common Agricultural Policy[J]. *Regional Environmental Change*, 2018, 18: 763-773.
- [27] STOLBOVA V, MONASTEROLO I, BATTISTON S. A financial macro-network approach to climate policy evaluation[J]. *Ecological Economics*, 2018, 149: 239-253.
- [28] BORRÁS S, LAATSIT M. Towards system oriented innovation policy evaluation? Evidence from EU28 member states[J]. *Research Policy*, 2019, 48(1): 312-321.
- [29] ESTRADA M A R. Policy modeling: definition, classification and evaluation[J]. *Journal of Policy Modeling*, 2011, 33(4): 523-536.
- [30] KUANG B, HAN J, LU X, et al. Quantitative evaluation of China's cultivated land protection policies based on the PMC-Index model[J]. *Land Use Policy*, 2020, 99: 105062.
- [31] PENG R, CHEN Q, LI X, et al. Evaluating the consistency of long-term care insurance policy using PMC index model[J]. *DEStech Transactions on Computer Science and Engineering*, 2020, 45: 34219.
- [32] HONG S, WANG T, FU X, et al. Research on quantitative evaluation of digital economy policy in China based on the PMC index model [J]. *PLoS One*, 2024, 19 (2): e0298312.
- [33] 马海群, 李敏. 基于熵权 TOPSIS 法的知识产权保护政策评价研究[J]. *数字图书馆论坛*, 2023, 19(8): 60-67.
- [34] 时丹丹, 嵇国平. 基于 BP 人工神经网络的工艺创新科技政策评价[J]. *统计与决策*, 2011(16): 64-66.
- [35] 汤李琛, 陈宓, 张巍. 基于硬件投入产出效益分析的上海市生活垃圾分类政策评价[J]. *中国环境科学*, 2022, 42(10): 4939-4945.
- [36] 郭鹏飞, 周英男. 基于扎根理论的中国城市绿色转型政策评价指标提取及建构研究[J]. *管理评论*, 2018, 30 (8): 257-267.
- [37] 熊励, 郭梦滢, 叶凯雯. 基于多期双重差分模型的跨境电商政策效应评价研究[J]. *智库理论与实践*, 2022, 7 (3): 41-52.
- [38] 张永安, 耿喆. 我国区域科技创新政策的量化评价——基于 PMC 指数模型[J]. *科技管理研究*, 2015, 35(14): 26-31.
- [39] 杜宝贵, 陈磊. 基于 PMC 指数模型的科技服务业政策量化评价: 辽宁及相关省市比较[J]. *科技进步与对策*, 2022, 39(1): 132-140.
- [40] 宋亚萍. 高校一流本科教育政策内容量化评价与优化——基于 PMC 指数模型的分析[J]. *教育发展研究*, 2021, 41(9): 12-20.
- [41] 周文静, 张瑞林. 基于 PMC 指数模型的冰雪产业政策量化评价及实证研究[J]. *武汉体育学院学报*, 2022, 56 (4): 42-48.
- [42] 臧维, 张延法, 徐磊. 我国人工智能政策文本量化研究——政策现状与前沿趋势[J]. *科技进步与对策*, 2021, 38(15): 125-134.
- [43] 蔡冬松, 柴艺琳, 田志雄. 基于 PMC 指数模型的吉林省数字经济政策文本量化评价[J]. *情报科学*, 2021, 39 (12): 139-145.
- [44] ESTRADA M R. Policy modeling: definication and evaluation[J]. *Journal of Policy Modeling*, 2011, 33(4): 523-536.
- [45] 王志宏, 郑佩佩. 基于 PMC 指数模型的双碳政策量化评价[C]//中国环境科学学会 2023 年科学技术年会论文集(一). 北京: 中国环境科学学会, 2023: 246-254.

- [46] 赵晓春, 吴子珩, 孙群, 等. 双碳目标下的中国碳排放政策评价[J]. 统计与决策, 2023, 39(2): 167-172.
- [47] 赵立祥, 汤静. 中国碳减排政策的量化评价[J]. 中国科技论坛, 2018(1): 116-122.
- [48] 王进富, 杨青云, 张颖颖. 基于 PMC-AE 指数模型的军民融合政策量化评价[J]. 情报杂志, 2019, 38(4): 66-73.
- [49] CHEN T, RONG J, PENG L, et al. Analysis of social effects on employment promotion policies for college graduates based on data mining for online use review in China during the COVID-19 pandemic[J]. Healthcare, 2021, 9(7): 846-864.

Quantitative Evaluation of China's Dual Carbon Policy Based on the PMC-AE Index Model

XUE Jie, WANG Menghan

(School of Economics, Hangzhou Dianzi University, Hangzhou 310018, China)

Abstract: An evaluation index system for China's "dual carbon" policy was constructed through text mining, the PMC index model was selected combining with auto-encoder (AE) technology for indicator weight quantification and multi parameter fusion, and 9 primary indicators and 39 secondary indicators were used to achieve quantitative evaluation of 10 representative policies in China's "1+N" dual carbon policy system. The results indicate that the "dual carbon" policy can be divided into three levels, which exhibit a top-down characteristic. The main reasons for the difference in scores include policy nature, policy timeliness, incentive protection and policy objects. Based on these findings, feasible suggestions for adjusting and optimizing the "dual carbon" policy are proposed.

Keywords: "dual carbon" policy; text mining; quantitative evaluation; PMC-AE index model