

生成式AI驱动的资源型城市公共政策仿真与决策优化研究——以大庆市为例

刘晓旭¹ 李东光¹ 褚瀛¹ 钟鑫¹ 张超² 马艺迪¹

1. 东北石油大学经济管理学院, 中国·黑龙江 大庆 163318

2. 东北石油大学现代教育技术中心, 中国·黑龙江 大庆 163316

摘要: 资源型城市转型期公共政策具有多目标耦合、多主体博弈、非线性演化特征, 传统静态方法难以满足精准治理与风险预判需求。本文以大庆市为样本, 立足产业转型、生态修复、民生保障三重目标, 构建“数据层—模型层—应用层”生成式 AI 政策仿真体系, 融合大语言模型、生成对抗网络与强化学习技术, 选取三类典型场景开展实证, 从三维度提出保障机制, 为资源型城市治理数字化转型提供参考。

关键词: 生成式 AI; 公共政策仿真; 资源型城市; 数字治理

Generative AI-Driven Public Policy Simulation and Decision Optimization in Resource-Based Cities: A Case Study of Daqing City

Liu Xiaoxu¹, Li Dongguang¹, Chu Ying¹, Zhong Xin¹, Zhang Chao², Ma Yidi¹

1. Northeast Petroleum University, School of Economics and Management, China Heilongjiang Daqing 163318

2. Northeast Petroleum University, Modern Educational Technology Center, China Heilongjiang Daqing 163316

Abstract: Public policies during the transformation of resource-based cities feature multi-objective coupling, multi-agent games and nonlinear evolution. Traditional static analysis methods can hardly meet the demands of precision governance and risk prediction. Taking Daqing City as the research sample, this paper constructs a generative AI policy simulation system with a three-layer architecture of "data layer, model layer and application layer" based on the triple goals of industrial transformation, ecological restoration and livelihood security. By integrating large language models, generative adversarial networks and reinforcement learning technologies, the paper conducts empirical tests on three typical scenarios and proposes safeguard mechanisms from three dimensions, providing reference for the digital transformation of governance in resource-based cities.

Keywords: Generative AI; Public policy simulation; Resource-based city; Digital governance

1 引言

1.1 研究背景

资源型城市支撑我国城镇与工业体系, 其可持续发展维系区域经济、生态与民生稳定。大庆作为老牌石油城市, 长期高强度开采后步入资源开发中后期, 面临产业单一、生态承压、治理难度加大等转型难题。如今大庆同步推进“油头化尾”升级、数字经济发展与寒地生态保护, 当地多项规划提出依托智能技术革新治理, 实现公共决策由经验驱动转向数据驱动。

传统政策制定存在明显短板, 静态模型无法精准测算经济、生态、社会系统间非线性关联, 数据误差突出; 政策调整滞后, 无法快速应对油价震荡、极端严寒等外部冲击; 难以预判低概率重大长尾风险, 政策试错代价高昂。

生成式 AI 具备语义解析、虚拟场景构建、动态优化优势, 完美适配政策仿真需求, 研究该技术在资源型城市治理中的落地路径有重要理论与现实价值。

1.2 研究意义

本研究将生成式 AI 引入资源型城市公共政策研究领域, 构建适配其治理特征的仿真技术框架, 突破传统模型对动态博弈与非线性效应的表征局限, 丰富公共政策分析方法体系。针对大庆转型痛点开发场景化工具, 服务地方决策, 其应用模式可向同类城市推广, 为 AI 赋能社会治理提供实践参考。

1.3 研究内容

本文遵循理论构建—技术设计—实证检验—路径提出的逻辑展开研究: 第一部分梳理核心概念与国内外研究

现状,明确研究缺口;第二部分设计生成式 AI 公共政策仿真的三层技术架构,阐明核心运行机制;第三部分说明研究设计、场景选取与数据来源;第四部分开展多场景仿真实验,对比验证模型效能并分析结果;第五部分提出优化路径与保障机制;最后总结研究结论并展望未来方向。

2 理论基础与文献综述

2.1 核心概念界定

2.1.1 生成式 AI

生成式 AI 是训练数据中学习规律、自主生成文本、场景等内容的技术体系,包含大语言模型、生成对抗网络、深度强化学习等。相比于传统的判别式 AI,它具有更强的场景合成、逻辑推理、动态迭代的能力,更适用于复杂社会系统仿真优化的需求。

2.1.2 公共政策仿真

公共政策仿真是指用建模技术对政策实施的环境、主体、过程和效果进行虚拟推演的分析方法,传统方法有系统动力学、多主体建模、计量经济学模型等。主要价值就是用低成本的虚拟实验来降低政策试错成本,提高决策的科学性。传统的方法存在参数固化、场景单一、动态调整能力弱等缺点。

2.2 国内外研究综述

国外学者较早地开始对人工智能与政策科学进行交叉研究。Gasztowtt (2024) 提出“大型立法模型”的概念,用大语言模型对政策文本进行解析,对立法流程进行优化,认为智能技术可以大大提高政策制定效率和行政成本,但是强调领域微调是通用模型落地公共决策的前提^[1]。近年来国内研究发展迅速。郁建兴、高翔(2023)系统论述了数字时代公共管理研究范式革命,认为数据驱动、智能仿真正在改变公共政策研究的方法论体系,但同时也指出了技术工具化、技术悬浮等现实困境,认为需要制度适配来实现技术与治理的深度融合^[2]。丁煌、卫劭华(2024)从政策科学学科发展的角度出发,创建了数据驱动、动态仿真、人机协同三者一体的研究架构,明晰了生成式 AI 对政策议程设置、方案规划、成效评判全过程的助力,提出要创建算法审计和价值校准体系来应对伦理风险^[3]。吕丹阳等(2024)从公共服务场景出发,对生成式 AI 在智能政务、政策解读、服务供给等各个场景的应用潜力进行了全面的梳理,从技术、制度、能力三个方面提出了风险治理框架,为公共部门 AI 的应用设定了安全边界。冯广等学者用深度学习模型来检验政策非线性效应,给传统仿真模型和 AI 技术的融合提供方法论支持^[4]。

2.3 研究评述

已有研究已经证明了生成式 AI 在公共政策领域应用的价值,形成初步的理论框架和技术路线。但是多聚焦通用宏观场景,缺少资源型城市转型等特色治理场景的定制化设计,侧重技术可行性论证,缺少真实城市数据的全流程实证和落地效能量化。

3 生成式 AI 公共政策仿真体系架构

3.1 总体设计原则

3.1.1 场景适配性原则

架构设计以资源型城市“产业转型、生态治理、民生保障”三大治理主线为支撑,留有可扩展的模型接口,支持不同政策场景的快速适配和定制化微调,提高模型对区域治理场景的适配性,减少通用模型在地方政策仿真中迁移偏差和应用局限。

3.1.2 可解释性原则

把算法透明性当作主要的设计目标,借助注意力机制可视化、因果路径追踪、偏见自动检测等手段,冲破算法黑箱的困境,保证决策过程可以追溯、可以校验、可以问责。

3.1.3 闭环迭代原则

创建起政策输入-仿真推演-效果评定-方案改良的全流程闭环体系,支持多轮次的方案更新和参数调节,达成政策制订的敏捷化和精细化。

3.1.4 人机协同原则

坚持 AI 辅助、人类主导的定位,设计低门槛的可视化交互界面,把 AI 的计算优势和决策者的价值判断、经验智慧结合起来,防止技术僭越决策权责。

3.2 三层技术架构

本研究建立的生成式 AI 公共政策仿真体系分为数据层、模型层、应用层三个层次,整体架构如图 1 所示。



图1 生成式AI公共政策仿真技术架构图

3.2.1 数据层

数据层是整个仿真体系、基础支撑,负责多源异构数

据的采集、清洗、对齐与动态管理。数据类型涵盖三类：结构化数据，包括统计年鉴中的经济指标、生态监测数据、财政收支数据、人口就业数据等；非结构化数据，包括政策文件、法律法规、政务热线文本、舆情数据等；感知数据，包括物联网环境监测数据、卫星遥感数据、企业生产运行数据等。核心功能包括多模态数据对齐与动态数据流管理，建立动态数据更新机制，接入政务平台实时数据流，持续校准模型参数，保障仿真结果的时效性。

3.2.2 模型层

模型层是体系的核心功能层，由生成式 AI 模块与强化学习模块共同构成，实现政策解析、场景生成、动态推演、策略优化四大核心功能。生成式 AI 模块下设政策解析、行为生成、场景合成三个子模块，分别依托大语言模型、生成对抗网络、扩散模型，完成政策参数转化、多主体博弈模拟与极端稀缺场景生成。强化学习模块通过多智能体训练与策略迭代，将政策目标转化为奖励函数，在动态推演中持续优化参数，输出多目标约束下的最优策略。

3.2.3 应用层

应用层面向决策者提供可视化、交互式的功能入口，主要功能包括：自然语言交互界面，支持以口语化方式输入政策需求与调整指令；实时推演可视化看板，以热力图、趋势图、关系图等形式直观展示政策效果；多方案对比功能，支持同时展示多套政策方案的效果差异，辅助方案遴选；偏见检测与修正功能，自动识别模型中公平性偏差并给出修正建议；多目标优化决策输出，自动生成最优政策组合方案与配套的透明性报告。

3.3 核心运行机制

3.3.1 政策语义解析机制

依靠大语言模型的微调技术，用大庆市历年政策文本训练出专属政策解析模型，实现对政策目标、实施路径、约束条件的自动结构化提取，把非结构化政策文本转化为仿真模型可以识别的参数体系，大大降低建模的人工成本。

3.3.2 多智能体动态推演机制

把政策系统中的政府、企业、居民等主体抽象成具有独立决策逻辑的智能体，定义各个主体的目标函数、行为规则和交互关系，用生成式 AI 动态生成主体行为策略，模拟政策实施过程中系统的动态演化路径，捕捉主体间的博弈效应和系统的涌现性特征。

3.3.3 多目标自适应优化机制

建立包含经济增长、生态保护、社会公平等各方面的多目标优化函数，结合财政预算、法规边界、公众接受度

等约束条件，用深度强化学习算法实现政策参数的自适应调整，在迭代过程中不断逼近帕累托最优解，平衡多重治理目标。

3.3.4 人机协同校验机制

创建起 AI 生成方案、人类价值评判、模型反馈改良的双循环流程，AI 担当起海量方案的生成和量化评定任务，决策者依照地方实际情况以及价值取向来挑选方案并作出方向上的调整，模型依照人类回馈实施定向改良，从而达成 AI 的计算高效性与决策符合公共价值目标的双重目的。

4 研究设计与数据来源

4.1 研究区域概况

大庆是我国最大的石油生产基地和重要的石化产业基地，是典型的资源型城市。大庆市正处在转型攻坚期，产业上油头化尾战略不断推进，石化产业延伸和非油产业培育同时进行，生态上寒地黑土保护和油田生态修复任务艰巨，碳减排压力不断增大，社会上页岩油开发带来的产城融合、社区安置等问题逐渐显现，民生保障和社会治理复杂度提高。

4.2 典型仿真场景选取

根据大庆转型核心任务，本文选取三个场景进行实证分析，分别是油头化尾产业场景，对税收、技改补贴、园区配套工具等政策组合对产业产值、就业、碳排放的作用进行测算，找出最优方案和效益拐点，寒地黑土生态补偿场景，模拟差异化补贴标准对黑土退化、农户收入、财政负担的影响，确定合理的补偿区间，页岩油产区产城融合场景，仿真不同安置和配套方案下人口流动、公共服务缺口和社会稳定风险。

4.3 数据来源与预处理

本研究数据分为四类，第一类是大庆市统计年鉴 2015-2024 等统计数据；第二类是发改、生态环境等部门政务文件数据；第三类是黑土、企业能耗排放监测数据；第四类是实地问卷调查的居民、企业微观数据。全部数据经过脱敏、标准化清洗，用生成式插值补齐时序缺失值，对文本做语义提取，得到一个包含 128 个指标、跨度十年的多模态仿真数据集，2015-2022 年为训练集，2023-2024 年为验证集。

4.4 模型构建与评估指标

4.4.1 模型构建

本文建立融合 Transformer 架构和生成对抗网络的混合仿真模型，用 Transformer 为基础的政策解析和趋势预测

模块来捕捉系统的长期演化规律，用 GAN 为核心的场景生成模块来构造极端情景和主体行为分布，用深度强化学习模块来寻优迭代政策参数。模型使用 PyTorch 框架开发，经过不断的训练和调优。

4.4.2 评估指标体系

从预测精度、响应效率、风险识别能力、多目标协同度四个方面来建立模型评价体系，用 MAE、RMSE 来衡量预测的准确度，用单方案仿真时延来评判运算和政策迭代效率，用长尾风险识别率来反映极端事件的预判水平，用熵权法来测算经济、生态、社会目标的均衡程度，数值越趋近 1 代表协同效果越好。

5 仿真结果与效能分析

5.1 模型整体性能对比

为验证生成式 AI 仿真模型的优势，本研究选取传统系统动力学 SD 模型作为对照组，在三个场景下分别开展仿真实验，取平均值得到整体性能指标对比结果，如表 1 所示。

表1 不同仿真模型整体性能指标对比

评估指标	传统系统动力学模型	生成式AI仿真模型	提升幅度
平均绝对误差MAE	8.72%	3.41%	60.9%
均方根误差RMSE	12.35%	4.89%	60.40%
单方案仿真时延	24.5小时	1.2小时	95.10%
长尾风险识别率	32%	87%	171.90%
多目标协同度	0.58	0.84	44.80%

对比结果显示，生成式 AI 仿真模型在各项性能指标上均显著优于传统模型：其 MAE 与 RMSE 均下降约 60%，可更精准捕捉复杂系统的非线性效应，降低线性建模偏差；单方案仿真时长从 1 天压缩至 1 小时左右，支持海量方案批量对比与政策敏捷调整；可通过场景合成技术有效预判传统模型难以覆盖的低概率长尾风险，大幅提升决策抗风险韧性；同时依托强化学习寻优能力更好平衡多重治理目标，规避单一目标导向的政策偏差。

进一步分场景对比预测精度，结果如表 2 所示。

表2 分场景下两类模型的预测精度对比

传统系统动力学模型	生成式AI仿真模型	精度提升幅度
7.24	3.02	58.30%
8.16	3.17	61.20%
10.76	4.04	62.50%

可以看出，在主体行为更复杂、不确定性更强的社会类场景中，生成式 AI 模型的精度优势更为突出。

5.2 分场景仿真结果分析

5.2.1 油头化尾产业链转型政策仿真

本场景设置税收减免、技改补贴、产业园区配套三类政策工具，每类 5 档参数共 125 种组合，仿真显示单一政

策边际效益递减，组合政策协同效应显著。最优方案为企业所得税减免 15%、环保技改补贴 20%、年投 10 亿元园区配套，预计 2027 年大庆石化产业增加值提升 12.8%，新增就业 1.2 万个，碳排放强度下降 9.3%，财政投入产出比 1:4.7。研究同时识别出税收减免超 20% 的政策过度让利拐点，可为大庆产业转型精准施策提供量化依据。

5.2.2 寒地黑土生态补偿政策仿真

本场景模拟不同耕地轮作补贴标准下的生态与经济效益，仿真趋势如图 2 所示。

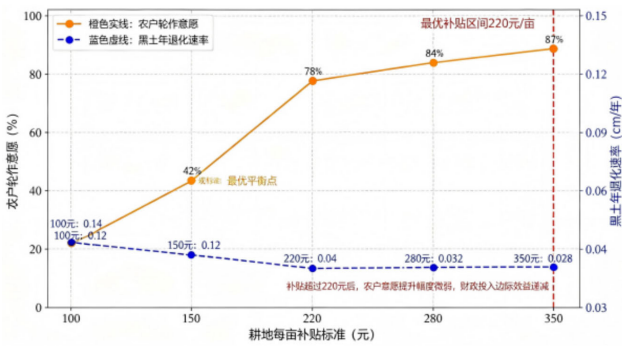


图2 不同补贴标准下的生态-经济效应趋势

结果显示，当前每亩 150 元的补贴标准下，农户轮作意愿仅为 42%，黑土退化速率仍达每年 0.12 厘米，未达到保护目标。当补贴标准提升至每亩 220 元时，农户轮作意愿提升至 78%，黑土退化速率下降至每年 0.04 厘米，基本实现黑土保育目标；同时，通过种植结构调整带动的杂粮产业增收可抵消 35% 左右的财政补贴压力。若进一步提升补贴至每亩 280 元，轮作意愿仅提升 6%，财政投入效益显著下降。仿真结果表明，每亩 220 元左右的补贴标准是兼顾生态效益与财政效率的最优区间，可为地方生态补偿政策制定提供量化参考。

5.2.3 页岩油开发区产城融合政策仿真

页岩油开发核心区居民安置与公共服务配套政策仿真显示：就地安置 + 就近就业方案可实现 76% 的居民满意度、8% 以内的人口外流率，但初期公共服务投入较大；货币补偿 + 异地搬迁方案可减少 28% 短期财政支出，但人口外流率升至 27%，后续治理成本与社会稳定风险显著上升。模型进一步识别出就业配套滞后超 18 个月将推高青年失业率、跃升风险等级的长尾风险，据此提出分步安置 + 就业前置的折中方案，在保障民生的同时平衡财政压力与社会风险。

5.3 人机协同决策效能验证

通过在大庆市相关部门开展的试点测试，人机协同决策模式展现出显著优势：决策效率提升，传统模式下一套

政策方案的调研、论证、评估需 1-2 个月，人机协同模式下可将周期压缩至 1-2 周；方案多样性增加，AI 可快速生成数十套差异化方案，突破人类思维的局限性；决策共识度提升，可视化的仿真结果与量化的数据支撑，增强了部门间沟通的效率与决策的公信力。

6 生成式 AI 赋能公共决策的优化路径

6.1 深化本地化适配与可解释性建设

持续本地化微调模型，根据大庆产业、地理、社会特征优化数据集，嵌入寒地、能源产业等地域属性，缩小通用模型适配偏差，提高仿真贴合度。完善算法可解释体系，建立全流程透明机制，用因果推断厘清政策影响路径，自动生成透明度报告，保障各方监督知情权。建立算法伦理审计机制，增加公平校验模块，定期多维度审计模型，防止算法加剧社会不公，坚持公共价值导向。

6.2 完善多源数据共享与安全治理体系

破除政务数据壁垒，依托大庆大数据中心创建政策仿真共享专区，打通多部门数据接口，统一数据标准，夯实模型数据基础；创建数据安全体系，使用联邦学习、差分隐私等隐私计算技术来保护企业、居民的敏感信息，实现数据安全合规利用；拓宽数据采集渠道，纳入遥感、物联网、舆情等多种数据，补充微观主体数据，提高仿真精细化程度。

6.3 健全人机协同决策规范与能力体系

明确人机协同权责，出台地方智能决策规范，限定 AI 只能做辅助性判断，落实人类最终决策责任。培养复合型人才，面向公职人员开展 AI 培训，建立政策和技术专家联合机制，打造政产学研协同治理体系。建立试点推广模式，以高新区、重点区县为试点，迭代优化技术流程，分阶段全域铺开，建成市、区、街道三级智能决策体系。

7 结论与展望

7.1 研究结论

本文以大庆市为样本搭建生成式 AI 公共政策仿真体系并开展多场景实证，得出三点结论，生成式 AI 可以克服传统政策制定的不足，依靠多模态数据融合、场景生成和自适应优化来提高预测精度、响应速度和风险识别水平，

数据、模型、应用三层架构兼顾技术优势和落地性，适合产业、生态、社会等各方面的治理场景，坚守 AI 辅助、人为主导模式，融合算法算力和人工价值判断，兼顾决策效率和公共价值。

7.2 研究局限

本研究还存在一些不足，由于数据可得性所限，微观主体行为数据的丰富程度还有待提高，模型对于个体异质性的刻画还需要进一步细化，实证场景主要集中在经济和生态领域，对教育、医疗等民生领域的适配性还需要进一步验证，制度保障层面的探讨还比较宏观，具体的操作规范和流程设计还需要在实践中不断完善。

7.3 未来展望

后续研究可以加深多模态数据融合，补充微观、地理数据来提高仿真精度，拓展技术应用到政策执行、评估全过程，建立全周期智能决策闭环，开展跨资源型城市对比研究，提炼通用技术、制度经验，扩大生成式 AI 治理应用范围。

参考文献：

- [1] GASZTOWTT H. Large Legislative Models:Towards Efficient AI-driven Policy Formulation[J]. Public Administration Review, 2024,84(2):345-358.
 - [2] 郁建兴, 高翔. 数字时代的公共管理研究范式革命[J]. 管理世界, 2023,39(1):104-116+137.
 - [3] 丁煌, 卫劭华. 生成式人工智能时代的政策科学研究: 范式变革与路径选择[J]. 电子政务, 2024(11):42-53.
 - [4] 吕丹阳, 郎元柯, 范柏乃等. 生成式人工智能在公共服务中应用的机遇与挑战[J]. 电子科技大学学报(社会科学版), 2024,26(6):26-45.
- 基金项目：大庆市哲学社会科学规划项目研究成果“生成式 AI 驱动下的公共政策仿真模拟与决策优化研究”（项目编号：DSGB2025108）。

作者简介：刘晓旭（1989-），女，黑龙江大庆人，讲师，硕士研究生，研究方向：人工智能与政策法规、公共治理。